

doc.dr inż. JACEK ENGEL
 Techniczny Uniwersytet w Koszycach
 dr inż. KRZYSZTOF KOSAŁA
 Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Ryzyko zawodowe związane z narażeniem na hałas

na wybranych stanowiskach pracy w kopalniach surowców mineralnych

W zakładach kopalni odkrywkowych występuje wiele źródeł hałasu związanych z eksploatacją surowca. W artykule przedstawiono wybrane badania akustyczne hałasu ciągłego emitowanego przez maszyny i urządzenia w trzech zakładach. Przeprowadzono ocenę ryzyka zawodowego dla stanowisk pracy przy najbardziej hałaśliwych urządzeniach w zakładach odkrywkowych, czyli przy kruszarkach.

Noise-related occupational risk at selected workstations in open pit mines of mineral raw materials

There are many sources of noise related to exploitation of mineral deposits in open pit mines. Selected acoustical research of continuous noise emitted by machines and equipment in three open pit mines of mineral raw materials is discussed in the article. Occupational risk at workstations with the noisiest equipment in open pit mines, crushers, was assessed.

Wprowadzenie

Pojęcie ryzyka zawodowego w odniesieniu do bezpieczeństwa pracy, może być zdefiniowane jako prawdopodobieństwo wystąpienia wszelkich niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą, powodujących u pracowników niekorzystne skutki zdrowotne w wyniku zagrożeń zawodowych środowiska pracy lub sposobu wykonywania pracy [1]. Zagrożenia występujące na stanowiskach pracy w odkrywkowych zakładach górniczych można podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne, przyjmując za kryterium podziału umiejscowienie – w stosunku do analizowanego stanowiska pracy – źródła energii powodującej uraz pracownika [2]. Zagrożenia zewnętrzne w odniesieniu do stanowiska pracy to zagrożenia powodujące wypadki, których przyczyny bezpośrednie powstają poza stanowiskiem pracy, gdzie wypadek miał miejsce. Zagrożenia wewnętrzne w odniesieniu do analizowanego stanowiska to zagrożenia, których przyczyny można znaleźć w składnikach materialnych stanowiska pracy, ich uporządkowaniu na stanowisku oraz czynnościach wykonywanych przez pracującego tam człowieka.

Na stan bezpieczeństwa pracy w zakładach górnictwa odkrywkowego mają wpływ m.in. szkodliwe czynniki występujące w procesie pracy. Głównymi czynnikami, obok substancji lotnych (zapylenie) i mikroklimatu, są hałas i drgania mechaniczne [3].

W odkrywkowych zakładach górniczych możemy wyodrębnić dwa rodzaje hałasów:

- hałasy ciągłe (ustalone) – emitowane przez maszyny i urządzenia
- hałasy krótkotrwałe (impulsowe) – powodowane robotami strażakowymi.

Poziomy hałasów, szczególnie krótkotrwałych, bardzo często przekraczają wartości dopuszczalne. Na hałas narażeni są przede wszystkim operatorzy pomocniczego sprzętu technologicznego. W artykule skupiono się na ocenie ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas na stanowiskach pracy podczas eksploatacji odkrywkowych kopalni surowców mineralnych. Ocenie poddano narażenie na hałas ciągły.

Ocena ryzyka zawodowego powinna obejmować następujące działania [1]:

- identyfikacja zagrożeń
- oszacowanie ryzyka zawodowego
- wyznaczenie dopuszczalności ryzyka zawodowego
- opracowanie programu działań wynikających z oceny ryzyka zawodowego.

Hałas i wibracje w zakładach odkrywkowych są przyczyną chorób zawodowych oraz wypadków przy pracy. Eksploatacja odkrywkowych kopalni surowców mineralnych (górnictwo kopalń pospolicznych) powoduje zagrożenia nie tylko na stanowiskach pracy, ale również jest przyczyną poważnych zagrożeń dla środowiska zewnętrznego. W wielu przypadkach kopalnie te są zlokalizowane w pobliżu osiedli mieszkaniowych, a także w pobliżu rezerwatów przyrody, co powoduje, że ich działalność ujemnie wpływa na stan środowiska przyrodniczego.



