

# Analiza zagrożeń akustycznych środowiska w ujęciu decybelowej algebry przetworzeń wyników pomiarowych

Data wpłynięcia do Redakcji: 05/2023  
Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 05/2023

2023, volume 12, issue 1, pp. 120-128

**Wojciech Batko**

Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie  
Instytut Politechniczny, Poland



**Streszczenie:** Kontrola i ocena stanu zagrożeń akustycznych środowiska posiada prawne uregulowania, zarówno w kraju jak i zagranicą. Algorytmizują one sposób wykonywania badań kontrolnych i oceny stanu zagrożeń akustycznych w środowisku. Ich rozwiązania mają jednak pewien nierozpoznany potencjał naukowy i aplikacyjny. Jest on związany z własnościami decybelowej algebry przetworzeń wyników pomiarowych. Podjęty w referacie zagadnienie, analizuje własności decybelowej algebry i powiązany z nią problem poprawność ujęcia przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu. Omawia ułomności obecnych metod stosowanej klasyfikacji przekroczeń, z punktu widzenia warunków ich percepcji przez człowieka działających nań zaburzeń akustycznych, jak i metrologicznych uwarunkowań związanych z oceną niepewności wyniku kontrolnego. Akcentują potrzebę poszukiwania nowej miary przekroczeń dopuszczalny wartości poziomu hałasu w środowisku. Przedstawia nową propozycje rozwiązania tego problemu. Podjęte w artykule rozważania kreślą ramy programowe do podjęcia szerszych dyskusji i badań, na celowością zmiany obecnych warunków klasyfikacji zagrożeń hałasowych w środowisku.

**Słowa kluczowe:** decybelowa algebra, identyfikacja zagrożeń hałasem, miary przekroczeń dopuszczalnego hałasu

## WPROWADZENIE

Analiza i kontrola stanu zagrożeń akustycznych środowiska posiada szczegółowe, prawne uregulowania, zarówno w kraju jak i zagranicą. Formalizują one sposób wykonywania badań kontrolnych stanu zagrożeń akustycznych na stanowiskach pracy, jak i w środowisku zewnętrznym, a także warunki klasyfikacji uzyskanych wyników. W przypadku przekroczeń dopuszczalnych wartości poziomu hałasu, obecne w nich przepisy narzucają: *(podmiot odpowiedzialnym za zapewnienie właściwych warunków środowiskowych)*; podjęcie określonych działań prowadzących do minimalizacji ich skutków, bądź ich likwidacji, pod odpowiednimi rygorami prawnymi i administracyjnym je obowiązującymi. Punktem wyjścia do realizacji takich działań są wyniki monitoringu akustycznego środowiska wyrażane miarami decybelowymi, wykonywane przez uprawnione jednostki kontrolne. Są one opracowywane zgodnie z przynależną jej decybelową algebrą. Jej relacje przetworzeń decybelowych wyników pomiarowych wynikają z

psycho-akustycznego prawa Webera-Fechnera, który określa warunków odbioru przez człowieka zaburzeń akustycznych działających na jego organizm człowieka. Algebra przetworzeń bazy wyników "liczb decybelowych" [4, 6, 7] różni się od algebry operacji na liczbach euklidesowych. Dotyczy to powszechnie stosowanych wzorów: na dodawanie i odejmowanie poziomów dźwięku, uśrednień bazy decybelowych wyników pomiarowych, *powielania*  $k \cdot L$  [dB] – tj. mnożenia przez skalar  $k$  określonego poziomu dźwięku  $L$ , oraz „dzielenia, czyli odniesień  $\frac{A [dB]}{B [dB]}$ ” względem siebie dwu poziomów dźwięku.

