

Mjr dr inż. Dariusz RODZIK
 Mgr inż. Stanisław GRZYWIŃSKI
 Dr inż. Stanisław ŻYGADŁO
 Mgr inż. Jakub MIERNIK
 Wojskowa Akademia Techniczna

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.294

BADANIA WARUNKÓW PRACY LOKATORA AKUSTYCZNEGO

Streszczenie: W artykule opisano organizację i przebieg badań warunków pracy lokatora akustycznego zainstalowanego na bezzałogowym statku latającym. Zaprezentowano również wybrane wyniki przeprowadzonych badań.

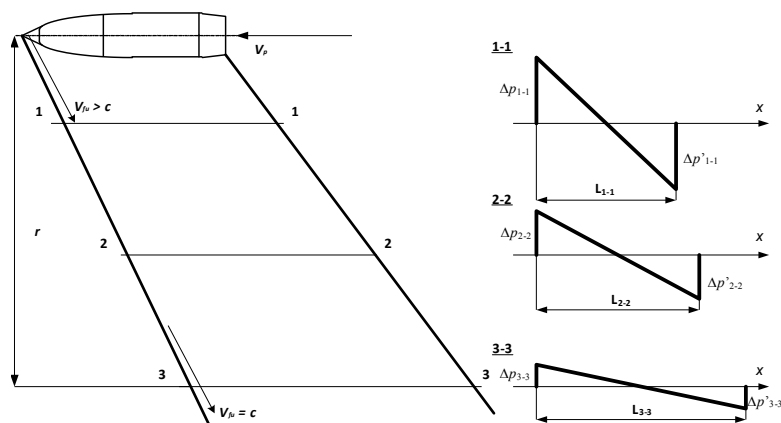
RESEARCH OF ACOUSTIC LOCATOR WORK CONDITIONS

Abstract: Organization and process research of acoustic locator installed on unmanned aerial vehicle (UAV) are described in the paper. Some research results are presented too.

Słowa kluczowe: pomiar fali N, lokator akustyczny
Keywords: N-wave measurement, acoustic locator

1. WPROWADZENIE

Oddziaływanie na ośrodek fal uderzeniowych powstałych na skutek ruchu pocisku z prędkością naddźwiękową (fale N) rozciąga się na znaczną odległość od toru jego lotu. Czoło przedniej i tylnej fali uderzeniowej stanowi powierzchnię silnych nieciągłości parametrów przepływu, które poruszają się wspólnie z pociskiem. Wraz ze zmianą odległości ulegają zmianie parametry fali N : amplitudy Δp i $\Delta p'$ oraz czas trwania L . Znajomość tych parametrów jest podstawą przy rozwiązywaniu zagadnień detekcji oraz określaniu współrzędnych pocisku. Wraz ze wzrostem odległości amplitudy Δp i $\Delta p'$ maleją, a czas trwania L fali N rośnie (rys. 1).



