

**Artur TYMIŃSKI, Maciej SZUMSKI, Piotr BARMUTA,  
Kazimierz CYWIŃSKI, Emil CYWIŃSKI**

SONOPAN sp. z o.o. (1), PLUM sp. z o.o.(2), Politechnika Białostocka,  
Wydział Elektryczny (3,4), RBC-Tech sp. z o.o. (5)

## **Wybrane problemy pomiaru hałasu wokół obiektów i urządzeń elektroenergetycznych**

***Streszczenie.** Przedstawiono podstawy fizyczne wytwarzania dźwięku i hałasu. Omówiono parametry przyrządów do pomiaru hałasu firmy SONOPAN. Zostały ukazane trudności związane z obniżaniem poziomu hałasu w halach fabrycznych*

***Abstract.** The article shows physical principles of making of sound and noise. The noise measure units made by company SONOPAN were shown. The authors showed some difficulties connected with reducing of noise level in the engine rooms. (**Selected problems of noise measurement around the electro-energetical machines and objects**).*

**Słowa kluczowe:** hałas, parametry krytyczne, mierniki hałasu, zagrożenia

**Keywords:** noise, critical parameters, noise measure units, dangers

### **Wstęp**

Narastający problem silnego hałasu w środowisku przemysłowym, wokół obiektów wytwarzania energii, arterii komunikacyjnych, centrów handlowych, lotnisk, w budowlach o różnych przeznaczeniach, a ostatnio nawet na terenach otwartych rolniczych uczulił środowiska inżynierskie i służby ochrony środowiska, służby BHP itd. na potrzebę rozpowszechniania kontroli poziomu hałasu jako bodźca groźnego nie tylko dla człowieka. Trudne do prostego opisu matematycznego sprawy natężenia, „barwy” dźwięku i ich zmienności w czasie sprawiają wiele problemów metrologicznych [1]. Na szczęście istnieje ośrodek krajowy, prowadzący prace konstrukcyjne i wytwórcze, dostarczający na rynek dobry, profesjonalny sprzęt pomiarowy z oprzyrządowaniem do współpracy z komputerem. Jest to grupa mierników hałasu i systemów pomiaru, obróbki cyfrowej, rejestracji i przesyłu informacji o źródłach hałasu poprzez interfejs USB. Autorzy zaprezentują możliwości pomiarowe tego sprzętu, wskażą na trudności w interpretacji wyników pomiarów i podadzą przykład źródła hałasu. Problem hałasu spotęgował się w obiektach produkcyjnych. Wiadomo że koszty tzw. stałe, wynikające z utrzymania urządzeń technologicznych, szczególnie na duże moce (prasy, nożyce, krawędziarki, piły, lasery, plazmotrony, centra obróbcze, centra spawalnicze, śrutownice, wentylatornie, roboty np. do zgrzewania, piece zmuszają do ich koncentracji na małych powierzchniach. Mimo automatyzacji i robotyzacji operatorzy są narażeni na silny, stymulowany hałas. Pod pojęciem „skumulowany” należy rozumieć pochodzący z wielu źródeł jednocześnie – i to źródeł o różnym natężeniu, częstotliwości i rozkładzie w czasie. Ma tutaj miejsce często nawet tzw. dudnienie i „pisk” jako najgroźniejsze stany dla pracownika, wpływające wyraźnie na jakość pracy oraz straty wynikające z błędów produkcyjnych.

Ten stan poprawiany jest przez: okresowe kontrole natężenia hałasu, wyłumienie i ciągłe doskonalenie konstrukcji urządzeń produkcyjnych. Jednak w dużych obiektach produkcyjnych, gdzie urządzenia wytwórcze usytuowane są w sposób zwarty, z

zasilaniem o mocach rzędu 10, 100 lub nawet więcej kW natężenie hałasu często przekracza poziom szkodliwy nie tylko dla obsługi, ale i całego otoczenia [2]. Zostaną poniżej zaprezentowane tego przykłady

### **Opis zagrożeń od dźwięku**

Dźwięk może pochodzić od źródeł naturalnych (spadek wody, śpiew ptaków, szum drzew, huk lawin górskich, wyrzut lawy z wulkanu, gejzery, ale i np. szum fal morskich).