Jej relacje obliczeniowe zostały wyprowadzone przy warunku niekoherentności rozpatrywanych zaburzeń akustycznych, co w odniesieniu do środowiskowych badań akustycznych jest założeniem akceptowalnym. Problem analizy możliwych błędów obliczeniowych jakie mogą pojawić się w sytuacji koherentności źródeł hałasu był analizowany w pracach [3]. W praktyce środowiskowych badań akustycznych, związanej z opracowywaniem wyników pomiarowych zauważono jednak pewien paradoks obliczeniowy [9, 10], który przy dodawania dwóch poziomów dźwięku o zerowej wartościach decybelowych generuje, wynik o wartości 3 decybeli. Ten przypadek nie znalazł właściwych interpretacji.

Wyjaśnieniem tej niezrozumiałej sytuacji zajął się autor [1]. Przeprowadził ją na gruncie analizy poprawności aksjomatyki wymaganej od algebry. Dokonał niezbędnych modyfikacji [2], obecnej w powszechnym użytkowaniu w akustyce środowiska decybelowej algebry przetworzeń wyników pomiarowych. Stwierdził, że potrzeba jej korekty może mieć miejsce przy przetworzeniach poziomów dźwięku o małych wartościach, przede wszystkim w operacjach odejmowania poziomów dźwięku. Powiązał potrzebę ich potencjalnych aplikacji z kwestiami obliczeniowymi odnoszącymi się do badań pola akustycznego w specjalnych pomieszczeniach; (np. studiach radiowo-telewizyjnych, w komorach bezechowych); a także w badaniach otoczenia w których te urządzenia, bądź obiekty się znajdują. Zwrócił uwagę na ich istotność przy estymacji niepewności typu B wyniku kontroli stanu zagrożeń akustycznych środowiska.

Pomiarowy wymiar przetworzeń decybelowych wyników pomiarowych; (*i powiązana z nim konieczności stosowania zmodyfikowanej przez autora decybelowej algebry*); ma również pełne odniesienia do praktyki kontroli stanu zagrożeń akustycznych środowiska. Mają bowiem niej miejsce rozwiązania, rzutujące na pojawienie się wątpliwości względem ich interpretacji, poprawności kwantyfikacji warunków odbioru zagrożeni akustycznych przez człowieka.

Ich wyakcentowanie jest tematem artykułu. Analizuje poprawność ujęcia przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu w środowiska, bazującego na wyniku euklidesowej miary odległości oceny kontrolnej od wartości normatywnych. Omawia ułomności takiej klasyfikacji z punktu widzenia warunków percepcji przez człowieka działających nań zaburzeń akustycznych, jak i metrologicznych uwarunkowań związanych z oceną niepewności wyniku kontrolnego. Wiąże problem ułomności obecnych postępowań z nieprzestrzeżenie

reguł – jaki jest wymagany od procesu identyfikacyjnego związanego z realizacją podjętych zadań badawczych – w właściwie dobranej mu metrycznej przestrzeni pomiarowej. Akcentuję potrzebę poszukiwania nowej miary przekroczeń dopuszczalnej wartości poziomu hałasu w środowisku. Jej wartości winny odwzorowywać warunki oceny percepcją przez człowieka zaburzeń akustycznych na które jest on narażony, i ich obliczeń w algebrze przyjętej dla opracowania decybelowych wyników pomiarowych je opisujących.

Artykuł przedstawia propozycje nowego podejścia do tego problemu, charakteryzującego się powiązaniem rozwiązań klasyfikacyjnych z warunkami odbioru przez człowieka ponadnormatywnych poziomów hałasu.

Jego treści budują ramy programowe do podjęcia szerszych dyskusji i badań na celowość zmiany obecnych warunków klasyfikacji istniejących zagrożeń hałasowych w środowisku.

