

dr hab. JANUSZ KOMPAŁA, prof. GIG (ORCID: 0000-0003-4544-0547)

Główny Instytut Górnictwa Katowice

dr inż. RAFAŁ WIŚNIOWSKI

Węglkokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek – Piekary”

Kontakt: r.wisniowski@weglkokskraj.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0013.1976

Ograniczenie narażenia górników na hałas poprzez usytuowanie stanowisk pracy obsługi przenośników taśmowych w wykonanych wnękach technologicznych

Fot. Suvorov/Bigstockphoto



W artykule przedstawiono metodę ograniczenia narażenia na hałas na stanowiskach obsługi przenośników taśmowych poprzez usytuowanie stanowisk pracy w zaprojektowanych wnękach technologicznych. Rozwiązanie polega na zaprojektowaniu optymalnego usytuowania wnęki technologicznej, umożliwiającego realizację zadań produkcyjnych, przy uwzględnieniu zasad bezpieczeństwa pracy. Wymaganiem warunkiem było jednocześnie uzyskanie wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ poniżej wartości ustalonych normatywów higienicznych. Wyniki pomiarów naniesione na schemat sytuacyjny wyrobisk górniczych, decydowały o lokalizacji projektowanego rozwiązania. Stanowiska pracy zostały wykonane w zaprojektowanych miejscach wyrobisk górniczych na zasadzie jednostronnego wlotu ze stropem oraz ścianką czołową i ściankami bocznymi. Dodatkowo dla poprawy klimatu akustycznego wnęki technologiczne zostały poddane adaptacji akustycznej poprzez zastosowanie materiału dźwiękochłonnego. Rozwiązanie zostało wdrożone w Węglkokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary”.

Uzyskane wyniki badań przed i po wprowadzeniu zaproponowanego rozwiązania potwierdzają skuteczność takiego podejścia. Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego czasu pracy ($L_{Ex,8h}$) został obniżony z 86,3 do 81,3 dB.

Słowa kluczowe: hałas, uszkodzenie słuchu, warunki pracy, górnictwo

Limiting exposure to noise of miners servicing conveyor belts by situating their workstations within technological recesses

The article presents a method of limiting exposure to noise in the vicinity of workstations of conveyor drive services. This is done by setting up the conveyor belt personnel's workstations within special technological recesses. The core of the presented solution consists in the design of an optimal set up of the technological recess, which in turn has enabled the realisation of production activities with OSH taken into account. The necessary requirement was a simultaneous achievement of the value of the equivalent noise level $A L_{Aeq}$ below the value of relevant health standards. The results of the measurement were superimposed on the schematics of the mining excavation, and thus decided about the placement of the solution. New workstations were created and located according to the same schematics with the use of one-way exit with roof and the front wall and the side walls made of straight cross-bars of V29 profiles. Additionally, to improve the acoustic climate, the constructed technological recesses went through the acoustic adaptation performed with the use of sound absorbing material. The solution has been implemented in Węglkokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary”. The obtained results, which were collected before and after the use of the described solution, have confirmed the effectiveness of this approach. The level of exposure to noise related to 8-hour working time ($L_{Ex,8h}$) has been reduced from 86,3 to 81,3 dB.

Keywords: noise, hearing damage, working conditions, mining industry

Wstęp

Prowadzone przez Główny Urząd Statystyczny w 2017 r. badania warunków pracy, którymi objęto 82,4 tys. przedsiębiorstw, zatrudniających 5,9 mln osób, wskazały, że aż 458 tys. z nich pracowało w warunkach zagrożenia. Stanowiło to 7,8% zatrudnionych, liczonych jeden raz w grupie czynnika przeważającego, tzn. zagrożenia środowiskiem pracy, czynnikami mechanicznymi lub uciążliwością pracy [1].

Spośród czynników szkodliwych największe zagrożenie w 2017 r. stanowił hałas, na który narażonych było w Polsce 187,5 tys. osób, co stanowiło 58% ogólnej liczby pracowników zatrudnionych w warunkach zagrożenia. Wielkość ta była również ponad trzykrotnie większa od liczby pracowników zagrożonych drugim pod względem częstości występowania czynnikiem szkodliwym – pyłami przemysłowymi. Najwięcej osób narażonych na hałas oraz pyły przemysłowe pracowało w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego oraz w przetwórstwie przemysłowym [1].

Jednym z wymiernych aspektów, pozwalających określić stopień negatywnego oddziaływania środowiska pracy na osoby narażone, jest liczba stwierdzonych chorób zawodowych. Zawodowe uszkodzenie słuchu, skutkujące trwałą, niemożliwą do zrehabilitowania niepełnosprawnością, znajduje się od lat na czołowym miejscu na liście chorób zawodowych. Podczas ostatnich 20 lat można co prawda zauważyć dużą dynamikę zmian, dotyczącą ograniczenia liczby stwierdzonych przypadków zawodowego uszkodzenia słuchu, ale nadal kształtuje się ona na relatywnie wysokim poziomie: wg danych Instytutu Medycyny Pracy im. prof. Nofera w 1998 r. stwierdzono 3385, natomiast w 2017 r. 100 przypadków.

