

dr inż. EWA KOTARBIŃSKA
mgr inż. DARIUSZ PUTO
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Nauszniki przeciwhałasowe z regulowanym tłumieniem

Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego (b. SPR-1) zadanie nr 03.9.18 pn. „Opracowanie nowych rozwiązań ochronników słuchu” oraz prac wdrożeniowych realizowanych w ramach umowy z Ministerstwem Pracy i Polityki Społecznej

W ostatnich latach coraz częściej spotykamy na rynku nowoczesne nauszniki przeciwhałasowe wyposażone w układy elektroakustyczne. Takie ochronniki słuchu są zazwyczaj stosowane wówczas, gdy poza ochroną narządu słuchu przed negatywnymi skutkami oddziaływania hałasu wymagane są jeszcze inne dodatkowe funkcje ochronnika słuchu [1].

Nowoczesne nauszniki przeciwhałasowe z układami elektronicznymi możemy podzielić na trzy rodzaje: z aktywną redukcją hałasu, z łącznością, z regulowanym tłumieniem. Zadaniem układu elektronicznego ochronnika słuchu z aktywną redukcją hałasu jest zwiększenie tłumienia dźwięku ochronnika w zakresie niskich częstotliwości (do ok. 600 Hz). Tłumienie dźwięku klasycznych nauszników przeciwhałasowych jest znacznie niższe w zakresie niskich częstotliwości, aniżeli – średnich i wysokich częstotliwości. Nowoczesne nauszniki przeciwhałasowe z łącznością porozumiewawczą mogą występować w następujących wersjach: konstrukcja przeznaczona do współpracy z systemami łączności komórkowej, konstrukcja przeznaczona do współpracy z przewodową siecią telekomunikacyjną oraz w wersji z klasyczną łącznością radiową. Nauszniki przeciwhałasowe z regulowanym tłumieniem są wyposażone w stosunkowo najprostsze układy elektroniczne, których zadaniem jest zapewnienie charakterystyki tłumienia dźwięku ochronnika słuchu rosnącej wraz ze wzrostem poziomu hałasu. Hałas o dużej dynamice poziomów ciśnień

akustycznych stanowią optymalne warunki akustyczne do stosowania nauszników z regulowanym tłumieniem. W takich warunkach użytkownik ochronnika będzie dobrze odbierał wszelkie informacje akustyczne w postaci mowy i sygnałów ostrzegawczych w okresach „cichych” i równocześnie jego organ słuchu będzie dobrze zabezpieczony przed skutkami oddziaływania hałasu o wysokich poziomach. Nauszniki z regulowanym tłumieniem są najczęściej spotykanymi na rynku nowoczesnymi ochronnikami słuchu wyposażonymi w układy elektroniczne. Ich cena jest relatywnie niska.

W niniejszym artykule omówiono zasady działania nowoczesnych nauszników z regulowanym tłumieniem, metody oceny ich właściwości ochronnych i użytkowych oraz przedstawiono wartości podstawowych parametrów akustycznych i mechanicznych dwóch wzorów: zagranicznego oraz prototypu [2] opracowanego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy przy współpracy z Instytutem Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej oraz Fabryką Sprzętu Ratunkowego i Lamp Górniczych FASER S.A. Przedstawiono również wstępne wyniki badań zrozumiałości mowy w omówionych nausznikach przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem.

Konstrukcja nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem

Nauszniki przeciwhałasowe z regulowanym tłumieniem są wyposażone w dwa mikrofony, umieszczone na zewnętrznych powierzchniach obu czasz tłumiących, w układ elektroakustyczny wmontowany w jedną lub obie czasze oraz dwa głośniczki odtwarzające dźwięki pod czaszami tłumiącymi nauszników. Prawidłowe rozwiązanie konstrukcyjne powinno zapewnić możliwość regulacji wzmocnienia w każdej czaszy oddzielnie, w celu zrównoważenia ewentualnych ubytków słuchu

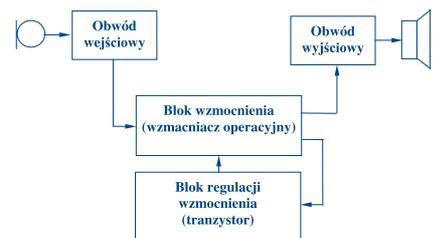
osoby stosującej ochronniki słuchu. Zasilanie układu elektroakustycznego jest na ogół z baterii 9 V, co powinno umożliwiać jego prawidłowe działanie przez ok. 500 godzin.