## **SFORMULOWANIE ZADANIA IDENTYFIKACJI PERCEPCJI PRZEZ CZŁOWIEKA ZAGROŻEŃ AKUSTYCZNYCH ŚRODOWISKA**

### **Uwarunkowania identyfikacyjne rozpoznania stanu zagrożeń akustycznych środowiska**

W przypadku pomiarów i analiz stanu zagrożeń akustycznych środowiska posługujemy się w rozpoznaniach badawczych liczbami decybelowymi, tj. poziomami dźwięku  $L = 10 \lg \frac{p_{RMS}^2}{p_0^2}$ . Ich wartości są definiowane wartościami 10 logarytmów ze stosunku energii zaburzeń ciśnienia akustycznego  $p(t)$  do umownej wartości energii ciśnienia  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  [Pa] odniesienia, związanego z progiem słyszenia tj. z wartością minimalnych, identyfikowalnych wrażeń słuchowych u człowieka wywołanego tym bodźcem.

Przyjęcie takiej reprezentacji liczbowej w pomiarach akustycznych jest związane z psycho-akustycznym prawem Webera-Fechnera [6], które określa percepcję przez człowieka tych bodźców fizycznych. Sprowadza ono kwestię opisu zagrożeń akustycznych środowiska wyrażoną liczbami decybelowymi do badań warunków odbioru zaburzeń ciśnień przez człowieka, tj. jego odczuć tych bodźców fizycznych i powiązanych z nimi uciążliwości, a także ich wpływie na jego stan zdrowotny.

Zadanie identyfikacji stanu zagrożeń akustycznych środowiska w decybelowej przestrzeni pomiarowej wymaga realizacji określających je czynności, w odpowiedniej zdefiniowanej dla nich przestrzeni metrycznej.

Mówiąc o przestrzeni metrycznej dla środowiskowych analiz identyfikacyjnych stanu zagrożeń akustycznych środowiska, należy mieć na uwadze poprawnie przyjętą w badaniach:

- algebrę obliczeń na zbiorach wartości liczb decybelowych, zapewniającą poprawny modelowy opis percepcji przez człowieka oddziałujących nań zaburzeń akustycznych, i zgodną z aksjomatyką wymaganą od rachunku algebr;

- miarę odległości (metrykę), pozwalającą analizować różnicę pomiędzy decybelowymi wartościami wyników pomiarowych, w sposób zgodny z naszą percepcją różnicy ich oddziaływać na nasz organizm.

Warunkują one wykonanie ocen zagrożeń akustycznych, mających wymaganą interpretację ich skutków na organizm człowieka. Ich przestrzeganie pozwoli wyeliminować paradoksy interpretacyjne jakie są dzisiaj obecne w procesie identyfikacyjnym stanu zagrożeń akustycznych środowiska, realizowanym poprzez powszechnie stosowane reguły analizy decybelowych wyników pomiarowych.

### Algebra przetworzeń decybelowych wyników pomiarowych

Skutki ich wzajemnych oddziaływać zaburzeń akustycznych działających na organizm człowieka są opisywanych liczbami decybelowymi, są ujmowane relacjami:

- „+” poziomów dźwięku  $L_1$  i  $L_2$ :

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \lg[10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2}]$$

która wynika z decybelowego opisu fizycznego sumowania dwóch zaburzeń akustycznych  $p_1$  i  $p_2$ :

$$L_{\Sigma(p_1+p_2)} = 10 \lg \frac{[p_1 + p_2]^2}{p_0^2}$$

przy warunku ich niekoherentności tj.:  $p_1 p_2 \cong 0$

- „-” odejmowania poziomów dźwięku  $L_1$  i  $L_2$ :

$$L_1 \ominus L_2 = 10 \lg[10^{0.1L_1} - 10^{0.1L_2}]$$

- sumowania  $n$ -wartości poziomów dźwięku:

$$\cup L_i = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}$$

- „ $k \boxtimes L$ ” mnożenia poziomu dźwięku  $L$  przez skalar  $k$ :

$$k \boxtimes L = L + 10 \lg k$$

- „uśrednień”,  $n$  - wartości poziomów dźwięku

$$\bar{L} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}$$

- „skalowania” wyrażonego odniesieniami względem siebie wielkości pomiarowych  $L_1/L_2$

$$L_1(/)L_2 = 10^{0.1(L_1-L_2)}$$

Stanowią one bazę aksjomatyki „decybelowej algebry” [6], dedykowanej przetworzeniom decybelowej bazy wyników pomiarowych, pozwalających budować oceny stanu zagrożeń akustycznych środowiska.