Fot. 1. Kopalnia odkrywkowa 1. – wydobywanie andezytu
 Fot. 1. Open pit mine of mineral raw materials "1" – mining andesite

Opis kopalni

Badania zostały przeprowadzone w trzech kopalniach o powierzchniach złóż: 588 592 m² (1.), 2 500 000 m² (2.) i 301 475 m² (3.) usytuowanych na terenie Słowacji. W zakładach tych jest wydobywane kruszywo i kamień z surowców mineralnych, tj.: andezyt, dolomit, wapienie i gips.

Eksploatacja surowców odbywa się metodą odkrywkową, systemem ścianowym (kopalnie 1., 2., 3.) oraz komorowym (kopalnia 2.). Urabianie złoże jest dokonywane za pomocą materiałów wybuchowych. W procesie technologicznym urobek spod ścian jest ładowany koparkami na samochody, przenośniki taśmowe bądź wagony kolejki szynowej i kierowany do przeróbki mechanicznej, gdzie następuje kruszenie i klasyfikacja surowca na wymagane przez odbiorców klasy ziarnowe.

W kopalni 1. (fot. 1.) wydobywa się kruszywo w przedziale frakcji od 0÷63 mm. Zdolność produkcyjna zakładu wynosi 500 000 t andezytu rocznie. W kopalni 2. jest wydobywany gips do wyrobu cementu w postaci wodnego (anhydryt) i bezwodnego siarczanu wapnia (sadowiec). Wapień i dolomit są wydobywane w kopalni 3., co pokazano na fot. 2. W zakładzie tym wyrabia się kruszywo o frakcji od 0÷63 mm.

Badania akustyczne

Przeprowadzone w trzech kopalniach odkrywkowych badania akustyczne dotyczyły hałasu ciągłego na stanowiskach pracy. Pomiar akustyczne w zakładach kopalni przeprowadzono za pomocą miernika poziomu dźwięku SVAN 945.

Fot. 2. Kopalnia odkrywkowa 3. – wydobywanie dolomitu i wapieni
 Fot. 2. Open pit mine of mineral raw materials "3" – mining dolomite and limestone



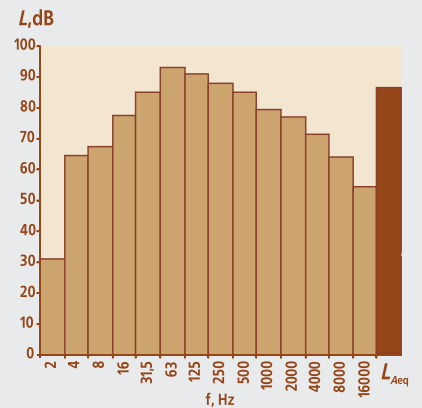
Zarejestrowano poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystyką częstotliwościową A, tzw. poziomy dźwięku A. Przeprowadzono także analizę w pasmach oktawowych częstotliwości. Mikrofon w czasie pomiarów był umieszczony na wysokości 1,2 m nad ziemią.

W tabeli 1. przedstawiono poziomy dźwięków emitowanych przez wybrane maszyny i urządzenia stosowane w kopalniach surowców mineralnych. Na rys. 1-3 pokazano poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych częstotliwości wybranych maszyn i urządzeń.

Tabela 1
 POZIOMY DŹWIĘKÓW EMITOWANYCH PRZEZ WYBRANE MASZYNY I URZĄDZENIA STOSOWANE W BADANYCH KOPALNIACH SUROWCÓW MINERALNYCH

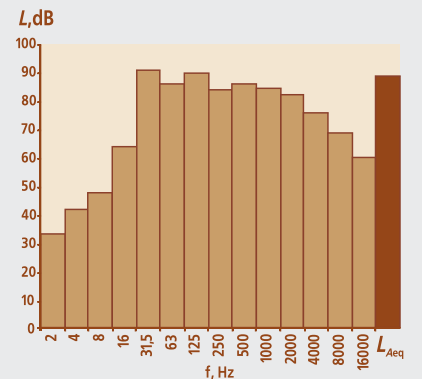
SOUND LEVELS EMITTED BY SELECTED MACHINES AND EQUIPMENT APPLIED IN INVESTIGATED OPEN PIT MINES OF MINERAL RAW MATERIALS