Ograniczenie liczby przypadków zawodowego uszkodzenia słuchu na przestrzeni ostatnich dwóch dekad determinowane było przemianami gospodarczymi, likwidacją niektórych, szczególnie hałaśliwych

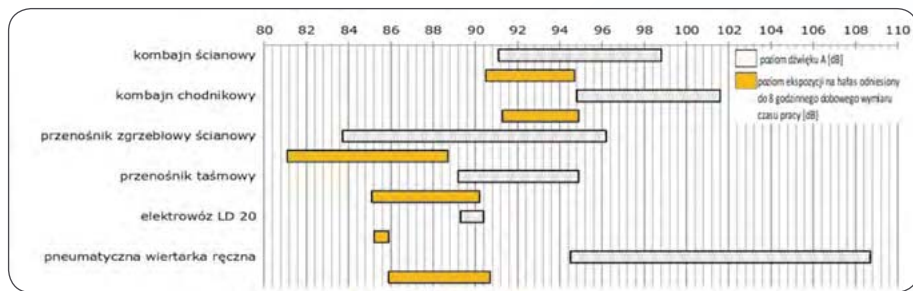
gałęzi przemysłu oraz działaniami legislacyjnymi. Duże znaczenie miała również transformacja i modernizacja procesów technologicznych, wprowadzenie nowoczesnych maszyn, automatyzacja produkcji, zmniejszenie liczby osób objętych statystyką (mikroprzedsiębiorstwa, zatrudniające poniżej 10 pracowników, nie są uwzględniane), poprawa systemu profilaktyki medycznej oraz, wprowadzone w 2002 r., nowe kryteria orzecznicze w aspekcie zawodowego uszkodzenia słuchu [2-4].

W celu ograniczenia liczby pracowników zatrudnionych w „szkodliwym hałasie” w polskiej gospodarce (a przede wszystkim w górnictwie węgla kamiennego), konieczne są dalsze działania, szczególnie w obszarze rozwiązań technicznych. Opracowana i opisana w artykule techniczna metoda ograniczenia narażenia na hałas górników poprzez usytuowanie ich miejsc pracy w zaprojektowanych i wykonanych wnękach technologicznych, zaadaptowanych akustycznie, wychodzi naprzeciw temu wyzwaniu.

W artykule zaprezentowano wyniki badań, wykorzystane do opracowania procedury postępowania oraz wykonania w wyznaczonych punktach miejsc pracy wnęk w kopalni Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek – Piekary” Ruch Bobrek, zapewniających wymagane normatywnymi wartości natężenia hałasu, określonego w przepisach wydanych na podstawie art. 228 § 3 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy.

Stan zagrożenia hałasem w Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek – Piekary” Ruch Bobrek

Ryzyko zawodowego uszkodzenia słuchu w polskim górnictwie estymowane jest w wielu przypadkach na wysokim, niedopuszczalnym po-



Rys. 1. Zakres hałasu emitowanego przez maszyny górnicze w Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary” oraz wartości poziomu ekspozycji na hałas, odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy [dB]

Fig. 1. The range of emitted by mine machines noise – in Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary” and the values of level exposure to noise to 8-hour working time [dB]

ziomie, a determinantami takiego stanu są m.in.: coraz większa moc stosowanych maszyn i urządzeń, intensyfikacja i koncentracja wydobywania oraz rodzaj prowadzonej działalności górniczej¹ [5-7]. Zagrożenie hałasem w górnictwie podziemnym ma również związek ze stosowanymi technologiami urabiania i transportu urobku oraz ograniczonymi możliwościami wprowadzania technicznych rozwiązań zmniejszających to zagrożenie.

Górnictwu „klimatowi akustycznemu” nie sprzyja przede wszystkim kształt przekroju poprzecznego wyrobiska górniczych. Wyrobiska korytarzowe wykonane są w stalowej, łukowej obudowie chodnikowej podatnej typu ŁP (łukowej podatnej), której przekrój poprzeczny ma powierzchnię wklęsłą. Taka geometria powoduje, że nie zachodzi zjawisko zmniejszenia się poziomu dźwięku wraz ze wzrostem odległości od jego źródła. Ponadto złożony układ wzajemnych połączeń i załamań, zdeformowania obudowy, pomijalny współczynnik

pochłaniania dźwięku ścian ograniczających wyrobiska² oraz zabudowanych maszyn i urządzeń prowadzą do koncentracji hałasu w wyniku skupienia fal odbitych na małej powierzchni [2-3,8].

Głównymi źródłami hałasu w kopalni są: wiertarki pneumatyczne, kombajny ścianowe, kombajny chodnikowe, przenośniki zgrzeblowe, elektrowozy, przenośniki taśmowe, wentylatory lutniowe oraz urządzenia klimatyczne [3,8-9]. Zmierzony podczas prowadzonych badań, przez autorów artykułu, poziom dźwięku A w wyznaczonych punktach pomiarowych zawierał się w przedziale od 83,7 do 108,7 dB, a poziom ekspozycji na hałas, odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, wynosił od 81,1 do 94,8 dB (rys. 1). Poziom dźwięku A (L_{A}) podstawowych źródeł hałasu występujących w Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek – Piekary” oraz wartości poziomu dźwięku

² Wyrobiska górnicze w rejonie prowadzonych badań i pomiarów wykonane zostały w górnictwie obudowie stalowej podatnej, wykładkę stropu i ociosu jako element obudowy ostatecznej wykonano z okładziny żelbetowej. Materiały te charakteryzuje pomijalny współczynnik pochłaniania dźwięku < 0,1 – użyte materiały doskonale odbijają fale dźwiękowe.

