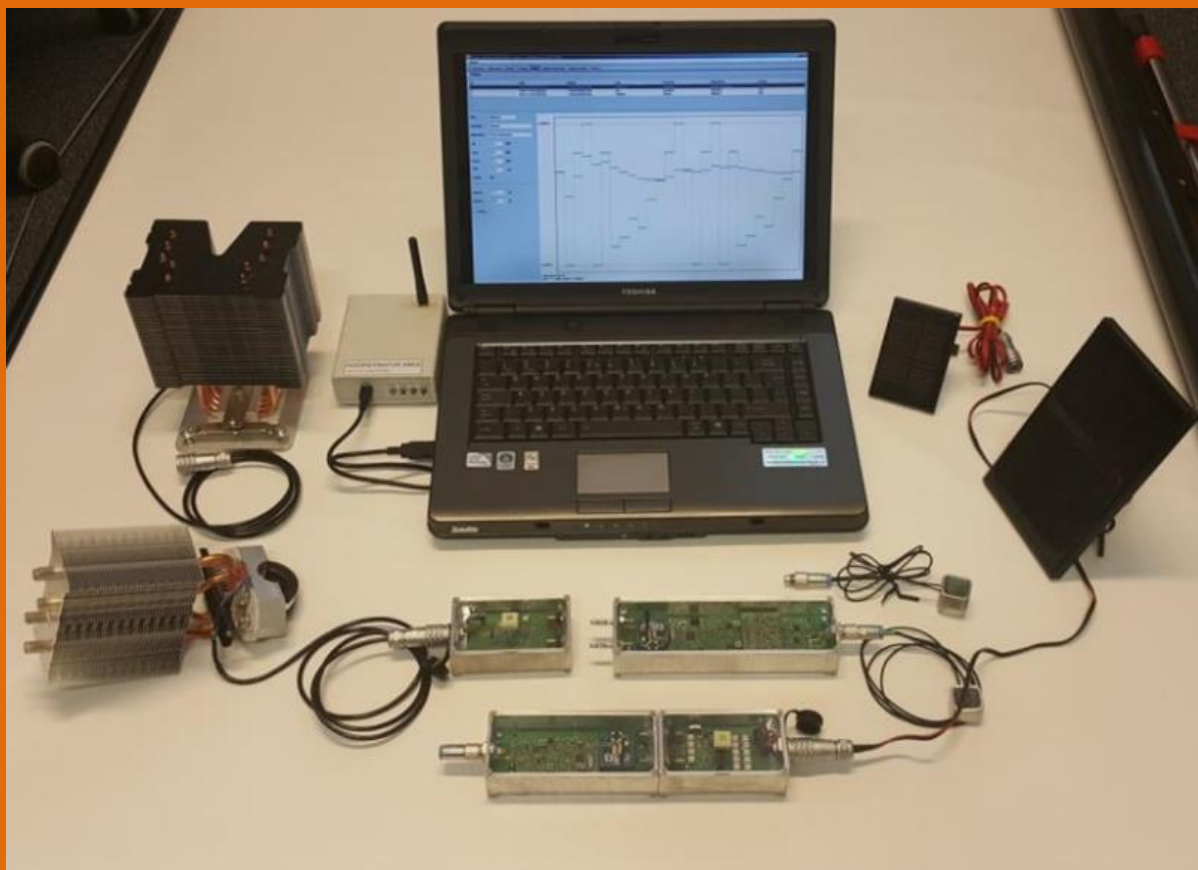


dr inż. Leszek MORZYŃSKI
mgr inż. Grzegorz SZCZEPAŃSKI

**SYSTEM ZDALNEGO MONITORINGU
PARAMETRÓW WIBROAKUSTYCZNYCH
ŚRODOWISKA PRACY Z WYKORZYSTANIEM
ŹRÓDEŁ ENERGII ODNAWIALNEJ DO JEGO
ZASILANIA**

