

dr inż. Leszek MORZYŃSKI

## SYSTEM ZDALNEGO NADZORU UŻYTKOWANIA NAUSZNIKÓW PRZECIWHŁASOWYCH Materiały informacyjne



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2013

## Wprowadzenie

Hałas jest najpowszechniej występującym czynnikiem szkodliwym środowiska pracy. Według danych Europejskiej Fundacji na rzecz Poprawy Warunków Życia i Pracy w Unii Europejskiej (Eurofund) w Dublinie, na intensywny hałas skarży się 1/3 ogółu pracowników. W Polsce w warunkach zagrożenia hałasem pracuje obecnie ponad 200 tys. osób, a trwałe ubytek słuchu spowodowany hałasem w pracy jest jedną z najczęściej występujących chorób zawodowych (ok. 300 przypadków/rok). Hałas jest czynnikiem szkodliwym środowiska pracy, na który narażona jest największa liczba pracowników w Polsce. Według danych GUS [1] w 2011 r. w warunkach zagrożenia hałasem zatrudnionych było ponad 199,5 tys. osób. Ponieważ statystyki GUS obejmują jedynie zakłady pracy zatrudniające 10 lub więcej osób szacuje się, że liczba osób pracujących w zagrożeniu hałasem może być dwukrotnie większa.

Hałas definiuje się jako każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. W kontekście środowiska pracy hałas rozpatrywany jest przede wszystkim ze względu na jego szkodliwy wpływ na narząd słuchu. Skutki oddziaływania hałasu na organ słuchu zależą przede wszystkim od poziomu ciśnienia akustycznego hałasu i czasu narażenia. Szacuje się, że dla hałasów dla których równoważny poziom dźwięku A wynosi 85 dB i czasu narażenia 40 lat (przy 8-godzinnym dniu pracy) ryzyko utraty słuchu wynosi ok. 10%. Istotnym czynnikiem wpływającym na ryzyko utraty słuchu jest rodzaj hałasu. W przypadku hałasu impulsowego, dla którego nie działają naturalne mechanizmy obrony narządu słuchu, ryzyko uszkodzenia słuchu wzrasta. Podstawowym skutkiem długotrwałego narażenia na hałas o wysokich poziomach jest uszkodzenie struktur ucha odpowiedzialnych za odbiór dźwięku i związane z tym trwałe podwyższenie progu słyszenia (przesunięcie w kierunku wyższych poziomów). Uszkodzenie to jest nieodwracalne i rozwija się stopniowo w ciągu kolejnych lat narażenia na hałas. Skutkiem przesuwania się progu słyszenia jest stopniowe pogarszanie się zrozumiałości mowy. Innymi konsekwencjami uszkodzenia słuchu są problemy w ocenie głośności dźwięków, utrata zdolności rozróżniania wysokości dźwięku oraz ograniczenie zdolności określania kierunku, z którego dochodzi dźwięk.

Zgodnie z przepisami prawa polskiego a w szczególności rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [7], po osiągnięciu lub

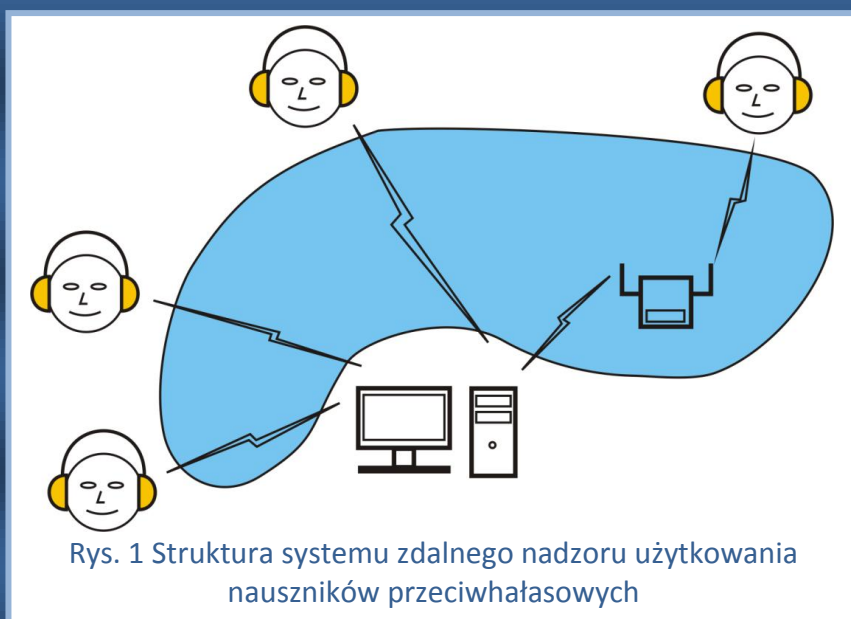
przekroczeniu przez wielkości charakteryzujące hałas wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN), pracodawca ma obowiązek sporządzić i wprowadzić w życie program działań organizacyjno-technicznych zmierzających do ograniczenia narażenia na hałas pracowników. Działania te powinny obejmować przede wszystkim: unikanie procesów i metod pracy powodujących narażenie na hałas, wybór odpowiednich środków pracy o najniższym poziomie emisji hałasu, zastosowanie środków technicznych ograniczających narażenie na hałas (m.in. obudowy dźwiękoizolacyjne, tłumiki, ekrany), właściwe projektowanie miejsc pracy, konserwację środków pracy, informowanie i szkolenie pracowników oraz ograniczanie czasu i poziomu narażenia. W przypadku gdy za pomocą środków ochrony zbiorowej lub organizacji pracy nie jest możliwe obniżenie narażenia indywidualnego na hałas do wartości nie przekraczających NDN, pracodawca powinien udostępnić pracownikom środki ochrony indywidualnej słuchu i nadzorować prawidłowość ich stosowania.