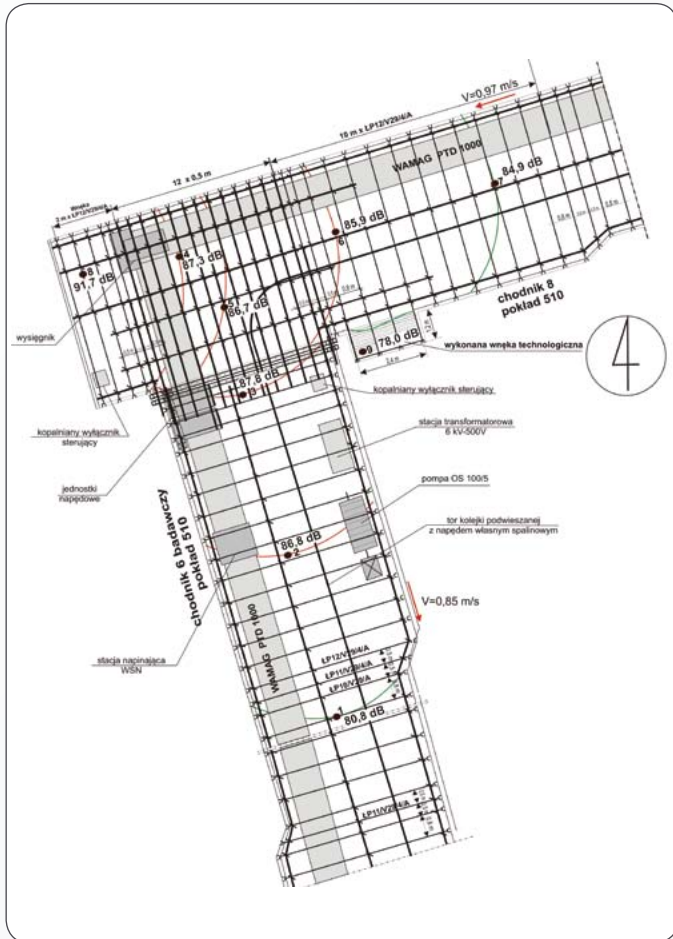
¹ Systematyka zagrożenia w aspekcie rodzaju prowadzonej działalności górniczej podlega w dużym uproszczeniu podziałowi na górnictwo: podziemne, odkrywkowe i otworowe.

Tabela 1. Wartości poziomu dźwięku A (L_{A}) oraz wartości poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych w zakresie częstotliwości 31,5-8000 Hz podstawowych źródeł hałasu w Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary”

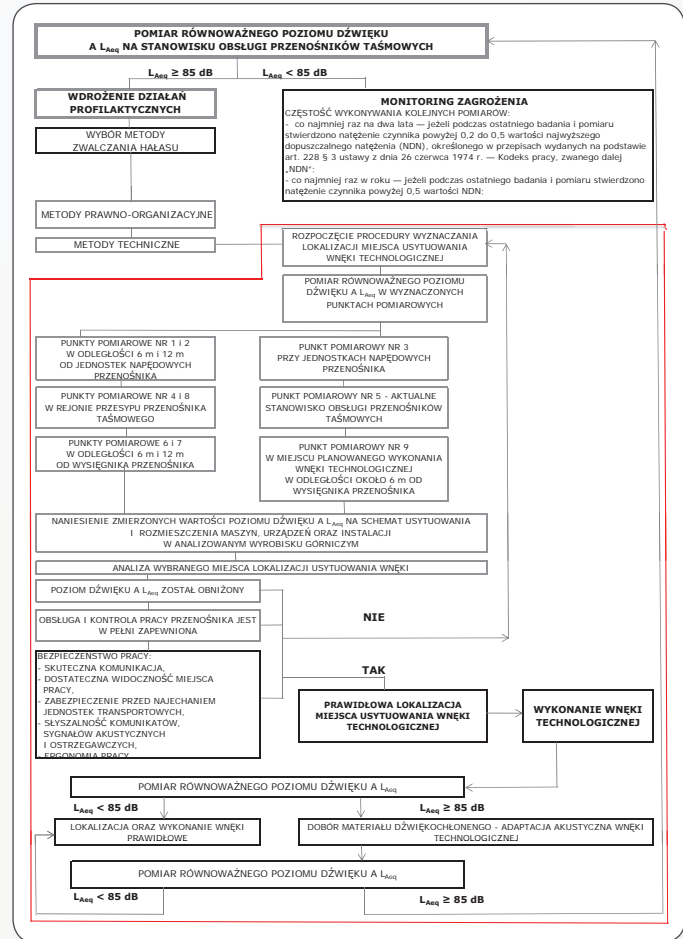
Table 1. The value of acoustic pressure level in octave bandwidth in the range of 31.5-8000 Hz frequency of the basic noise sources in Węglókoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary” Ruch Bobrek