Materiały informacyjne



**Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut
Badawczy
Warszawa 2016**

Wprowadzenie

Występowanie czynników wibroakustycznych czyli hałasu i drgań mechanicznych [1, 2] w środowisku pracy jest zjawiskiem powszechnym. Według raportów GUS [3] w 2015 roku w zagrożeniu hałasem pracowało ponad 187,1 tys. osób natomiast w zagrożeniu drganiami ponad 14,6 tys. W 2015 r. odnotowano 176 przypadków chorób zawodowych będących wynikiem narażenia na nadmierny hałas lub drgania mechaniczne [4]. Ekspozycja na hałas może spowodować ubytek słuchu, który jest jedną z pięciu [5] najczęściej występujących chorób zawodowych w Polsce w 2015 r. Skutki oddziaływania hałasu na organ słuchu zależą przede wszystkim od poziomu ciśnienia akustycznego hałasu i czasu narażenia. 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. Problem związany z narażeniem na hałas jest najczęściej odnotowywany w górnictwie oraz przemyśle przetwórczym, głównie związanym z produkcją wyrobów z metali. Drgania mechaniczne, mimo iż są czynnikiem rzadziej występującym na stanowiskach pracy mogą powodują również znaczącą liczbę chorób zawodowych. Rodzaje zaburzeń spowodowanych przez drgania zależą od rodzaju drgań na które ekspozycja jest człowiek [6, 7]. Drgania o działaniu miejscowym, mogą powodować zmiany chorobowe w układzie nerwowym, układzie krążenia i układzie kostnowstawowym. Są na nie narażeni przede wszystkim operatorzy ręcznych narzędzi wibracyjnych stosowanych powszechnie w przemyśle maszynowym, hutniczym, stoczniowym, a także w wielu innych branżach. Drgania o działaniu ogólnym mogą powodować zmiany chorobowe układu kostnego i narządów wewnętrznych człowieka. Na drgania mechaniczne o działaniu ogólnym narażeni są przede wszystkim operatorzy maszyn oraz osoby stojące na drgającym podłożu.

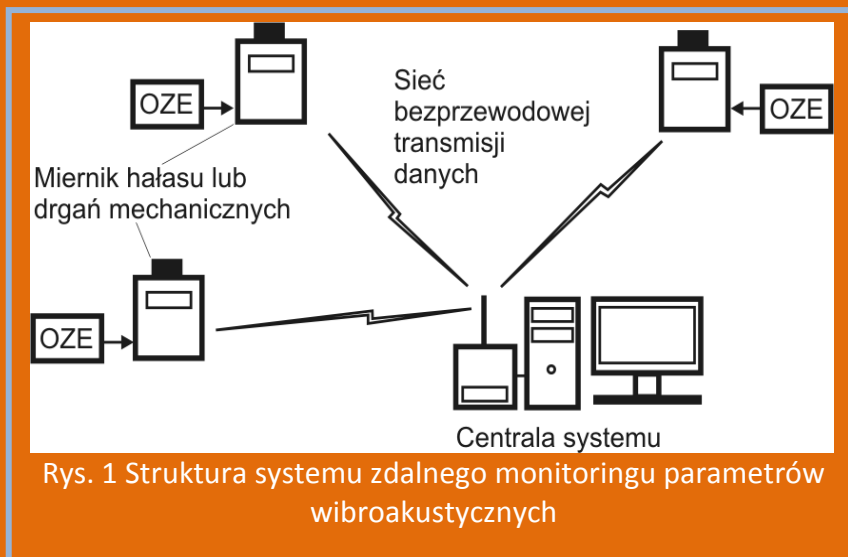
Zgodnie z przepisami prawa polskiego a w szczególności rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy

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 i drgania mechaniczne pracowników. Działania te powinny obejmować przede wszystkim: unikanie procesów i metod pracy powodujących narażenie na te czynniki, wybór odpowiednich środków pracy o najniższym poziomie emisji, zastosowanie środków technicznych ograniczających narażenie na te czynniki (m.in. obudowy dźwiękoizolacyjne, tłumiki, ekrany, wibroizolatory), właściwe projektowanie miejsc pracy, konserwację środków pracy, informowanie i szkolenie pracowników oraz ograniczanie czasu i poziomu narażenia. W przypadku hałasu gdy za pomocą środków ochrony zbiorowej lub organizacji pracy nie jest możliwe obniżenie narażenia indywidualnego do wartości nie przekraczających NDN, pracodawca powinien udostępnić pracownikom środki ochrony indywidualnej słuchu.