Prototyp nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem FASER NI-E3, po usunięciu wewnętrznych części czasz tłumiących, materiału tłumiącego oraz poduszek uszczelniających przedstawiono na rys. 1.

Schemat blokowy układu elektroakustycznego przedstawiono na rys. 2. Składa się on z mikrofonu, obwodu wejściowego, bloków wzmocnienia i regulacji wzmocnienia, obwodu wyjściowego oraz głośniczka. Sygnał elektryczny z mikrofonu podawany jest do obwodu wejściowego zawierającego elementy regulacji czułości układu i zapewniającego separację od bloku wzmocnienia. Wartość wzmocnienia zależna jest od chwilowej wartości sygnału wejściowego z mikro-



Rys. 1. Prototyp nausznika przeciwhałasowego z regulowanym tłumieniem



Rys. 2. Schemat blokowy układu elektroakustycznego

fonu i ustalana jest za pomocą bloku regulacji wzmocnienia, działającego w układzie sprzężenia zwrotnego. Wraz ze wzrostem sygnału elektrycznego z mikrofonu maleje wartość wzmocnienia układu. Po korekcji wzmocnienia sygnał elektryczny przechodzi do układu wyjściowego, a następnie do głośniczka odtwarzającego dźwięki otoczenia.

Właściwości ochronne i użytkowe nauszników z regulowanym tłumieniem

Właściwości ochronne i użytkowe nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem, tak jak wszystkich innych ochronników słuchu, są warunkowane właściwościami akustycznymi i mechanicznymi, które są badane i oceniane w procesie certyfikacji na znak bezpieczeństwa B. Metody badań właściwości akustycznych i mechanicznych [3] oraz kryteria ich oceny są zgodne z normą europejską EN 352-4:2001 *Hearing protectors – Safety requirements and testing – Part:4: Level-dependent ear-muffs*.

Podczas badań akustycznych nauszników z regulowanym tłumieniem mierzone dwa podstawowe jego parametry: tłumienie dźwięku przy wyłączonym układzie elektroakustycznym oraz poziomy krytyczny H , M , L przy włączonym układzie elektroakustycznym i maksymalnym jego wzmocnieniu.

Badania tłumienia dźwięku nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem, tak samo jak w przypadku badań klasycznych ochronników słuchu, polegają na pomiarach poziomu ciśnienia akustycznego sygnałów testowych, odpowiadających progom słyszenia słuchaczy, z badanymi ochronnikami i bez nich. Pomiar wykonuje się z udziałem szesnastu słuchaczy.

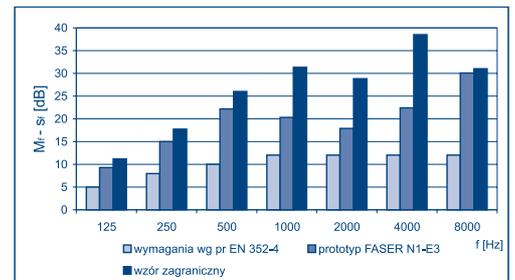
Wartości minimalnego tłumienia dźwięku w funkcji częstotliwości opracowanych w CIOP prototypów oraz wzoru zagranicznego (dane producenta) przedstawiono na rys. 3. Na wykresie pokazano również wymagane wartości minimalne, zgodne z EN 352-4. Jak widać z przed-

stawionego wykresu opracowany wzór spełnia wymagania przedmiotowej normy europejskiej w zakresie właściwości akustycznych.