Nauszniki przeciwhałasowe, będące jednym z rodzajów ochronników słuchu, powinny być odpowiednio dobrane do hałasu panującego na danym stanowisku pracy. Prawidłowy dobór nauszników przeciwhałasowych uwzględniający wyniki pomiarów hałasu w połączeniu z ich prawidłowym stosowaniem powinny zapewniać pracownikom wymagany poziom ochrony przed hałasem. Jak jednak pokazują badania prowadzone przez różne jednostki badawcze na świecie, w tym w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym [2, 3, 4, 5], poziomy dźwięku mierzone pod nausznikami w warunkach ich rzeczywistego użytkowania mogą być nawet o kilkanaście decybeli większe, niż obliczone na podstawie wyników pomiarów hałasu i wartości tłumienia nauszników wyznaczanych w procesie certyfikacji. W najgorszych przypadkach zdarza się, że narażenie indywidualne na hałas pracownika przekracza wartości NDN [3, 5]. Różnice te wynikają przede wszystkim z nieprawidłowego użytkowania nauszników przeciwhałasowych. W warunkach rzeczywistych stwierdzany jest nieprawidłowy dobór nauszników do istniejącego hałasu, złe zakładanie nauszników nie zapewniające właściwego przylegania do głowy poduszek uszczelniających, czy też użytkowanie nauszników zużytych i uszkodzonych. Ze względu na duże zagrożenie hałasem w środowisku pracy, różnice pomiędzy teoretycznym, a rzeczywistym narażeniem na hałas pracowników stosujących nauszniki przeciwhałasowe mogą mieć poważne konsekwencje dla ich zdrowia. Przedstawione powyżej problemy wskazują, na konieczność lepszego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych, jednak w obecnej chwili nie istnieją tanie i powszechnie dostępne rozwiązania techniczne umożliwiające skuteczną

nadzór tego rodzaju. W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym podjęto prace nad opracowaniem systemu zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych, którego zastosowanie powinno przyczynić się do ograniczenia problemu nadmiernego narażenia na hałas pracowników. W dalszej części artykułu przedstawiono koncepcję tego systemu, funkcję i wymagania konstrukcyjne dla elementów składowych tego systemu oraz możliwości ich technicznej realizacji

## Systemu zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych

Zgodnie z przytoczonymi we wstępie informacjami, nieprawidłowe użytkowanie nauszników przeciwhałasowych prowadzi do pogorszenia ochrony przed hałasem i związanego z tym wzrostu poziomu dźwięku pod czasami nausznika, prowadzącymi w niektórych przypadkach do przekroczenia wartości dopuszczalnych. Przyjęto zatem że działanie systemu polegało będzie na ciągłym monitorowaniu parametrów hałasu pod czasami nausznika przeciwhałasowego włączonego do systemu i przekazywaniu danych o narażeniu na hałas pracownika do centrali systemu. Wysokie, a w szczególności przekraczające NDN zmierzone wartości wielkości charakteryzujących hałas będą świadczyły o nieprawidłowym użytkowaniu nausznika i konieczności podjęcia przez osoby odpowiedzialne działań korygujących i zapobiegawczych.