TYP URZĄDZENIA	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	L_{A}
PRZENOŚNIK TAŚMOWY VT 1200 (dow. 2 badawcza)	38,2	57,7	71,3	77,8	83,0	88,0	82,5	75,6	66,1	90,5
TŁO (dow. 2 badawcza)	29,0	38,4	47,4	54,3	60,3	59,2	57,0	49,7	39,0	64,5
PRZENOŚNIK TAŚMOWY GWAREK 1200 (chodnik 3 badawczy)	44,8	55,4	67,5	76,2	92,6	89,6	83,9	75,7	66,3	94,9
TŁO (chodnik 3 badawczy)	42,5	46,9	48,3	55,3	59,5	57,9	58,6	55,9	50,4	65,0
PRZENOŚNIK TAŚMOWY VT 1200 (dow. 7 badawcza pokł. 503)	38,3	65,3	67,5	74,1	82,5	86,8	83,6	73,6	64,8	89,8
TŁO (dow. 7 badawcza) pokł. 503	38,0	42,1	50,1	59,2	61,9	65,8	64,6	54,2	46,0	69,8
PRZENOŚNIK TAŚMOWY WAMAG 1000 (dow. 1a pokł. 504)	45,8	57,9	69,1	76,1	83,1	85,1	82,7	78,6	68,4	89,2
TŁO (dow. 1a pokł. 504)	38,0	42,2	50,3	59,4	61,7	65,3	64,4	54,3	45,8	69,9
KOMBAJN CHODNIKOWY JOY RH 200GS (dow. 2a pokł. 504)	55,6	68,2	80,0	86,6	88,7	89,6	87,7	82,8	76,6	94,8
TŁO (dow. 2a pokł. 504)	30,4	37,5	42,3	44,2	48,4	49,9	47,5	47,0	43,3	55,4
KOMBAJN CHODNIKOWY AM 50z-w (dow. 4a pokł. 504)	50,9	59,9	77,7	90,3	96,4	96,5	94,1	92,7	84,4	101,6
TŁO (dow. 4a pokł. 504)	32,1	33,2	33,6	35,4	39,8	47,3	54,5	51,2	33,7	56,9
KOMBAJN CHODNIKOWY FR 160 (dow. 1a pokł. 504)	49,9	59,1	76,9	90,1	95,3	95,2	92,7	91,6	84,1	100,1
TŁO (dow. 1a pokł. 504)	32,4	33,5	33,6	35,1	39,9	47,8	54,8	51,1	33,4	57,8
KOMBAJN ŚCIANOWY JOY 4LS20 (ściana 6 w pokł. 503)	53,6	71,0	84,1	86,8	89,9	92,6	94,4	90,2	82,7	98,8
TŁO (ściana 6 w pokł. 503)	21,9	25,4	22,4	22,5	30,6	32,4	45,4	45,8	37,6	49,1
PRZENOŚNIK ŚCIANOWY ZGRZEBŁOWY NOWOMAG 850 (ściana 6 w pokł. 503)	46,6	50,5	58,4	67,6	79,9	77,6	75,9	69,6	61,2	83,7
TŁO (ściana 6 w pokł. 503)	21,9	25,4	22,4	22,5	30,6	32,4	45,4	45,8	37,6	49,1
PRZENOŚNIK ŚCIANOWY ZGRZEBŁOWY RYBNIK 850 (ściana 7 w pokł. 503)	38,0	53,4	61,4	72,7	80,3	86,2	89,7	86,0	75,3	96,2
TŁO (ściana 7 w pokł. 503)	24,1	26,8	28,5	40,8	43,4	46,1	40,6	38,0	29,6	49,7
LOKOMOTYWA ELEKTRYCZNA LD20	59,9	61,0	74,5	84,6	90,8	90,3	87,2	81,4	70,7	95,1
TŁO	26,6	26,8	29,9	33,3	40,6	41,3	37,1	31,5	24,7	45,6
WIERTARKA TYPU WUP (przodek dow. 1a pokł. 504)	53,8	67,1	81,7	84,1	93,0	97,8	105,0	103,8	99,7	108,7
TŁO (dow. 1a pokł. 504)	32,4	33,5	33,6	35,1	39,9	47,8	54,8	51,1	33,4	57,8

* Dowierzchnia – w górnictwie: pochyłe wyrobisko korytarzowe dzielące pole eksploatacyjne na filary poprzeczne; często wykorzystywane do wentylacji kopalni [przyp. red.].



Rys. 2. Przykładowy schemat usytuowania i rozmieszczenia maszyn, urządzeń oraz instalacji w chodniku 8. i 6. badawczym na poziomie 726 m z naniesionymi średnimi wartościami równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w ustalonych punktach pomiarowych
 Fig. 2. Sample outline of distribution and situation of machines, equipment and installation in drift 8 deck 510 on the level 726 m with average values of the equivalent sound level $A L_{Aeq}$ in set measurement points



Rys. 3. Algorytm wyznaczenia lokalizacji miejsca pracy obsługi przenośników taśmowych w wyrobiskach górniczych Węglokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary”
 Fig. 3. The algorithm of locating a conveyor belt service workstation in mining excavation in Węglokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek - Piekary”

$A(L_A)$ tła w wyznaczonych punktach pomiarowych, w miejscach obsługi przenośników taśmowych oraz innych maszyn, zostały pokazane w tabeli 1.

Pomiary poziomu dźwięku zostały przeprowadzone przy pomocy całkującego miernika poziomu dźwięku klasy 1. z filtrem oktawowym. Zastosowanie takiego miernika umożliwiło przeprowadzenie badań i identyfikację zagrożenia w pasmach oktawowych w zakresie od 31,5 Hz do 8 kHz.