Tak określona algebra przetworzeń bazy decybelowych wyników pomiarowych winna być zgodna z aksjomatyką wymaganą od algebry [8]. Musi spełniać warunki:

- a)  $x_1, x_2 \in X; x_1 + x_2 \in X$ ; warunek istnienia operacji dodawania

(jest określony w decybelowej algebrze, poprzez operacje

$$L_1 + L_2 = 10 \lg[10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2}]);$$

- b)  $x_1 + x_2 = x_2 + x_1$ ; warunek przemienności operacji dodawania;

- c)  $(x_1 + x_2) + x_3 = x_1 + (x_2 + x_3)$ ; warunek rozdzielności operacji dodawania;  
 d) istnienie elementu zerowego element  $x = 0$ ;  
 e)  $x + 0 = x$ ; warunek Archimedes;  
 f)  $x + y = 0$ ; obecność elementu  $y = -x$  przeciwnego do  $x$ , tj.  $x + (-x) = 0$ .

Analizując praktykę kontroli stanu zagrożeń akustycznych w środowisku i obecne w niej reguł opracowania wyników pomiarów wyrażonych w decybelach, zauważono w niej pewien paradoks [9, 10]. Polega on na uzyskaniu, przy sumowaniu poziomów dźwięku dwóch źródeł o wartościach zerowych, wyniku 3 dB, zamiast 0 dB, co wynika z niezgodność warunku (e). Potrzeba jego wykluczenia oraz usunięcia pewnych niezgodności jakie są w aksjomatyce decybelowej algebry, w tym warunku (f):  $L_1 - L_1 = 10 \lg [10^{0.1L_1} - 10^{0.1L_1}]$  generującej operację nieokreśloną dla decybelowych liczb przeciwnych, została podjęta przez autora i przedstawiona w pracach [1, 2]. Prezentowane są w nich niezbędne korekty decybelowej algebry, eliminujących powyższe wady i odwołujące się do warunków percepcji zaburzeń akustycznych przez człowieka.

Ich modyfikacje mają postać :

$$\begin{aligned}
 L_1 \oplus L_2 &= 10 \lg [10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} - 1] \\
 L_1 \ominus L_2 &= 10 \lg [10^{0.1L_1} - 10^{0.1L_2} + 1] \\
 \cup L_i &= 10 \lg [\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} - (n - 1)] \\
 k \boxdot L &= A + 10 \lg k + 10 \lg \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{k} \right) 10^{-0.1A} \right] \\
 \overline{L_1 + L_2 + \dots + L_n} &= 10 \lg \frac{1}{n} \{ \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} - (n - 1) \} \\
 L_1 (/) L_2 &= 10^{0.1(L_1 - L_2)} \cdot \frac{1 - 10^{-0.1L_1}}{1 - 10^{-0.1L_2}}
 \end{aligned}$$

Z nimi również wiąże się wybór miary (metryki) dla porównań liczb decybelowych określających identyfikacyjny proces oceny zagrożeń hałasowych, w sposób zgodny z odczuwalnymi przez człowieka różnicami działającymi na poziom hałasu.

### Warunki porównań decybelowych wyników pomiarowych

Powszechnie stosowana miara w badaniach kontrolnych zagrożeń akustycznych środowiska, określona różnicami zaobserwowanych poziomów hałasu od wartości dopuszczalnych  $\rho_i = L_i - L_{dop}$ ; dla  $i = 1, 2, \dots, n$  **nie spełnia wymogów metryki** [8], jakie są wymagane przy modelowaniu obserwacji pomiarowych w decybelowej metrycznej przestrzeni pomiarowej.