Zgodnie z przyjętą koncepcją w skład systemu, którego strukturę przedstawiono na rys. 1, będą wchodziły trzy podstawowe elementy: nauszniki przeciwhałasowe z wbudowanymi układami pomiarowymi, sieć bezprzewodowej

transmisji danych oraz centrala systemu.

Prawidłowe określenie narażenia na hałas pracownika stosującego nauszники przeciwhałasowe wymaga odniesienia się do wielkości charakteryzujących hałas w środowisku pracy a w szczególności do ich wartości NDN. Wielkościami tymi są:

- ✓ poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy,  $L_{EX,8h}$ , (wartość NDN wynosząca 85 dB), lub odpowiadająca mu dzienna ekspozycja na hałas,  $E_{A,Td}$ , (wartość NDN wynosząca  $3,64 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$ ),
- ✓ maksymalny poziom dźwięku A,  $L_{Amax}$  (wartość NDN wynosząca 115 dB),
- ✓ szczytowy poziom dźwięku C,  $L_{Cpeak}$  (wartość NDN wynosząca 135 dB).

System zdalnego nadzoru wyznacza wartość każdej z podanych wielkości oraz informuje o przekroczeniu wartości NDN tych wielkości. Pomiar hałasu i ocena narażenia odbywają się niezależnie dla każdej z czasz nausznika ze względu na możliwość uszkodzenia czy też złego założenia każdej z czasz niezależnie.

Nauszniki przeciwhałasowe wchodzące w skład systemu posiadają wbudowane układy pomiarowe połączone z modułami radiowymi do bezprzewodowej transmisji danych. Zadaniem układów elektronicznych wbudowanych w nauszники jest ciągły monitoring parametrów hałasu pod czasami nauszników przeciwhałasowych i przekazywanie danych do centrali systemu poprzez bezprzewodową sieć transmisji danych. Centrala systemu gromadzi i przetwarza dane pomiarowe przesłane z układów pomiarowych, generując dla osoby nadzorującej system komunikaty o ewentualnych nieprawidłowościach dotyczących narażenia na hałas poszczególnych pracowników i potrzebie podjęcia działań prewencyjnych. Umożliwia to nadzór nad prawidłowym użytkowaniem nauszników przeciwhałasowych.

Sieć bezprzewodowej transmisji danych scala system zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych w funkcjonalną całość. Biorąc pod uwagę niewielkie wymagania systemu co do przepustowości sieci, a jednocześnie konieczność realizacji sieci o różnej wielkości i strukturze (w zależności od wielkości i struktury przedsiębiorstwa, w którym system będzie stosowany) sieć bezprzewodowej transmisji danych oparto o protokół ZigBee. Dla zwiększenia zasięgu transmisji danych w sieci mogą być wykorzystywane routery. Elementem sieci dołączonym do centrali systemu jest tzw. koordynator sieci, nadzorujący przepływ danych w sieci, który jednocześnie umożliwia centrali systemu odbiór przesyłanych danych. Do fizycznej realizacji sieci wykorzystano moduły radiowe ATZB oferowane przez firmę Atmel oraz moduły XBee oferowane przez firmę Digi International. Działanie modułów radiowych i ich funkcja w sieci ZigBee zależą od oprogramowania modułu. Odpowiednie

oprogramowanie opracowano dla układów umieszczonych w nausznikach oraz dla układów pełniących rolę routera i koordynatora sieci ZigBee.

Układy elektroniczne wbudowane w nauszniak przeciwałasowy składają się z kompletu układów pomiarowych (niezależny pomiar dla każdej czaszy nausznika) i modułu radiowego z układem antenowym. Zadaniem układów pomiarowych umieszczonych w nausznikach jest wyznaczenie dla mierzonego hałasu wartości wielkości charakteryzujących hałas w środowisku pracy i odniesienie ich do wartości dopuszczalnych określonych ze względu na ochronę słuchu pracowników. Przetwarzanie sygnałów pomiarowych odbywa się dwuetapowo. Najpierw sygnał przetwarzany jest w torach analogowych a następnie podawany na wejścia modułu radiowego, gdzie zamieniany jest na postać cyfrową i poddawany dalszemu przetwarzaniu w celu uzyskania pożądanych wielkości. Uzyskane w ten sposób dane o narażeniu pracownika na hałas przesyłane są do centrali systemu.