Na podstawie uzyskanych wyników badań i pomiarów można sformułować następujące wnioski [10]:

- dominujące wartości poziomu ciśnienia akustycznego w punktach pomiarowych przy badanych urządzeniach (z wyjątkiem wiertarki pneumatycznej udarowej WUP) występują w pasmach 500-2000 Hz
- największe wartości poziomu ciśnienia akustycznego w przypadku wiertarki pneumatycznej udarowej WUP występują w pasmach 2000-4000 Hz. Zależność związana jest z hałasem strumieniowym wypływającego pod ciśnieniem powietrza o składowych wysokoczęstotliwościowych
- pracownicy, zatrudnieni na stanowiskach obsługi kombajnów chodnikowych, ścianowych oraz przenośników taśmowych narażeni są na wysokie poziomy dźwięku A , znacznie przewyższające normatywy higieniczne, ustalone w odniesieniu do hałasu.

Prace badawczo-wdrożeniowe

Prace badawczo-wdrożeniowe realizowane były w ramach przewodu doktorskiego jednego z autorów publikacji. Ich zakres obejmował:

- pomiary równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w rejonie napędów przenośników taśmowych odstawy urobku (w wyznaczonych punktach pomiarowych) w KWK „Bobrek – Piekary” Ruch Bobrek
- graficzne wykreślanie rozkładu wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ na schematach usytuowania i rozmieszczenia maszyn i urządzeń w badanym obszarze oraz analizę uzyskanej sytuacji akustycznej
- wyznaczenie usytuowania w badanym wyrobisku górniczym miejsca wykonania wnęki technologicznej, jako technicznej metody ograniczenia narażenia na hałas na stanowiskach obsługi przenośników taśmowych
- opracowanie technologii wykonania wnęki
- pomiary równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w wykonanych wnękach technologicznych, przed adaptacją akustyczną materiałem dźwiękochłonnym oraz po jej wykonaniu
- graficzne wykreślanie rozkładu wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ na schematach usytuowania oraz rozmieszczenia maszyn i urządzeń w badanym obszarze, a także analizę uzyskanej sytuacji akustycznej.

Zakres prac wdrożeniowych obejmował:

- wykonanie, na podstawie opracowanej technologii, w wyznaczonych punktach dołowych wyrobisk górniczych wnęk technologicznych – jako stałych miejsc pracy obsługi przenośników taśmowych
- wykonanie adaptacji akustycznych wnęk technologicznych przy użyciu materiału dźwiękochłonnego.

Model doboru miejsca usytuowania oraz wykonanie wnęki technologicznej

W aspekcie prowadzonych badań istotne było, że rozchodzenie się dźwięku w przestrzeniach ograniczonych – a takimi są dołowe wyrobiska górnicze, jest procesem zależnym nie tylko od kształtów tych pomieszczeń, ale także od wymiarów struktury ograniczających powierzchni, własności akustycznych maszyn i urządzeń w nich zainstalowanych oraz ich wpływu na poziom hałasu tła. W miejscu prowadzonych badań i pomiarów obudowa wyrobisk górniczych wykonana była ze stali, opinkę stropu i ociosów stanowiła okładzina żelbetowa, elementy konstrukcyjne maszyn, urządzeń i instalacji wykonano ze stali lub żeliwa. Materiały te charakteryzuje minimalny (pomijalny) współczynnik pochłaniania dźwięku, co przekłada się na intensywność dźwięku bezpośredniego i odbitego z wielu kierun-



Fot. 1. Widok zaprojektowanego i wykonanego miejsca pracy obsługi przenośnika taśmowego w przekopie 106 b (wnęka technologiczna przed adaptacją akustyczną)

Photo 1. A view of the designed and executed conveyor belt service workstation in drift 106 b (technological niche)



Fot. 2. Widok zaprojektowanego i wykonanego miejsca pracy obsługi przenośnika taśmowego w dowierzchni 7. badawczej pokład 503 po aplikacji materiału dźwiękochłonnego

Photo 2. A view of the designed and executed conveyor belt service workstation in research rise 7, level 503 after applying the sound absorbing material

ków. Poziom hałasu jest wtedy prawie niezależny od odległości od źródła. Uniemożliwia to na drodze teoretycznej jednoznaczne określenie rozkładów pól akustycznych, co zostało uwzględnione podczas prowadzonych badań [2-3]. W przypadku miejsc obsługi przenośników taśmowych, miejsce pracy zlokalizowane jest bezpośrednio przy napędzie i przesypie przenośnika, czyli przy źródłach emisji hałasu [3,11].

W celu właściwego przebiegu prac badawczo-wdrożeniowych, na podstawie prowadzonych od 2013 r. badań i pomiarów pilotażowych oraz spostrzeżeń i wniosków, wyznaczono dziewięć punktów badawczo-pomiarowych. Zostały one usytuowane przy jednostkach napędowych (pkt pomiarowy nr 3) i wysięgniku przenośnika taśmowego (pkt nr 4 i 8), z uwzględnieniem położenia miejsca obsługi w dniu pomiaru (pkt nr 5) oraz 6 i 12 m od napędu i wysięgnika przenośnika (pkt nr 1, 2, 6 i 7), jak również w planowanym miejscu wykonania nowego miejsca pracy we wnęce technologicznej (pkt nr 9). Miejsce to zostało zaprojektowane w odległości od 5 do 7 m od wysięgnika przenośnika taśmowego. Lokalizacja projektowanego miejsca pracy jako optymalna ze względu na funkcjonalność i możliwość realizacji procesu związanego z obsługą i kontrolą pracy przenośników taśmowych, została zaprojektowana na podstawie doświadczenia zawodowego autorów badań i kilkuletniej obserwacji pracy pracowników obsługujących przenośniki taśmowe.