Rodzaj maszyny lub urządzenia	Zakład	Opis pomiaru. Charakterystyka pracy	Poziom dźwięku A, dB		
			L _{Aeq}	L _{Amax}	L _{Amin}
Kruszarka wstępna	2	pomiar w odł. 1 m (rys.1.)	86,2	90,4	83,0
Kruszarka wstępna (załadowanie kamienia z wagonów do kruszarki)	2	pomiar w odł. 2 m od wypróżnionych wagonów	104,4	113,2	81,2
Kruszarka wstępna	3	pomiar w odł. 2 m	87,4	91,9	84,3
Kruszarka wtórna	1	pomiar w odł. 3 m	90,8	94,6	87,1
Taśmociąg	1	pomiar w odł. 2 m	80,4	82,1	78,6
Koparki	3	załadowanie urobku na ciężarówkę; pomiar w odł. 5 m (rys. 3.)	77,8	88,1	65,3
Kolejka szynowa	2	transport urobku z kopalni do kruszarki (rys. 2.)	88,8	90,4	81,9



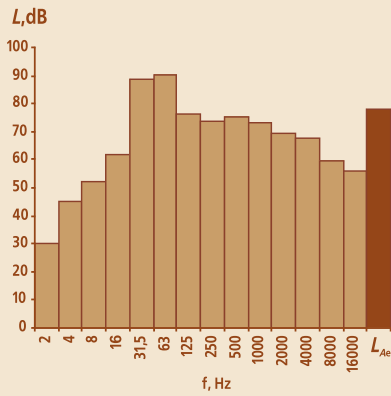
Rys. 1. Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych częstotliwości w odległości 1 m od kruszarki – kopalnia 2.

Fig. 1. Sound pressure level in octave frequency band measured 1 m away from crushers – open pit mine of mineral raw materials "2"



Rys. 2. Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych częstotliwości w odległości 2 m od kolejki szynowej transportującej urobek – kopalnia 2.

Fig. 2. Sound pressure level in octave frequency band measured 2 m away from a railway with mined mineral raw materials – open pit mine of mineral raw materials "2"



Rys. 3. Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych częstotliwości w odległości 5 m od załadunku urobku – kopalnia 3.
Fig. 3. Sound pressure level in octave frequency band measured 5 m away from loading mineral raw materials – open pit mine of mineral raw materials “3”

Głównym źródłem hałasu ciągłego w kopalniach odkrywkowych są kruszarki. Do pierwszego kruszenia kamienia używane są tzw. kruszarki wstępne (fot. 3. i 4.), natomiast do otrzymywania surowca o mniejszej frakcji stosowane są kruszarki wtórne. Kopalnia 2., w odróżnieniu od dwóch pozostałych badanych kopalni, charakteryzuje się tym, że transport urobku odbywa się za pomocą

kolejki szynowej, natomiast do zwałowania kamienia z wagonów do kruszarki używa się bardzo hałaśliwych urządzeń – zwałowarki oraz młotów pneumatycznych jako narzędzi pomocniczych.

W tabeli 2. pokazano uśrednione z kilku pomiarów wartości poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych częstotliwości na stanowiskach pracy przy kruszarkach w badanych zakładach.

Do scharakteryzowania hałasu zmieniającego się w czasie lub zmiennej ekspozycji na hałas używane są wielkości: poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) lub tygodnia pracy ($L_{EX,w}$) [3, 4, 5]. Wielkości te zdefiniowano w PN-N-01307:1994 [5]. Odpowiednikiem poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do dnia lub tygodnia pracy jest wielkość zwana dzienną lub tygodniową ekspozycją na hałas, tzw. dawka hałasu ($E_{A,Te}$).

Tabela 2
UŚREDNIONE WARTOŚCI POZIOMU CIŚNIENIA AKUSTYCZNEGO W PASMACH OKTAWOWYCH CZĘSTOTLIWOŚCI ORAZ RÓWNOWAŻNY POZIOM DŹWIĘKU A NA STANOWISKACH PRACY PRZY KRUSZARKACH W TRZECH KOPALNIACH

AVERAGE VALUES OF SOUND PRESSURE LEVEL IN OCTAVE BAND FREQUENCY AND EQUIVALENT SOUND PRESSURE LEVEL A AT WORKSTATIONS WITH CRUSHERS IN THREE OPEN PIT MINES

Miejsce pomiaru	Czas ekspozycji T_e [min]	Częstotliwości środkowe pasm oktawowych f [Hz] Poziomy ciśnienia akustycznego [dB]							Równoważny poziom dźwięku A $L_{Aeq,Te}$ [dB]
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Kopalnia 1. – kruszarka wtórna	240	96,2	90,2	89,7	86,0	81,8	75,5	66,3	90,8
Kopalnia 2. – kruszarka wstępna	240	91,2	87,9	84,9	79,6	76,9	71,3	64,1	86,2
Kopalnia 2. – załadunek partii kamienia z wagonów do kruszarki	210	96,6	96,3	99,8	98,4	95,7	99,6	89,3	104,4
Kopalnia 3. – kruszarka wstępna	390	85,5	83,2	84,5	83,0	81,3	72,8	65,1	87,4