Metryka służąca porównaniom  $\rho_i$  wyników pomiarowych  $X$  w procesie identyfikacyjnym dowolnych zjawisk, musi bowiem mieć własności spełniające poniższe warunki:

- a)  $\rho(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$   
 b)  $\forall x, y \in X: \rho(x, y) = \rho(y, x)$  (warunek symetrii)  
 c)  $\forall x, y, z \in X: \rho(x, y) \leq \rho(x, z) + \rho(z, y)$  (warunek trójkąta)

W przypadku identyfikacji zagrożeń akustycznych środowiska – stosowana w obecnych procesach kontrolnych euklidesowa miara – określona odstępstwami zaobserwowanych poziomów hałasu od wartości dopuszczalnych – nie jest właściwa. Nie spełnia wymaganego od metryki warunku nierówności trójkąta określonego odległościami  $\rho_i$ .

Przykładowo:

Przy wartości dopuszczalnej 45 [dB] zaobserwowano w pomiarach kontrolnych poziomy hałasu:  $L_1 = 55$  [dB],  $L_2 = 50$  [dB],  $L_3 = 50$  [dB].

Dla tych wartości kontrolnych, uzyskane przekroczenia wg. obecnie stosowanych kryteriów wynoszą  $\rho_1 = 55 \text{ dB} - 45 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$ ,  $\rho_2 = 50 \text{ dB} - 45 \text{ dB} = 5 \text{ dB}$ ,  $\rho_3 = 50 \text{ dB} - 45 \text{ dB} = 5 \text{ dB}$ .

Nie spełniają one warunków poprawnej metryki bowiem :

$$\rho_2 + \rho_3 = 5 \text{ dB} + 5 \text{ dB} = 8 \text{ dB} < \rho_1 = 10 \text{ dB}$$

Oznacza to nieprawidłowość obecnie stosowanych miar przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu – w postaci różnicy odległości wyników pomiarowych – do właściwej kwantyfikacji ich percepcji przez człowieka. Uzyskany wyniki nie odwzorowują w sposób właściwy ich odbiór przez człowieka, a tym samym ich wpływ na potencjalna ich zdrowotną szkodliwość.

Nie można uzyskanego wyniku opartego na takiej mierze związać z relacjami współdziałań zaburzeń akustycznych kształtujących stan zagrożeń środowiska.

Przykładowo:

Niech zaobserwowano w pomiarze kontrolnych poziom hałasu  $L = 55$  [dB], przy poziomie dopuszczalnym hałasu w środowisku  $L_{dop} = 53$  [dB].

- Oszacowane przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu  $\rho = L - L_{dop} = 55 \text{ [dB]} - 53 \text{ [dB]} = 2 \text{ [dB]}$  jest **praktycznie nieodczuwalne przez człowieka** [ ]. Percepcja przez człowiek zaburzeń akustycznych ma miejsce przy poziomach większych od 2.7 [dB].
- Obniżenie poziomu hałasu o wartość 2 [dB] w analizowanym przypadku, **daje wynik niezgodny** z decybelową algebrą współdziałań zaburzeń akustycznych kształtujących. Jego współdziałaniem z poziomem dopuszczalnym  $\rho + L_{dB} = 2 \text{ [dB]} + 53 \text{ [dB]} \cong 53 \text{ [dB]}$  daje wynik różny od danych wejściowych równych 55 [dB] przyjętych do analizy.
- Tak **oszacowane przekroczenia są mniejsze o niepewności wyników** pomiarów środowiskowych, które jak wynika z raportu [5] z wieloletnich badań pracowników z (M4WT) Uniwersytetu w Saalforda kształtują się na poziomach określonych wartościami bliskimi 5 [dB] . Oznacza to , że działania administracyjne powiązane z karnymi decyzjami względem podmiotów generujących stwierdzone zagrożenia hałasowe o **poziomach mniejszych od 5 [dB] są niewiarygodne**. Niepewność procesu kontrolnego jest bowiem na poziomie porównywalnym z oszacowanymi w procesie kontrolnym zagrożeniami hałasowymi.