Na podstawie prowadzonych badań oraz wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ został opracowany schemat rozmieszczenia maszyn i urządzeń w wyrobisku górniczym wraz z naniesionymi wartościami równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ (rys. 2.). Każdorazowo uzyskane dane zostały przeanalizowane pod kątem wyboru optymalnego miejsca lokalizacji usytuowania wnęki. Zostało ono zaprojektowane zgodnie z opracowanym algorytmem postępowania (rys. 3.). Obejmuje on zarówno obszary zagadnień związanych z oceną uzyskanych wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$, jak również obowiązkiem zapewnienia wysokich standardów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników pomiarów wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w badanym obszarze oraz układu przestrzennego wyrobisk i zabudowanych w nich maszyn i urządzeń w zaprojektowanej lokalizacji zostały wykonane wnęki technologiczne. Wykonano je w chodniku 8. badawczym w pokładzie 510, na poziomie 726 m; w przekopie 106b, na poziomie 840 m (fot. 1.) oraz dowierzchni 7. badawczej w pokładzie 503 na poziomie 726 m (fot. 2.), na zasadzie jednostronnego wlotu ze stropem oraz ścianką czołową i ściankami bocznymi wykonanymi ze stropnic prostych o profilu V29. Długość wnęk technologicznych wynosiła 2400 mm, szerokość – 1200 mm, a wysokość – 2500 mm. Prace oraz przybierka ociosu prowadzone były zgodnie z opracowaną i zatwierdzoną przez kierownika ruchu zakładu górniczego technologią [12]. Odrzwnia obudowy zostały ustabilizowane przy pomocy rozpór dwustronnego działania typu WRG, które zostały zabudowane we wzajemnych odstępach nie większych niż 1,2 m. Opinka obudowy została wykonana poprzez wyłożenie stropu i ociosów okładziną żelbetową, układaną szczelnie. Prace związane z wykonaniem wnęk technologicznych w zależności od etapu ich prowadzenia – roboty strzałowe, rabowanie elementów obudowy, zabudowa elementów obudowy – były wykonywane przez trzy- lub czteroosobowe zespoły pracowników o kwalifikacjach: górnik przodowy, górnik strzałowy, górnik rabunkarz, górnik – pod nadzorem osoby dozoru ruchu [12].

Wnęki technologiczne zostały dodatkowo poddane adaptacji akustycznej, w efekcie zastosowania materiału dźwiękochłonnego. Zastosowany materiał jako nietoksyczny w normatywnym procesie eksploatacji o grubości 42 mm, masie powierzchniowej 672 g/m² i gęstości 15,3 kg/m³, składał się z 35% włókien poliestrowych oraz 65% włókien polipropylenowych odpornych na działanie temperatury do 120°C. Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku dla tego materiału wynosił $\alpha_{f,35} = 0,67$, w wyniku zastosowania bardzo cienkich włókien polipropylenowych wykazujących wysoką efektywność pochłaniania energii w stosunku do niskiej wagi włókniny. Aplikacji poddano strop, ścianę czołową oraz ściany boczne (fot. 2.).

Badania i pomiary

Pomiary i badania przeprowadzone zostały zgodnie z opracowanym algorytmem postępowania (rys. 3.), w wymienionych chodnikach badawczych, przekopach i dowierzchniach badawczych. Pomiary równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ przeprowadzono przy pomocy dwóch całkujących mierników poziomu dźwięku różnych marek.

W pierwszym etapie badań, po przeprowadzonej analizie przestrzennego rozmieszczenia oraz wyposażenia wyrobisk, w celu prowadzenia pomiarów wyznaczono dziewięć punktów pomiarowych zgodnie z opisaną wcześniej metodą. Każdy z pomiarów został wykonany na wysokości 1,55 m od spągu wyrobiska [spąg – dolna powierzchnia warstwy skalnej, pokładu lub wyrobiska – przyp. red.] oraz w odległości 1 m od elementów konstrukcji przenośnika, za wyjątkiem punktów pomiarowych nr 5 i 9. Punkt pomiarowy nr 5 każdorazowo znajdował się w aktualnym w czasie wykonywania pomiarów miejscu obsługi przenośnika taśmowego, natomiast punkt pomiarowy nr 9 – w miejscu planowanej lokalizacji wnęki technologicznej. W każdym z wyznaczonych punktów pomiarowych wykonano co najmniej pięć pięciominutowych pomiarów w trakcie trwania standardowego procesu technologicznego. Następnie uzyskane wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ zostały naniesione na wykonany schemat analizowanego obszaru badań i poddane analizie (rys. 2.). Na podstawie analizy wymaganych postulatów, uwzględniając funkcjonalność miejsca pracy w aspekcie możliwości pełnej realizacji procesu produkcyjnego, bezpieczeństwa pracy oraz wymaganego normatywnymi poziomami dźwięku, wyznaczano miejsce wykonania wnęki technologicznej.