Fot. 3. Kruszarka wstępna w kopalni 1.
Fot. 3. Preliminary crusher in open pit mine “1”

Fot. 4. Kruszarka wstępna w kopalni 3.
Fot. 4. Preliminary crusher in open pit mine “3”

Tabela 3
POZIOM EKSPOZYCJI NA HAŁAS ODNIESIONY DO 8-GODZINNEGO DNIA PRACY I TYGODNIA PRACY, EKSPOZYCJA DZIENNA ORAZ KROTNOŚĆ NDN, CZYLI WARTOŚCI DOPUSZCZALNYCH

NOISE EXPOSURE LEVEL RELATED TO AN 8-HOUR WORKING DAY AND WORKING WEEK, DAILY EXPOSURE AS WELL AS MULTIPLE OF MAI, I.E. ADMISSIBLE VALUES

Miejsce pomiaru	Czas ekspozycji T_e [min]	Równoważny poziom dźwięku A $L_{Aeq,Te}$ [dB]	Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 h $L_{EX,8h}$ [dB]	Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy $L_{EX,w}$ [dB]	Ekspozycja dzienna $E_{A,Te}$ [$Pa^2 \times s$]	Krotność NDN
Kopalnia 1. – kruszarka wtórna	240	90,8	87,8	87,8	$6,9 \times 10^3$	1,9
Kopalnia 2. – kruszarka wstępna	240	86,2	83,2	83,2	$2,4 \times 10^3$	0,7
Kopalnia 2. – załadunek kamienia z wagonów do kruszarki	210	104,4	100,8	100,8	$138,3 \times 10^3$	38
Kopalnia 3. – kruszarka wstępna	390	87,4	86,5	86,5	$5,1 \times 10^3$	1,4



W tabeli 3. przedstawiono obliczony (z uwzględnieniem czasu ekspozycji) poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy i tygodnia pracy.

Ocena ryzyka

Ryzyko zawodowe można ocenić porównując zmierzone lub wyznaczone wartości hałasu z wartościami dopuszczalnymi. Wartości dopuszczalne odnoszą się do poziomu ekspozycji na hałas, maksymalnego poziomu dźwięku A lub równoważnego poziomu dźwięku A i szczytowego poziomu dźwięku C . Wartości dopuszczalne obowiązują jednocześnie, co oznacza, że aby nastąpiło przekroczenie wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN), wystarczy przekroczenie jednej z tych wartości.

Ogólne zasady oszacowania ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas są podane w publikacjach [1, 5, 6, 7]. Przyjmuje się, że:

$L_{zm} < 0,5 \text{ NDN}$ – ryzyko małe (M)

– pomijalne,

$0,5 \text{ NDN} \leq L_{zm} \leq 1,0 \text{ NDN}$

– ryzyko średnie (\acute{S}), dopuszczalne

$L_{zm} > 1,0 \text{ NDN}$ – ryzyko duże (D)

– niedopuszczalne,

gdzie:

L_{zm} – zmierzone lub obliczone wielkości

charakteryzujące hałas

NDN – wartości dopuszczalne określone

w wykazie NDN [8].

Krotność NDN wyznacza się z następujących wzorów:

$$k = 10^{(L_{EX,8h} - L_{dop})/10}$$

$$k = 10^{(L_{Amax} - L_{dop})/20}$$

$$k = 10^{(L_{Cpeak} - L_{dop})/20}$$

Przykład oceny ryzyka wynikającego z narażenia na hałas z uwzględnieniem krotności (k) wartości dopuszczalnej (NDN) przedstawiono w tabeli 4. Dopuszczalne wartości wynoszą: $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB}$, $L_{Amax} = 115 \text{ dB}$, $L_{Cpeak} = 135 \text{ dB}$ [5, 8].