Ponieważ zagrożenia wibroakustyczne są powszechne w środowisku pracy i mogą niekorzystnie oddziaływać na zdrowie pracowników, stan zagrożenia tymi czynnikami musi być kontrolowany poprzez odpowiednie pomiary wielkości charakteryzujące hałas i drgania mechaniczne w środowisku pracy, w regularnych, określonych prawem, odstępach czasu. Natężenie czynników wibroakustycznych może jednak ulegać zmianie np. w wyniku zmian parametrów procesu pracy czy też w wyniku zużywania się maszyn i narzędzi, powodując zwiększone zagrożenia dla pracowników. Łatwo dostrzegalne i trwałe skutki zdrowotne narażenia na hałas lub drgania mechaniczne pojawiają się po długim, często wieloletnim narażeniu na te czynniki. Z tego powodu niestety często zdarza się, że pomimo powszechnego występowania tych zagrożeń w środowisku pracy są one ignorowane lub niewłaściwie oceniane. Raporty Państwowej Inspekcji Pracy pokazują, że częstymi nieprawidłowościami wykazywanymi w zakładach pracy jest brak lub nieprawidłowe lub nieaktualne pomiary parametrów zagrożeń wibroakustycznych oraz nieprawidłowa ocena wynikającego z tych zagrożeń ryzyka zawodowego. Rozwiązaniem wymienionych wyżej problemów może być zastosowanie bieżącego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy pod kątem występowania zagrożeń spowodowanych hałasem lub drganiami mechanicznymi.

System zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy

Opracowane rozwiązanie techniczne służy do monitoringu hałasu i drgań mechanicznych w środowisku pracy, umożliwiającego wykrywanie istniejących lub pojawiających się nowych zagrożeń w celu podjęcia odpowiednich działań profilaktycznych. Główne elementy systemu i schemat jego działania przedstawiono na rys. 1. System ten składa się z autonomicznych mierników hałasu i drgań mechanicznych mierzących hałas i drgania mechaniczne występujące w zakładzie pracy. Mierniki te powinny być rozmieszczone w dowolnych miejscach zakładu pracy, w których mogą występować zagrożenia czynnikami wibroakustycznymi dla pracowników. Wyniki pomiarów hałasu i drgań mechanicznych przesyłane są drogą radiową, poprzez sieć bezprzewodowej transmisji danych do centrali systemu. Centralą systemu jest komputer ze specjalnie przygotowanym oprogramowaniem,

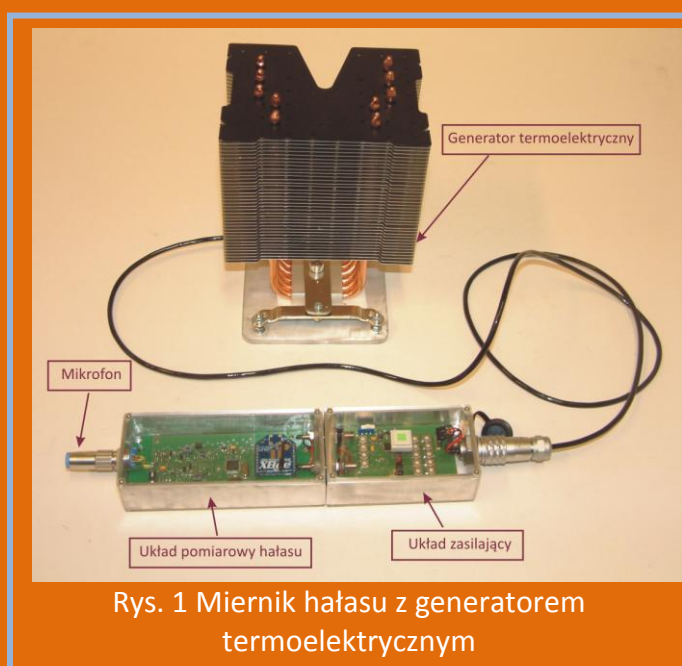


które gromadzi i przetwarza wyniki pomiarów, dokonując ich oceny i interpretacji. W oparciu o gromadzone dane osoba odpowiedzialna za warunki pracy w zakładzie pracy jest zatem informowana o aktualnym stanie

zagrożenia hałasem i drganiami w zakładzie pracy i może na bieżąco planować i podejmować działania zmierzające do ograniczenia ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na te czynniki fizyczne.