Badania poziomów krytycznych H , M , L polegają na pomiarze poziomu dźwięku A sygnałów testowych u wlotu przewodu słuchowego osoby biorącej udział w badaniu (pod czaszami tłumiącymi nausznika przeciwhałasowego) oraz poziomu dźwięku A tych samych sygnałów testowych na zewnątrz ochronnika słuchu. Poziom krytyczny H (M , L) definiujemy jako poziom dźwięku A hałasu zewnętrznego – sygnału testowego H (M , L), przy którym poziom dźwięku A (po odpowiedniej korekcji matematycznej) pod ochronnikiem słuchu zaczyna przekraczać wartość 85 dB. Symbol H odnosi się do sygnału wysokoczęstotliwościowego (*High*), M – średniczęstotliwościowego (*Middle*), L – niskoczęstotliwościowego (*Low*). Udział słuchaczy (4 osoby) w badaniu jest bierny. Wymagane jest jedynie, aby osoby te miały prawidłowo ukształtowane przewody słuchowe. Sposób umieszczenia mikrofonu miniaturowego w uchu zewnętrznym słuchacza przedstawiono na rys. 4.

Wyniki badań własnych poziomów krytycznych H , M , L prototypów nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem FASER N1-E3 ilustrują wykresy na rys. 5. Na osi pionowej przedstawiono zmierzone, średnie, dla czterech słuchaczy i dwóch czasz tłumiących, wartości skorygowanego poziomu dźwięku A pod czaszami tłumiącymi nauszników, natomiast na osi poziomej przedstawiono poziom dźwięku A hałasu mierzonego na zewnątrz nausznika przeciwhałasowego. Zależności te zbadano dla trzech sygnałów testowych: H , M i L .

Dla badanych prototypów nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem wartości poziomów krytycznych, wyznaczone metodą interpolacji graficznej, wynoszą: poziom krytyczny H – 105,8 dB, poziom krytyczny M – 102,5 dB, poziom krytyczny L – 100,5 dB. Według danych producenta wzoru zagranicznego wartości poziomów krytycz-



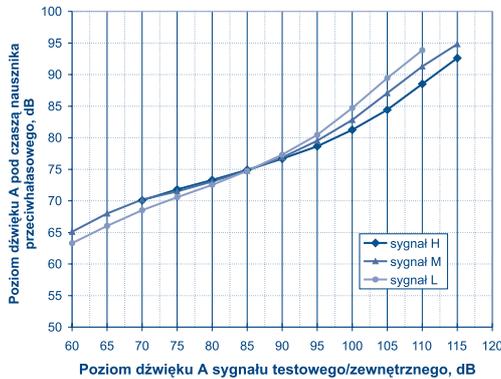
Rys. 3. Minimalne tłumienie dźwięku nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem: prototypów FASER N1-E3 (wg badań własnych), wzoru zagranicznego (wg danych producenta) oraz wartości wymagane, zgodnie z EN 352-4

nych dla nauszników wynoszą: poziom krytyczny M – 106 dB, poziom krytyczny L – 103 dB. Brak danych dotyczących wartości poziomu krytycznego H .



Rys. 4. Słuchacz podczas badań poziomów krytycznych H , M , L

Podstawowe dwa parametry mechaniczne nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem to: ciśnienie poduszek uszczelniających czasz tłumiących oraz siła docisku sprężyny dociskowej. Badaniom podlegają cztery próbki nauszników. Zgodnie z wymaganiami przedmiotowej normy ciśnienie poduszek



Rys. 5. Średnie wartości skorygowanego poziomu dźwięku A pod czaszą tłumiącą prototypu nauszniaka przeciwhałasowego z regulowanym tłumieniem FASER N1-E3 w funkcji poziomu dźwięku A hałasów zewnętrznego

uszczelniających nie powinno być większe niż 4500 Pa, natomiast średnia siła docisku nie powinna być większa niż 14 N. Na rys. 6 przedstawiono pomiar siły docisku i ciśnienia poduszek uszczelniających prototypów nauszniaków przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem FASER N1-E3.

Wyniki przeprowadzonych badań własnych wykazały, że testowane próbki opracowanych prototypów spełniają wymagania normy europejskiej EN 352-4. Zmierzone wartości ciśnienia poduszek



Rys. 6. Pomiar siły docisku i ciśnienia poduszek uszczelniających prototypów nauszniaków przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem FASER N1-E3

uszczelniających zawierają się w przedziale od 3533 Pa do 3833 Pa, natomiast średnia siła docisku wynosi 11,2 N.

Średnie ciśnienie poduszek uszczelniających wzoru zagranicznego nauszniaków z regulowanym tłumieniem wynosi 2710 Pa, natomiast średnia siła docisku – 13,7 N (dane producenta).