Jest szereg dźwięków nieuciążliwych dla człowieka, jak np. śpiew ptaków, drobnych owadów, ale i szum np. łąnu zboża.

Industrializacja narzuciła światu potęgowanie się dźwięków w: domu, miejscu pracy, miejscu wypoczynku, na trasach ruchu drogowego i lotniczego itd.

Są też dźwięki kojące, dające tzw. wyższe przeżycia, jak np. muzyka z instrumentów muzycznych. Pierwszy, muzycznie wykorzystany dźwięk, który wyznaczy początek historii muzyki, miał być dobrze wydobyty przez człowieka prehistorycznego na instrumencie dętym, strunowym, jak i każdym innym [3,4].

W muzyce dominuje dzisiaj dźwięk ze źródeł elektronicznych lub też preparowanych poprzez obróbkę cyfrową.

Dawniej w odtwarzaniu dźwięku królowały urządzenia mechaniczne, nazywane nierzadko automatofonami. To pełnoprawne urządzenia muzyczne, wydające własne, sobie właściwe dźwięki – w nich zawsze wkompowany jest mechanizm. Często maszyna taka zastępuje całą orkiestrę, tzw. orchestron. W działaniu tychże urządzeń ważny jest „dostarczany” tzw. program wykonawczy. W tym miejscu łatwo przejść do problemu dźwięku nieharmonijnego, wręcz szkodliwego dla człowieka.

Pierwsza grupa wytworów technicznych, przetwarzających energię (maszyny wirujące, młoty, prasy, młyny, kafary itp.) to źródła dźwięku nieuporządkowanego. Ta właśnie ich cecha ważna jest w ochronie ucha ludzkiego przed przykrym przeżyciem.

Inne grupy urządzeń np. elektronicznych: radio, telefon, megafony itp. mogą być w nie mniejszym stopniu uciążliwe, często mogą też negatywnie wpływać na jakość pracy czy nawet stawać się przyczyną wypadków na stanowiskach pracy.

W przestrzeni otwartej np. w pracach leśnych, na polu lub też wysoko w powietrzu występują również dźwięki uciążliwe – na które jednakowo narażony jest człowiek, ptaki i zwierzęta.

Urządzenia techniczne wytwarzają dźwięki wskutek zjawisk mechanicznych: bombardowanie śrutem, drgań płatów, konstrukcji ażurowych, cienkich obudów, drgań membran itp. Dźwięk wytwarzają: wentylatornie, wyrzut plazmy, wyrzut strumienia pary, wody i gazów.[5]

Przykre syczenie pochodzi np. od promieniowania laserowego, czy też mikrostrugi do cięcia wodą.

### **Dźwięk i hałas – opis parametrów fizycznych**

Dźwięk pochodzi od zaburzenia falowego w okolicach sprężystych: stałych, ciekłych i gazowych. Dźwięk odczuwamy za pomocą aparatu słuchowego, jest to skutek zmiany ciśnienia w ośrodku (ciśnienie akustyczne) z odpowiednią częstotliwością. Zmiany poziomu dźwięku podaje się zwykle w decybelach [dB]. Najniższa wartość ciśnienia akustycznego przy częstotliwości 100 Hz wykrywanego przez ucho ludzkie wynosi średnio 20  $\mu$ Pa, natomiast próg bólu to 20 Pa. Częstotliwości słyszalne fal dźwiękowych leżą między 16 Hz a 20 kHz.

Fizyczne wielkości określające dźwięk to:

- ciśnienie akustyczne
- natężenie dźwięku
- widmo dźwięku

## **VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010**

- częstość składowa podstawowej w tym widmie lub częstość czystego tonu

Cechy subiektywne ważne dla słuchu to

- głośność dźwięku
- wysokość (dla  $f$  podstawowej)
- barwa dźwięku (dla widma)

Dźwięki długotrwałe dzieli się na:

- tony (dźwięki harmoniczne, sinusoidalne, o jednej częstości)
- złożone z tonów (wielotony, szумы)

Wśród dźwięków krótkotrwałych rozróżnia się szумы i trzaski.

Dźwięki w środowisku przemysłowym i nie tylko są zwykle przebiegami zmiennymi w czasie, trudnymi do precyzyjnego opisu i klasyfikacji. W niniejszym opracowaniu eksponowane będą: hałas, trzaski, i szумы.