Tabela 4
OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO
OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT

Ekspozycja na hałas [dB]	Krotność	Ryzyko
$L_{EX,8h} < 82$ $L_{Amax} < 109$ $L_{Cpeak} < 129$	$k=0,5$	małe (pomijalne)
$L_{EX,8h} = 82 \div 85$ $L_{Amax} = 109 \div 115$ $L_{Cpeak} = 129 \div 135$	$k=0,5 \div 1$	średnie (akceptowalne)
$L_{EX,8h} < 85$ $L_{Amax} < 115$ $L_{Cpeak} < 135$	$k > 1$	duże (nieakceptowalne)

W tabeli 5. przedstawiono ocenę ryzyka zawodowego w badanych kopalniach, dokonaną na podstawie zmierzonych i wyznaczonych wielkości. Ocena ryzyka dotyczy stanowisk pracy przy kruszarkach w kopalniach odkrywkowych.

Tabela 5
OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO NA STANOWISKACH PRACY PRZY KRUSZARKACH W BADANYCH KOPALNIACH
OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT AT WORKSTATIONS AT CRUSHERS IN INVESTIGATED OPEN PIT MINES

Kopalnia	Ryzyko	
1	duże	
2	kruszararka	średnie
	załadunek kruszarki	duże
3	duże	

W przypadku stanowisk pracy przy kruszarkach, a więc stanowisk narażonych na największe poziomy hałas w kopalniach odkrywkowych, krotność NDN w zakładach 1. i 3. ma wartość powyżej 1, czyli ryzyko zawodowe na stanowisku pracy jest duże. W zakładzie 2. ryzyko na stanowisku pracy przy kruszarce jest średnie, natomiast na stanowisku pracy pomocniczym kruszarki, krotność NDN wynosi 38, co oznacza ryzyko duże.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono ocenę ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas na wybranych stanowiskach pracy w kopalniach surowców mineralnych. W zakładach kopalni odkrywkowych występuje wiele źródeł hałasu związanych z urobkiem, transportem, zwałowaniem i kruszeniem surowca. Badania akustyczne, jakie przeprowadzono dotychczas w trzech zakładach, dotyczyły hałasu ciągłego emitowanego przez maszyny i urządzenia, natomiast nie brano pod uwagę hałasów krótkotrwałych powodowanych robotami strażowymi. Ocenę ryzyka przeprowadzono dla stanowisk pracy usytuowanych przy najbardziej hałaśliwych urządzeniach w zakładach odkrywkowych, czyli kruszarkach.

Na podstawie oceny ryzyka zawodowego w trójstopniowej skali, ryzyko ocenia się jako duże. Tylko w jednym zakładzie (2) ryzyko pracy przy kruszarce jest średnie. Natomiast przy robotach pomocniczych, związanych z załadowaniem urobku z wagonów do kruszarki, krotność NDN jest bardzo duża ($k = 38$) i ryzyko zawodowe na tych stanowiskach jest oceniane jako duże – niedopuszczalne. Ze względu na niedopuszczalne ryzyko zawodowe w kopalniach, na najbardziej hałaśliwych stanowiskach praca powinna być wstrzymana. Praca może być kontynuowana pod warunkiem stosowania przez pracowników odpowiednio dobranych ochronników słuchu i wyposażenia maszyn w skuteczne zabezpieczenia wibroakustyczne.

Zarówno badania procesów wibroakustycznych jak i zabezpieczeń przeciwhałasowych w trzech omówionych w artykule zakładach odkrywkowych są kontynuowane.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-N-18002:2000 *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*
- [2] Kozioł W., Hebda A., Lewicki J., Kawalec P. *Ryzyko zawodowe w odkrywkowych zakładach górniczych*. Bibl. Szkoły Eksp. AGH, Kraków 2004
- [3] Engel J. R., Kosała K. *Zagrożenia wibroakustyczne powodowane kopalniami surowców mineralnych*. Mater. XXXIII Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, Gliwice-Ustroń 2005, s. 5-12
- [4] Engel Z. *Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem*. PWN, Warszawa 2001
- [5] PN-N-01307:1994 *Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*
- [6] Augustyńska D. *Ocena ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia na hałas w świetle przepisów krajowych*. „Bezpieczeństwo Pracy” 9 (374) 2002, s. 2-4
- [7] Zawieska W. M. *Możliwości oceny ryzyka zawodowego za pomocą wskaźników zagrożeń wibroakustycznych*. „Mechanika”, Kwart. AGH. T.21, 2.2, 2002, s.147-161
- [8] *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy – wartości dopuszczalne*. D. Augustyńska i M. Pośniak (red). CIOP, Warszawa 2003