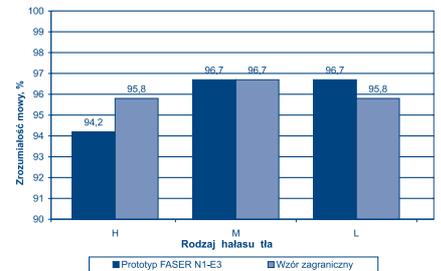
Zrozumiałość mowy w nausznikach z regulowanym tłumieniem

W laboratorium Centralnego Instytutu Ochrony Pracy prowadzono również badania zrozumiałości mowy w nausznikach z regulowanym tłumieniem [4]. Obiektem badań były te same dwa wzory ochronników, których właściwości akustyczne i mechaniczne omówiono wcześniej. Badania prowadzono metodą subiektywną – procentowej zrozumiałości mowy. Metoda ta polega na prezentowaniu słuchaczom list wyrazowych i określeniu procentu słów zrozumianych poprawnie w stosunku do liczby wszystkich prezentowanych wyrazów.

W badaniach udział brało sześć osób. Każdy ze słuchaczy był wyposażony w testowane kolejno wzory nauszniaków przeciwhałasowych, w których wzmocnienie układu elektroakustycznego było maksymalne. Listy wyrazowe były prezentowane słuchaczom głosem normalnym, o poziomie dźwięku A 60 dB. Prezentację list wyrazowych dokonywano podczas odtwarzania kolejno trzech różnych hałasów tła o poziomie dźwięku A wynoszącym 40 dB. Odtwarzano hałas wysokoczęstotliwościowy H, średniczęstotliwościowy M i niskoczęstotliwościowy L. Poziomy hałas tła 40 dB odwzorowuje „ciszę”, z jaką możemy spotkać się np. na strzelnicy podczas przerw w strzelaniu. Podczas użytkowania w takich warunkach akustycznych klasycznych ochronników słuchu – niemożliwa jest percepcja jakichkolwiek dźwięków, w tym również mowy.

Wyniki pomiarów zrozumiałości mowy w testowanych nausznikach z regulowanym tłumieniem przedstawiono na rysunku 7.

Przedstawione wyniki badań wykazały wysoką, ponad 94% zrozumiałość mowy w testowanych ochronnikach słuchu. Najwyższe wartości – 96,7%, w przy-



Rys. 7. Zrozumiałość mowy w nausznikach przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem

padku stosowania obu wzorów, uzyskano dla hałasów tła średniczęstotliwościowego. Przy hałasie tła wysoko i niskoczęstotliwościowego występuje niewielkie zróżnicowanie wyników. Wzór zagraniczny zapewnia nieznacznie lepszą zrozumiałość mowy – 95,8% przy hałasie tła wysokoczęstotliwościowym, natomiast prototyp FASER N1-E3 umożliwia lepszą zrozumiałość mowy – 96,7% przy hałasie tła niskoczęstotliwościowym.

PIŚMIENNICTWO

[1] Kotarbińska E.: *Ochronniki słuchu jako element profilaktyki zawodowego uszkodzenia słuchu*. Medycyna Pracy LI, 2, 2000

[2] Kotarbińska E., Gontarek P., Morzyński L., Pusłowski Z., Puto D.: *Opracowanie nowych rozwiązań ochronników słuchu*. Sprawozdanie z prac planowych CIOP, SPR 03.9.8, 1998

[3] Kotarbińska E., Pusłowski Z., Puto D.: *Właściwości akustyczne i mechaniczne nauszniaków z regulowanym tłumieniem*. Materiały Konferencyjne OSA' 2000, Rzeszów 2000

[4] Czarnociński P.: *Badanie zrozumiałości mowy w ochronnikach słuchu z regulowanym tłumieniem*. Praca dyplomowa wykonana w CIOP, Instytut Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej, 2000/2001

[5] EN 352-4:2001 *Hearing protectors. Safety requirements and testing. Part 4: Level-dependent ear-muffs*

[6] ISO/DIS 11904-1:2000 *Acoustics – Determination of sound immersion from sound sources placed close to the ears – Part 1: Technique using microphone in real ear (MIRE-technique)*