### **Cechy pomiarowe przyrządów produkcji firmy SONOPAN**

W pomiarach fabrycznych Autorzy używają przyrządu typu DSA-50.

Główne dane techniczne to:

- mikrofon pojemnościowy ½" WK-21
- zakres pomiaru: 20-135 dB
- zakres dynamiczny: 80 i 70 dB [...]
- wyświetlacz LCD
- interfejs USB 1.1
- wejście AC
- zasilanie: akumulator wewnętrzny

Inne funkcje i możliwości pomiaru podane są w katalogach firmy [1].

Podobne dane, i też rozszerzone, dotyczące analizy dźwięku i przesyłu sygnału do komputera firma wyszczególnia oddzielnie dla różnych typów mierników i rejestratorów [1].

### **Pomiary hałasu w fabryce produkującej maszyny**

Nowe warunki ekonomiczne po roku 1990 zmuszają właścicieli fabryk np. maszynowych do „zagęszczania” urządzeń produkcyjnych w halach, często pochodzących z czasów głębokiego socjalizmu. Są to obiekty o słabej izolacji cieplnej, stwarzające trudności w wytłumianiu np. hałasu na dużych powierzchniach. W nowych halach też zakłada się lokalizowanie urządzeń-emiterów hałasu bez analizy kumulowania się dźwięków o różnych tonach i poziomie. Wprawdzie służby BHP i projektanci próbują nad tym panować, ale sprawy te giną w sferze obniżania kosztów tzw. stałych. Hałas jest uciążliwy w strefie prac tzw. prostych, ale i obiektów: zrobotyzowanych, nasyconych wysoką technologią i nawet tzw. sterylnych. [6] Praca w takich warunkach jest mordęgą dla ludzi.

Dochodzi tutaj jeszcze problem ciągłego modernizowania lub wprowadzania nowych maszyn przy stałej „geometrii” obiektu. Taka jest konieczność w konkurencji z wytwórcami na świecie.

Dla przybliżenia tych problemów w skali jednej firmy maszynowej „S”, wykonano pomiary hałasu: wartości max. I średnich (w czasie próby 10 sekund) we wnętrzu hal produkcyjnych. Hale te są zastawione maszynami: tradycyjnymi obrabiarkami, centrami obróbczymi CNC, prasami, stanowiskami do spawania, plazmotronami, laserami itp.

Zakład ten nie odbiega wyraźnie od poziomu nowoczesności firm z Europy Zachodniej.

Tabela 1. Wyniki pomiarów

Poz.	Urządzenie - maszyna	Hałas [dB]		Wielkość hali	Uwagi
		Max.	Śr.		
1	Tokarki TUR-50 CNC	P1-55	P1-43	21x9m, H=5m	Między maszynami 2
2	Spawalnica – 10 stanowisk	P2-100	P2-97	21x9m, H=5m	Istnieją kotary osłonne
		P3-98	P3-89	21x9m, H=5m	
3	Hala pras hydr. i bezwł. – uderzenia narzędzi	P5-115	P5-89,2	18x9m H=5m	P5 - prasa 160 T P7 – prasa 500 T
		P7-120	P7-89	18x9m H=5m	
4	Hala laserów (3 szt. – nowoczesne 4,5 kW-P8, 4 kW-P9, 2,5 kW-P10), nożyc (P18 i P19) i giętarek, 2 plazmotrony	P8- 90	P8- 90	48x22m H=10m	Na hali są: nożyce, piły, giętarki i montaż wstępny
		P9-90	P9-87,1	48x22m H=10m	
		P10-80	P10-74,6	48x22m H=10m	
		P18-92,5	P18-78	48x22m H=10m	Praca maszyn ciągła
5	Hala śrutownic i lakierni proszkowej (nowoczesne) P12-śrutownica mała 2,5x2,5x2,5m P13-j.w. stanowisko obijania spoin P14-śrutownica II z ruchomym rusztem (komora 6x2,5m) P15-stanowisko prostowania listew (uderzenia młotami i szlifowanie)	P12- 101	P12-83,7	48x18m H=10m	b. silny ogólny hałas silniki 30-45 kW, urządzenia firmy Technical Nowa Sól
		P13-113	P13-92,2	48x18m H=10m	
		P14-114,8	P14-90,6	48x18m H=10m	
		P15-115,8	P15-99,8	48x18m H=10m	
6	Pomiar tła hałasu w hali – jak w pozycji 5	P16-110-114	P16-85,2-90	Jak w punkcie 5	Tylko nieliczni pracownicy zakładają tłumiki na uszy

Pomiary wykonywano przyrządem typ DSA-50 usytuowanym na wysokości 1,5m w odległości ok. 1m od urządzenia.