Właściwą miarą porównań decybelowych wyników  $x_i$  oraz  $y_i$  w procesie kontroli zagrożeń hałasowych; (w tym przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu) – spełniającymi aksjomaty wymagane od metryki – może być:

$$\rho_i = 10 \lg |10^{0.1x_i} - 10^{0.1y_i} + 1|$$

Jak wykazano w pracy [1] miarą porównań decybelowych wartości  $x_i$  oraz  $y_i$  w procesie identyfikacji zagrożeń hałasowych może również być :

$$\rho_i = \frac{|x_i - y_i|}{\sqrt{1+x_i^2}\sqrt{1+y_i^2}} \cong \left| \frac{1}{y_i} - \frac{1}{x_i} \right|$$

która użyta do oceny przekroczeń wartości dopuszczalnych  $y_i = L_{dop}$ ; dla  $i = 1, 2, \dots, n$  będzie określona relacją:

$$\rho_i \cong \left| \frac{1}{L_{dop}} - \frac{1}{L_i} \right| \text{ dla } L_i; i = 1, 2, \dots, n$$

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i$$

### PROPOZYCJA NOWEGO ALGORYTMU OCENY PRZEKROCZEŃ DOPUSZCZALNYCH POZIOMÓW HAŁASU W ŚRODOWISKU

Aplikacyjnym sposobem estymacji przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu – w poprawny sposób odwzorowujący warunki ich odbioru przez człowieka – może być sprowadzenie tego zadania do skalarne go wymiaru decybelowej zmienności zagrożeń środowiska. Wykorzystać w tym celu można skalarną reprezentację decybelowej przestrzeni zagrożeń hałasowych poprzez normalizację zagrożeń hałasowych  $L_i$ ;  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  do wartości dopuszczalnych

$\tilde{L}_i = \frac{L_i}{L_{dop}}$ ;  $i = 0, 1, 2, \dots, n$ . Przedstawiona normalizacja jest operacją przejścia z decybelowej przestrzeni percepcji zjawisk akustycznych do euklidesowej przestrzeni obliczeń na liczbach euklidesowych.

Wykonać ją należy zgodnie z operacją dzielenia :

$$\tilde{L}_i = \frac{L_i}{L_{dop}} = 10^{(L_i - L_{dop})} = k_i; i = 0, 1, 2, \dots, n$$

przez siebie poziomów dźwięku . Uzyskany w takiej operacji wynik jest skalarnym przedstawieniem zmienności zagrożeń hałasowych. Sprowadza proces analizy zagrożeń hałasowych do analizy reprezentującego go ciągu skalnych wartości  $k_i$ ;  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  . Umożliwia wykonywania dalszych na nim operacji, tj. wyznaczenie wartości charakteryzującej średni poziom przekroczeń obecnych w kontrolowanym środowisku. Będzie on określony operacją powrotu, z reprezentacji zmienności ciągu wartości skalnych danej jej wartością średnią:  $\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i$   $i = 0, 1, 2, \dots, n$  do decybelowej reprezentacji  $L_{dop}^p$  średniej wartości przekroczeń dopuszczalnego poziomu hałasu:

$$\overline{L_{dop}^p} = L_{dop} + 10 \lg (\bar{k})$$

Możliwa też jest normalizacja  $\frac{L_i - L_{dop}}{L_{dop}} = \frac{\Delta_i}{L_{dop}} = c_i$ ;  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  która po wyliczeniu  $\bar{c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i$  pozwoli oszacować średni poziom przekroczeń  $\bar{\Delta}$

$$\bar{\Delta} = L_{dop} + 10 \lg (\bar{c})$$

## PODSUMOWANIE

W artykule dokonano analizy celowości podjęcia analizy nad problemem zmiany obowiązujących reguł kwantyfikacji zagrożeń akustycznych środowiska, obecnych w procesach ich kontroli. Wypunktowano brak poprawności metodologicznej w posługiwaniu się aktualnie stosowanymi w praktyce akustyki środowiskowej euklidesowymi miarami przekroczeń wartości dopuszczalnych poziomów dźwięku, jakie mają miejsce w procesach decyzyjnych. Nakreślono powiązane z nimi aplikacyjne konsekwencje.