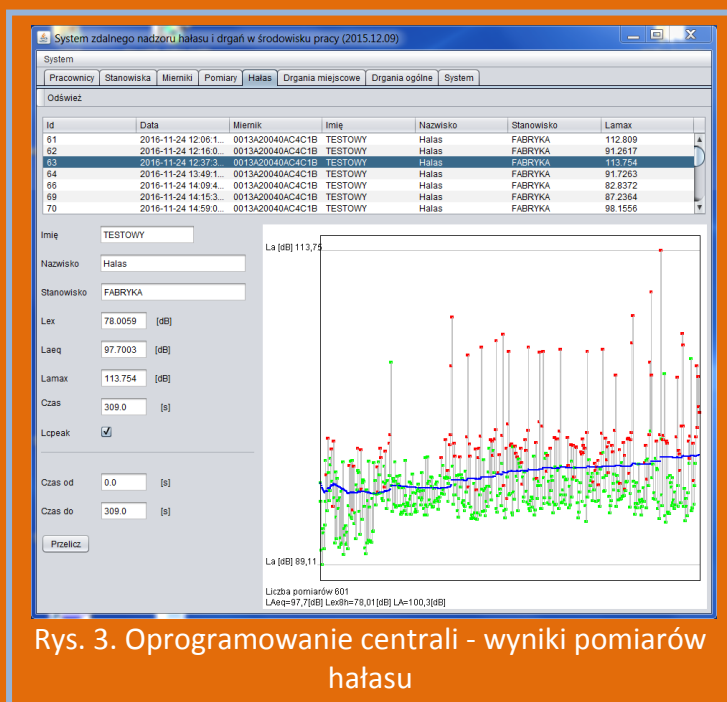
Realizacja koncepcji bieżącego, stałego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy wymaga zastosowania wielu mierników hałasu i drgań pracujących w sposób ciągły rozmieszczonych w różnych miejscach zakładu pracy. Mierniki te wymagają stałego zasilania energią elektryczną, co w klasycznym podejściu można zrealizować zasilając je bezpośrednio z sieci elektrycznej lub przy wykorzystaniu baterii/akumulatorów. W przypadku zasilania z sieci energetycznej możliwość rozmieszczenia mierników jest ograniczona do miejsc, w których ta sieć jest dostępna a ponadto wymaga ułożenia przewodów zasilających co może być sprzeczne z zasadami bezpieczeństwa w danym miejscu

zakładu pracy. Zasilanie z wykorzystaniem baterii/akumulatorów nie ma takich ograniczeń lecz jest kosztowne (koszt wymiany baterii) i wymaga czasochłonnej obsługi (wymiana baterii, ładowanie akumulatorów). Aby umożliwić rozmieszczenie mierników w dowolnych miejscach zakładu pracy (niezależnie od dostępności sieci elektrycznej) a jednocześnie wydłużyć czas ich bezobsługowej pracy, w opracowanym rozwiązaniu wykorzystano do zasilania mierników dostępnych na terenie zakładu pracy odnawialnych źródeł energii (OZE). Wykorzystanie energii z OZE do zasilania mierników hałasu i drgań wymaga zastosowania odpowiedniego generatora elektrycznego oraz układu przetwarzania i gromadzenia energii elektrycznej (energia elektryczna uzyskiwana z generatorów ma inne parametry niż potrzebne



do zasilania mierników, a ponadto musi być magazynowana na czas, gdy źródło OZE nie jest dostępne np. na okres nocy gdy korzystamy z energii słonecznej). Z tego względu w opracowanym rozwiązaniu mierniki hałasu i drgań mają budowę modułową (rys. 2). Składają się z właściwego układu pomiarowego (hałasu lub drgań) oraz układu zasilającego przetwarzającego i gromadzącego energię elektryczną uzyskiwaną z odpowiedniego OZE.