Te wycinkowe pomiary wskazują, że warunki pracy są skrajnie trudne dla personelu. Hałas niszczy zdrowie, przyczynia się do niskiej wydajności, częstszego występowania błędów w produkcji, nie daje odpowiedniego komfortu przebywania w hali produkcyjnej.

W podanych wyżej pomiarów wynikają dwa główne wnioski:

1. Zagęszczenie maszyn powoduje krytycznie wysokie tzw. tło hałasu, groźne dla personelu z bliskiego otoczenia źródeł
2. Konstruktorzy maszyn i urządzeń dotrzymują wprawdzie norm na hałas, lecz jego emisja bliska jest górnej dopuszczalnej granicy nieszkodliwości dla aparatu słuchowego. Duże moce elektryczne urządzeń pośrednio temu sprzyjają.

#### Wnioski

- Przedstawiona krótka charakterystyka różnych źródeł dźwięku daje podstawę do zrozumienia złożoności problemu hałasu, emitowanego przez obiekty techniczne. Dotyczy to szczególnie urządzeń „nasyconych” elektrycznymi

## **VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010**

maszynami i odbiornikami energii dużej mocy (plazma, promień lasera, strumień gazu lub proszku).

- Obserwacje z pomiarów wykazują, że lokalne osłony maszyn produkcyjnych dobrze nie wyłumiają hałasu
- Podczas dostawiania nowych maszyn w halach i przy reorganizacji toku produkcji należy dokonywać pomiarów poziomu hałasu
- Należy uzmysławiać operatorom i średniemu personelowi w organizacji produkcji, że zbliżenie się do dopuszczalnego poziomu hałasu (określonego normami) może skutkować błędami w produkcji, obniżeniem wydajności i narastającym zmęczeniem ludzi.

### LITERATURA

- [1] Zespół instrukcji mierników hałasu – firma SONOPAN sp. z o.o.
  - Kalibratory akustyczne KA-50 i KA-10
  - Wskaźnik akustyczny WA-1
  - Dozometr DM-50, PD-40
  - Całkujący miernik poziomu dźwięku SON-50
  - Cyfrowy Miernik Poziomu Dźwięku DLM-101, DLM-100
  - Cyfrowy Analizator Dźwięku DSA-50
  - Przenośny Zestaw Analizatora Dźwięku DSA-50 ZWP
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 04.11.2008 – „Pomiary emisji...”
- [3] Prószyński S., Świat mechanizmów grających, *Wiedza Powszechna.*, Warszawa 1993,
- [4] Buchner, A., Encyklopedia instrumentów muzycznych, RAF-Scriba, Racibórz 1994
- [5] Królikowski, C., Namyślak, R., Niewiedzia, R., Charakterystyki eksploatacyjne plazmotronu łukowego do łańcucha tytanu i jego stopów”, *Materiały V Symposium Symulacja, pomiary i diagnostyka w elektrotechnice*, Politechnika Białostocka, Białystok 1996, S.201-210
- [6] Zmiana do normy PN:EN 61400-11:2004/A1 Turbozespoły wiatrowe cz. 11, Procedury pomiaru hałasu

**Autorzy:** mgr inż. Artur Tymiński, SONOPAN sp. z o.o., ul. Ciołkowskiego 2/2, 15-950 Białystok, E-mail: poczta@sonopan.com.pl

mgr inż. Maciej Szumski, PLUM sp. z o.o., Ignatki 27a, 16-001 Kleosin, e-mail: plum@plum.com.pl

dr inż. Piotr Barmuta, Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, ul. Wiejska 45d, 15-351 Białystok

prof. dr hab. inż. Kazimierz Cywiński, Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, ul. Wiejska 45d, 15-351 Białystok

mgr Emil Cywiński, P.B.P. RBC-Tech sp. z o.o., ul. Ciołkowskiego 88E, 15-545 Białystok