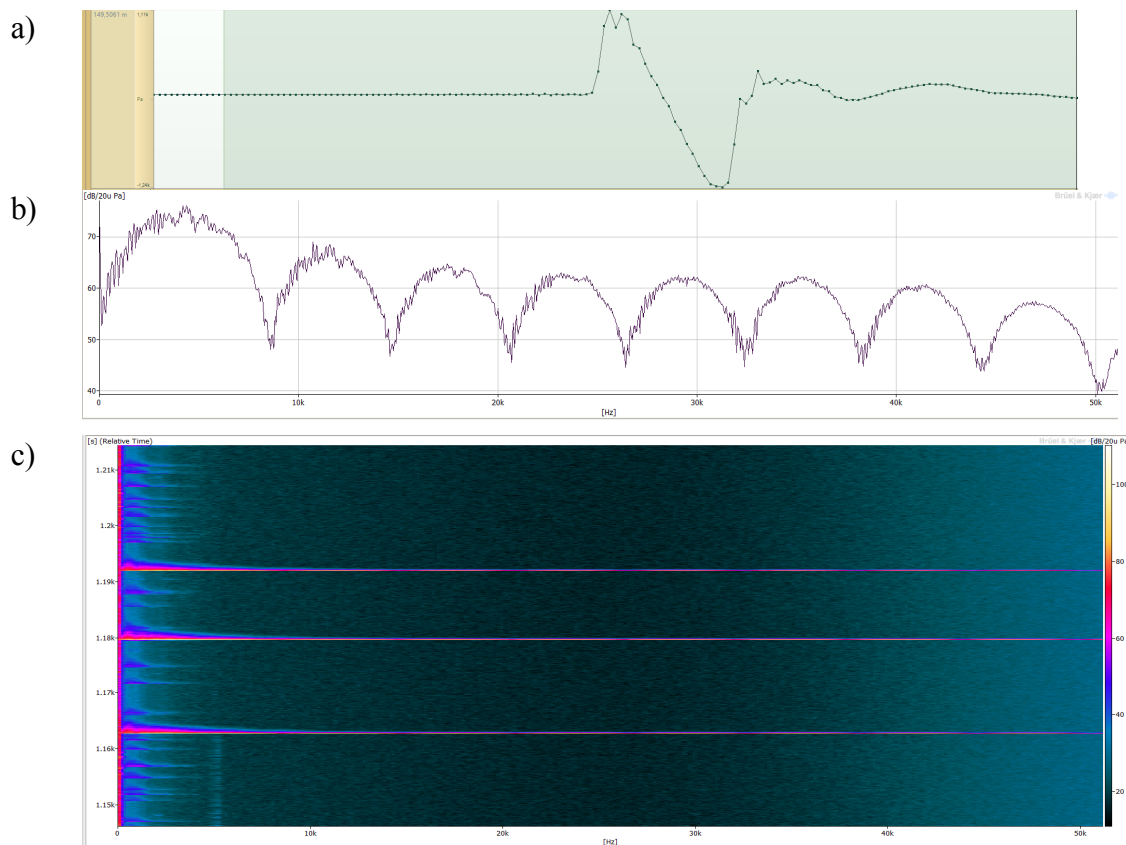
Rys. 1. Propagacja fali N w ośrodku sprężystym

Należy zaznaczyć, że prędkość rozchodzenia się zaburzenia V_{fu} wzdłuż czoła fali N jest większa od prędkości dźwięku c i zależy od amplitudy zaburzenia Δp i prędkości dźwięku c . Co więcej, rosnący wraz z odległością czas trwania fali N oznacza, że prędkość rozchodzenia się zaburzeń w ośrodku zmniejsza się wraz ze wzrostem odległości od źródła zaburzenia (pocisku) i maleje do prędkości dźwięku. Również podczas oddalania się zaburzenia jego wartości ciśnienia Δp i $\Delta p'$ maleją aż do wartości ciśnienia odniesienia ośrodka.

Zależności uwzględniające wpływ wielkości geometrycznych pocisku (kaliber, długość) na zmiany amplitudy Δp i czasu trwania L fali N można opisać równaniami Whithama [1], które wykorzystywane są najczęściej w zagadnieniach lokacji akustycznej pocisków. Urządzenia przeznaczone do wykrywania fal akustycznych generowanych przez obiekty znajdujące się w ośrodku i wyznaczania na podstawie wykrytych zaburzeń współrzędnych określających położenie obiektów nazywane są lokatorami akustycznymi (LA).

Obecnie poszukuje się efektywniejszych sprzętowo i algorytmicznie metod detekcji, lokacji, rozpoznawania i klasyfikacji obiektów, które stanowią źródło fal dźwiękowych. Jedną z wielu możliwości sprzętowego rozwiązania akustycznego lokatora jest jego implementacja na bezzałogowym statku latającym (BSL). Dzięki takiemu podejściu można znacząco poszerzyć możliwości LA i wykorzystać jego zalety w innych obszarach zastosowań. Realizacja tego zadania wiąże się z określeniem wartości poziomu wibracji i emisji akustycznej wywołanych pracą elementów mechanicznych BSL oraz z wyznaczeniem stosunku S/N dla stosowanej aparatury pomiarowej. Wykonano serię pomiarów, aby określić wartości parametrów drgań i emisji akustycznej dla zaprojektowanego modelu lokatora.