Centrala systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy jest komputerem wyposażonym w specjalistyczne oprogramowanie. Do centrali systemu podłączony jest koordynator sieci ZigBee będący odpowiednio zaprogramowanym modulem XBee. Oprogramowanie centrali systemu (rysunek 2) zostało napisane w języku Java przy wykorzystaniu środowiska programistycznego NetBeans i korzysta przy gromadzeniu i przetwarzaniu danych z oprogramowania bazodanowego MySQL oraz serwera Apache. Oprogramowanie umożliwia powiązanie stanowisk pracy z konkretnymi miernikami oraz pracownikami, którzy pracują przy danym stanowisku. Każdy z mierników funkcjonujących w systemie ma zdefiniowany rodzaj wykonywanych pomiarów i przypisany unikalny numer identyfikacyjny. Wszystkie te informacje można w dowolnym momencie aktualizować. Oprogramowanie pozwala przede wszystkim na zbieranie danych pomiarowych odnosząc się do konkretnego miejsca wykonania pomiarów, podgląd on-line wartości



aktualnie mierzonych parametrów oraz archiwizację wyników pomiarów dając możliwość późniejszego wglądu i analizy zebranych wyników. Jedną z opcji oprogramowania jest możliwość obliczania poziomu ekspozycji odniesionej do 8 godzinnego dnia pracy oraz tworzenie histogramu zmian równoważnego i maksymalnego poziomu dźwięku. A czy wartości dziennej ekspozycji na drgania i wartości sumy wektorowej drgań.

Podsumowanie

System zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy może, poprzez ciągły monitoring parametrów hałasu oraz drgań mechanicznych, zapobiegać sytuacjom nadmiernego narażenia pracowników na te czynniki. Do najważniejszych zalet opisywanego rozwiązania należy zaliczyć:

- ✓ ciągły monitoring stanu zagrożenia hałasem i drganiami mechanicznymi w zakładzie pracy, w praktycznie nieograniczonej liczbie punktów,
- ✓ informowanie o występujących zagrożeniach dla pracowników,
- ✓ możliwość zastosowania w przedsiębiorstwach o różnej wielkości i strukturze,
- ✓ zasilanie z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii

Dane uzyskane za pomocą systemu pozwolą na zwiększenie świadomości pracodawców i pracowników w zakresie zagrożeń wibroakustycznych w środowisku pracy oraz mogą posłużyć do uruchomienia działań zapobiegawczych i tym samym do poprawy warunków pracy w przedsiębiorstwie, co w ostatecznym rozrachunku spowoduje zmniejszenie liczby stwierdzanych corocznie przypadków chorób zawodowych spowodowanymi tymi czynnikami. Powszechne wykorzystanie systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy stworzy nową jakość w zakresie zapobiegania narażeniu pracowników na ponadnormatywny hałas i drgania mechaniczne.

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Engel Z., Koradecka D., Augustyńska D., Kowalski P., Morzyński L. Żera J., *Zagrożenia wibroakustyczne*, w: Koradecka D. (red.) *Bezpieczeństwo i higiena pracy*, CIOP-PIB, Warszawa, 2008.
2. Serwis internetowy „BEZPIECZNIEJ” - <http://www.ciop.pl/bezpieczniej>
3. Główny Urząd Statystyczny, *Warunki pracy w 2015 r.*, Warszawa, 2016
4. Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. Jerzego Nofera, dane o zapadalności na choroby zawodowe http://www.imp.lodz.pl/home_pl/o_instytucie/reg_and_databases/work_dissises1/dane_o_zapadalnosci/
5. N. Szeszenia-Dąbrowska, U. Wilczyńska: *Choroby zawodowe w Polsce w 2015 r.*, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Centralny Rejestr Chorób Zawodowych, Łódź 2016
6. J. Koton: *Drgania mechaniczne*. CIOP-PIB, Warszawa 2010
7. Harazin B.: *Zagrożenie zdrowia wywołane działaniem drgań mechanicznych*. Sosnowiec, IMPiZŚ 2000
8. 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.