Centrala systemu zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwałasowych jest komputerem wyposażonym w specjalistyczne oprogramowanie i komunikującym się z urządzeniem będącym koordynatorem sieci ZigBee poprzez port USB. Zadaniem centrali jest gromadzenie i przetwarzanie danych pomiarowych przesyłanych z nauszników pod kątem



Rys. 2. Okno oprogramowania centrali z zakładką prezentującą wyniki pomiarów hałasu dla aktualnie nadzorowanych nauszników.

oceny narażenia na hałas pracowników użytkujących nauszniki przeciwałasowe, a tym samym oceny ich prawidłowego użytkowania. Oprogramowanie centrali (rysunek 2) zostało napisane w języku JAVA. Współpracuje ono z oprogramowaniem bazodanowym MySQL z



wykorzystaniem serwera Apache. W odpowiednich tabelach bazy danych gromadzone są dane na temat nauszników przeciwhałasowych objętych systemem, użytkujących je pracowników, oraz o wynikach pomiarów hałasu. Oprogramowanie centrali umożliwia wprowadzanie do bazy danych informacji na temat ochronników podlegających nadzorowi, podgląd i wizualizację aktualnie realizowanych pomiarów oraz przeglądanie wyników pomiarów zgromadzonych w bazie danych a obejmujących poprzednie sesje pomiarowe.

Dodatkowym wyposażeniem systemu jest układ do sprawdzania i kalibracji wskazań układów pomiarowych znajdujących się w nausznikach przeciwhałasowych. Ma on formę



Rys. 3. System zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych (układ modelowy).

statywu zawierającego źródła sygnału wzorcowego i pomiarowe układy odniesienia. Po nałożeniu nauszniaka na statyw porównywane są wyniki pomiarów przesyłane z nauszniaka i z układów odniesienia. Na tej podstawie wyznaczana jest poprawka korygująca wskazania układów pomiarowych, przesyłana drogą radiową do nauszniaka. Widok systemu wraz z układem

kalibracyjnym przedstawiono na rysunku 3.

## Podsumowanie

System zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych może, poprzez ciągły monitoring parametrów hałasu pod czasami nauszników przeciwhałasowych, zapobiega sytuacjom nadmiernego narażenia na hałas pracowników, wynikającego z nieprawidłowego użytkowania nauszników przeciwhałasowych. Do najważniejszych zalet opisywanego rozwiązania należy zaliczyć:

- ✓ ciągły monitoring stanu narażenia na hałas wszystkich pracowników stosujących nauszniaki przeciwhałasowe,

- ✓ generowanie przez system ostrzeżeń umożliwiających bezzwłoczne reagowanie na sytuacje zagrażające słuchowi pracowników,
- ✓ możliwość zastosowania w przedsiębiorstwach o różnej wielkości i strukturze.

Powszechne wykorzystanie systemu zdalnego nadzoru użytkowania nauszników przeciwhałasowych stworzy nową jakość w zakresie zapobiegania narażeniu pracowników na ponadnormatywny hałas i zapobiegania powstawaniu chorób zawodowych słuchu. Dodatkowym, potencjalnym zastosowaniem opracowanego systemu może być możliwość prowadzenia szkoleń z zakresu użytkowania nauszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistych, w celu wykształcenia u pracowników odpowiednich umiejętności i nawyków związanych ze stosowaniem nauszników przeciwhałasowych, sprzyjających bezpieczniejszej i zdrowszej pracy w warunkach istniejącego zagrożenia hałasem.

*Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy.*

## LITERATURA

1. Główny Urząd Statystyczny, Warunki pracy w 2011 r., Warszawa, 2012.
2. Berger, E. H., Can Real-World Hearing Protector Attenuation be Estimated Using Laboratory Data?, Sound and Vibration 22(12), 1988, 26-31.
3. Canetto P., Hearing Protectors: Topicality and Research Needs; International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), 2009; 15(2), 141-153
4. Dixon-Ernst, C. and Behar, A. Why Users Need Accurate Real World Estimates of Hearing Protector's Ratings, J. Acoust. Soc. Am.94(3), Pt. 2, 1993, p. 1791.
5. Kotarbińska E., Kozłowski E., Measurement of Effective Noise Exposure of Workers Wearing Ear-Muffs; JOSE, 2009; 15(2), 193-200
6. ZigBee Alliance <http://www.zigbee.org>
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne, DzU nr 157, poz.1318.