Kolejny etap prac badawczych polegał na wykonaniu wnęki technologicznej w zaprojektowanym miejscu, zgodnie z opracowaną technologią prowadzenia prac. Po wykonaniu wnęki technologicznej przeprowadzono pomiar równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ dla punktów pomiarowych wyznaczonych w pierwszym etapie badań za wyjątkiem punktu pomiarowego nr 9. W II etapie badań punkt pomiarowy nr 9 usytuowany został w wykonanej wnęce technologicznej.

Tabela 2. Wyznaczony poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) na stanowiskach pracyTable 2. The A-weighted noise exposure level normalized to an 8 hour working day (daily noise exposure level, $L_{EX,8h}$) at the tested workstations

Lp.	Stanowisko pracy	Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 h ($L_{EX,8h}$) [dB]	Niepewność rozszerzona U ($L_{EX,8h}$)	Krotność wartości dopuszczalnej ($L_{EX,8h}$) [dB]
1.	Obsługa przenośnika taśmowego VACAT VT 1200 w dowierzchni 7. bad. pokł. 503, poziom 726 m (punkt pomiarowy nr 5)	86,3	1,8	1,36
2.	Obsługa przenośnika taśmowego VACAT VT 1200 wnęka technologiczna (przed adaptacją materiałem dźwiękochłonnym) dowierzchnia 7. bad. pokł. 503 (punkt pomiarowy nr 9)	82,8	1,4	0,6
3.	Obsługa przenośnika taśmowego VACAT VT 1200 wnęka technologiczna (po adaptacji materiałem dźwiękochłonnym) dowierzchnia 7. bad. pokł. 503 (punkt pomiarowy nr 9)	81,3	1,2	0,43
4.	Obsługa przenośnika taśmowego WAMAG PTD 1000 skrzyżowanie chodnika 8. z chodnikiem 6. bad. pokł. 510 (punkt pomiarowy nr 5)	85,2	1,7	1,04
5.	Obsługa przenośnika taśmowego WAMAG PTD 1000 wnęka technologiczna (przed adaptacją materiałem dźwiękochłonnym) chodnik 8. pokł. 510 (punkt pomiarowy nr 9)	82,3	1,4	0,54
6.	Obsługa przenośnika taśmowego WAMAG PTD 1000 wnęka technologiczna (po adaptacji materiałem dźwiękochłonnym) chodnik 8. pokł. 510 (punkt pomiarowy nr 9)	80,1	1,2	0,33
7.	Obsługa przenośnika taśmowego VACAT VT 1000 w przekopie 106 b poz. 840 m (punkt pomiarowy nr 5)	85,0	1,5	1
8.	Obsługa przenośnika taśmowego VACAT VT 1000 wnęka technologiczna (przed adaptacją materiałem dźwiękochłonnym) przekop 106b poz. 840 m (punkt pomiarowy nr 9)	82,5	1,3	0,57
9.	Obsługa przenośnika taśmowego VACAT VT 1000 wnęka technologiczna (po adaptacji materiałem dźwiękochłonnym) przekop 106b poz. 840 m (punkt pomiarowy nr 9)	81,3	1,3	0,43

W III etapie badań wnęka technologiczna została dodatkowo poddana adaptacji akustycznej w efekcie zastosowania materiału dźwiękochłonnego (fot. 2.). Model prowadzonych pomiarów i badań po adaptacji akustycznej wnęki technologicznej był tożsamy z modelem badań prowadzonych w drugim etapie.

Po wykonanych pomiarach i badaniach równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w odniesieniu do stanowisk pracy – obsługa przenośnika taśmowego – w miejscach pracy przed wdrożeniem metody oraz miejsc pracy we wnękach technologicznych przed i po adaptacji wnęk materiałem dźwiękochłonnym, wybraną metodą pośrednią wg strategii z podziałem na czynności, został wyznaczony poziom ekspozycji na hałas $L_{EX,8h}$ odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy.

Uzyskane wartości poziomu ekspozycji na hałas $L_{EX,8h}$ odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy zaprezentowano w tabeli 2.

Podsumowanie

W polskim górnictwie zawodowe uszkodzenie słuchu jest, po pylicy płuc, od dziesięcioleci najczęściej występującą jednostką chorobową. Wysoki poziom zagrożenia zawodowego uszkodzenia słuchu w górnictwie węgla kamiennego wskazał potrzebę podejścia systemowego do problematyki. Wdrożone na przełomie XX i XXI w. programy kompleksowego zapobiegania uszkodzeniom słuchu w polskim górnictwie spowodowały znaczne ograniczenie liczby nowych przypadków tej jednostki chorobowej wśród górników.

Konieczne jest dalsze prowadzenie badań w tym zakresie. Opisane w artykule badania dotyczyły problemu oddziaływania hałasu na pracowników kopalni węgla kamiennego, zatrudnionych na stano-

wiskach obsługi przenośników taśmowych. Celem badań było opracowanie procedury postępowania oraz wykonanie w wyznaczonych punktach miejsc pracy, zapewniających wymagane normatywnymi wartości poziomu dźwięku.