Rozważania związane z analizą wymagań jakie powinny być uwzględnione przy wyborze metryki porównań liczb decybelowych w procesach identyfikacyjnych. Powinna mieć na uwadze warunkami percepcji przez człowieka zaburzeń akustycznych określonych liczbami decybelowymi, a także uwzględniać algebrę przetworzeń wyników pomiarowych jakie obowiązują w identyfikacyjnych procesach realizowanych w metrycznych przestrzeniach stanu.

## LITERATURA

- [1] Batko W.: Modifications of Computational Formulae of Decibel Algebra Applied in Acoustics. *Acta Physica Polonica* 2011 Volume 119, pp. 909-912.
- [2] Batko W.: 0 dB + 0 dB soll 0 dB sein, nicht 3 dB. *Fortschritte der Akustik* 2012 , Darmstadt. ed. Holger Hanselka. Berlin, Deutsche Gesellschaft fuer Akustik 19-22.
- [3] Batko W., Bąkowski A., Radziszewski L.: ANALYSIS OF SELECTED RULES OF DECIBEL TRANSFORMATIONS OF MEASUREMENT RESULTS IN ACOUSTIC STUDIES OF TRAFFIC NOISE. *Applied of Mechanics* 11,2022.
- [4] Bress H.J.: Rechnen mit Pegelgroessen, Mathematischer Umgang mit Dezibelwerten. Druck K.Larsen \$ Son A/S – DK 2600 Glostrup, 2 Auflage, 1987.
- [5] Craven N.J., Kerry G.: A Good Practice Guide on the Sources and Magnitude of Uncertainty Arising in the Practical Measurement of Environmental Noise. DTI Project 2.2.1 – National Measurement System Programme for Acoustical Metrology. School of Computing, Science & Engineering, Salford M5 4WT, 2007.
- [6] Chun-Mei Gong, Jiao Peng and Jing Wang, Tropical algebra for noise removal and optimal control, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 2023, Vol. 42(1) pp. 317-324.
- [7] EN ISO 3746: 2011, Acoustics. Determination of sound power level on noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement Surface over a reflecting plan.
- [8] Górniewicz L., Ingarden R.S.: Analiza matematyczna dla fizyków. T.1 Wyd. Uniwersytet Toruński, Toruń 2004.
- [9] Hoffman H., Luepke A.: 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1975.
- [10] Maue J.H. 0: Decibel+0 Decibel=3 Decibel. Decibel numbers calculus, mathematical relations in sets of decibel numbers. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2009.



## **Analysis of Acoustic Hazards of the Environment in Terms of Decibel Algebra Transformation of Measurement Results**

**Abstract:** Control and assessment of the state of environmental acoustic hazards has legal regulations, both at home and abroad. They algorithmize how to perform control studies and assess the state of acoustic hazards in the environment. However, their solutions have some unrecognized scientific and application potential. It is related to the properties of the decibel algebra of transformation of measurement results. The issue taken up in the paper, analyzes the properties of the decibel algebra and the related problem of the correctness of capturing exceedances of acceptable noise levels. It discusses the shortcomings of the current methods used to classify exceedances, from the point of view of their perception by humans of acoustic disturbances acting on them, as well as metrological conditions associated with the assessment of uncertainty of the control result. I emphasize the need to look for a new measure of exceedances of permissible values of noise levels in the environment. It presents a new proposal for solving this problem. The considerations undertaken in the article outline the program framework for undertaking broader discussions and research, on the desirability of changing the current conditions for the classification of noise hazards in the environment.

**Keywords:** Decibel algebra, noise hazard identification, measures of noise exceedances

### **Wojciech Batko**

Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie,  
Instytut Politechniczny  
Rynek 1, 38-400 Krosno, Poland  
tel. +48 603-637-608  
e-mail: batko@agh.edu.pl