Wyniki prowadzonych badań pozwalają sformułować następujące wnioski:

- otrzymane wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w punktach pomiarowych, w wykonanych wnękach technologicznych, wynosiły od 81,3 dB przed adaptacją akustyczną do 77,8 dB po adaptacji, i były niższe od 4 dB przed do 11 dB po adaptacji od wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ występujących na aktualnym w czasie pomiaru miejscu pracy

- zastosowanie materiału dźwiękochłonnego skutecznie obniżyło wartości równoważnego poziomu dźwięku $A L_{Aeq}$ w punktach pomiarowych, w wykonanych wnękach technologicznych od 3,5 dB w przekopie 106b poz. 840 m do 4,3 dB w chodniku 8. pokł. 510

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) został obniżony:

- w dowierzchni 7. badawczej w pokładzie 503 z 86,3 dB do 82,8 dB po wykonaniu wnęki technologicznej oraz do 81,3 dB po jej adaptacji akustycznej
- w chodniku 8. w pokładzie 510 z 85,2 dB do 82,3 dB po wykonaniu wnęki technologicznej oraz do 80,1 dB po jej adaptacji akustycznej

- w przekopie 106b poziom 726 m z 85 dB do 82,2 dB po wykonaniu wnęki technologicznej oraz do 81,3 dB po jej adaptacji akustycznej.

Dane te potwierdzają skuteczność zastosowanego rozwiązania i osiągnięcie celu, czyli obniżenie poziomu ekspozycji na hałas poprzez zaprojektowa-

nie i wykonanie wnęk technologicznych jako stałych miejsc obsługi napędów przenośników taśmowych.

Przedstawiona metoda jest jedynie jedną z możliwości poprawy klimatu akustycznego i zdaniem autorów może być zastosowana w polskim górnictwie węgla kamiennego. Dalsze badania powinny obejmować inne układy transportu urobku, stosowane w różnych zakładach górniczych oraz być rozszerzone w zakresie właściwości, doboru oraz dopuszczenia do stosowania w polskim górnictwie materiałów dźwiękochłonnnych użytych w kontekście omawianej metody.

BIBLIOGRAFIA

[1] Warunki pracy w 2017 roku. Informacje i opracowanie statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Departament Badań Demograficznych i Rynku Pracy, Warszawa 2018.

[2] KOMPAŁA, J., WIŚNIEWSKI, R. Zagrożenie hałasem w polskim górnictwie węgla kamiennego oraz metoda jego ograniczenia na wybranym stanowisku pracy [Noise hazard in the Polish coal mining industry and the method of its reduction at selected workplaces]. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2016, 536, 5:20-23.

[3] KOMPAŁA, J., WIŚNIEWSKI, R. Ograniczenie narażenia na hałas na dołowych stanowiskach obsługi napędów przenośników taśmowych. [Noise exposure reduction at mine pit belt conveyor work stands]. „Przegląd Górniczy” 2018, 7.

[4] MRUKWA, W. Próba kompleksowej oceny oddziaływania czynników wibroakustycznych na pracowników kopalni węgla kamiennego. [Attempt at a complex assessment of vibroacoustic factors' effect on coal mine workers]. Prace naukowe Głównego Instytutu Górniczego Nr 23, Katowice 1998.

[5] KAPUSTA, M., SZPONDER, T. Kształtowanie ryzyka zawodowego związanego z hałasem na stanowiskach pracy w podziemnych wyrobiskach eksploatacyjnych. [Formation of the occupational risk related to noise at workplaces in underground excavation sites] Górnictwo i Geoinżynieria 2011, 35, 4. AGH, Kraków 2011.

[6] WIŚNIEWSKI, R. Problematyka hałasu w polskim górnictwie [Noise problematics in Polish coal mining industry]. Mat. konferencyjne VI Konferencji Naukowej Bezpieczeństwo Pracy – Środowisko – Zarządzanie, Tom I, Szczyrk 2015.

[7] WIŚNIEWSKI, R. Ryzyko narażenia na hałas w górnictwie węgla kamiennego i dobór środków ochrony indywidualnej słuchu [Exposure to noise risk in coal mining and the selection of personal hearing protection equipment]. Miesięcznik Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górniczego „Przegląd Górniczy” 2014, 12.

[8] LIPOWCZAN, A. Identyfikacja zagrożenia i metody ograniczenia hałasu w górnictwie węgla kamiennego [Threat identification and methods of noise reduction in coal mining industry]. Wydawnictwo GIG, Katowice 1978.

[9] Praca zbiorowa pod redakcją KONOPKO, W. Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego, tom I. Zagrożenia powodowane wibracjami i hałasem. [Occupational safety in coal mines, Vol. I. Hazards caused by noise and vibrations]. GIG, Katowice 2013.

[10] MALESZA, A., PATYŃSKI, T., WIŚNIEWSKI, R. Identyfikacja zagrożeń hałasem w polskim górnictwie węgla kamiennego na przykładzie Węglokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek – Piekary” [Noise hazards identification in the Polish coal mining industry on the example of the Węglokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek – Piekary” mine]. Przegląd Górniczy 2018, 2.

[11] PROFASKA, M. Analiza wpływu umiejscowienia stanowiska pracy w rejonie skrzyżowań przenośników taśmowych w ciągu odstawy głównej poziomej w kopalni węgla kamiennego na poziom ekspozycji na hałas – studium przypadku [Analysis of the impact of work stand location in the vicinity of portable belt conveyors in the main horizontal string of a coal mine on the level of exposure to noise – case study]. Materiały konferencyjne XI Międzynarodowej Konferencji – Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji. Gliwice 2014.

[12] Ustawa Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. Dz. U. 2011 nr 163, poz. 981 z późn. zm.