Rysunek 2 przedstawia przykładowy przebieg czasowy i widma FFT i STFT fali N od pocisku kalibru 7,62 mm, zarejestrowane aparaturą pomiarową firmy Brüel & Kjær, szczegółowo opisaną w literaturze [2].

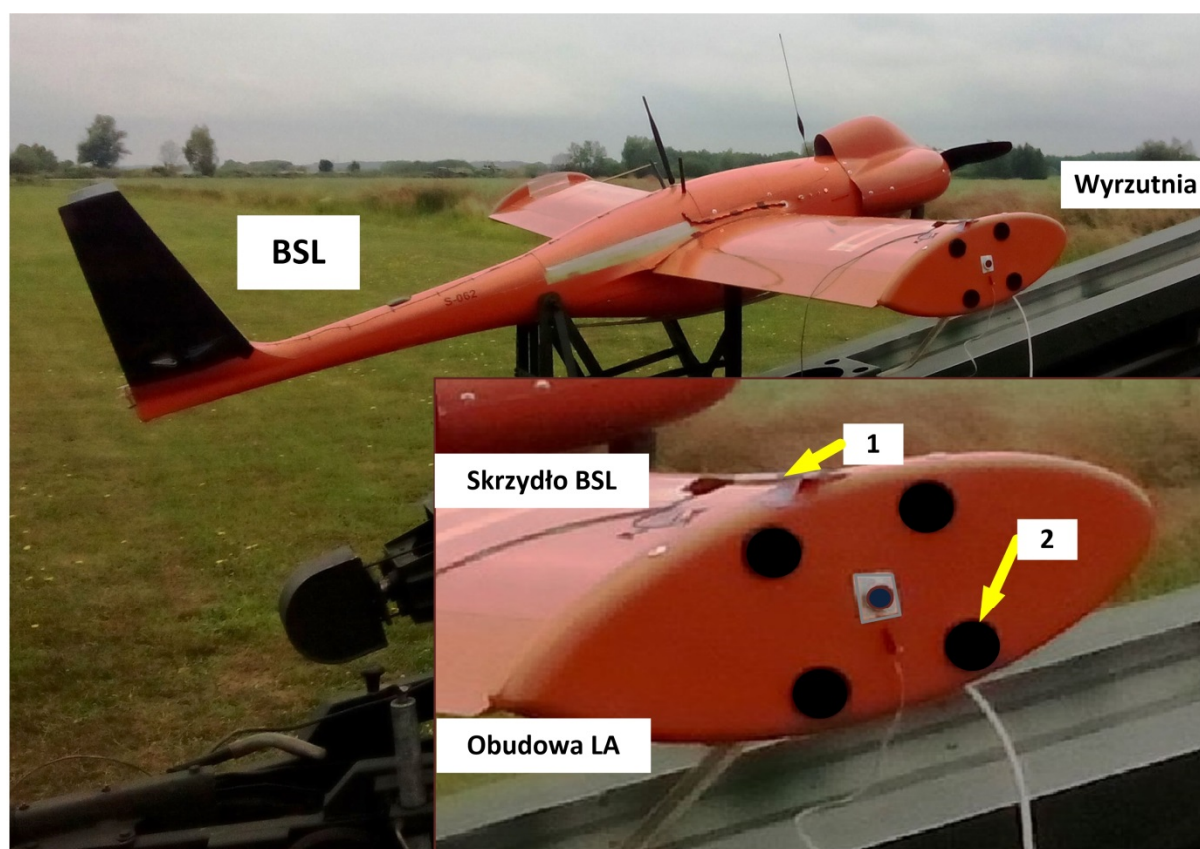


Rys. 2. Przebieg czasowy (a) oraz charakterystyki widmowe FFT (b) i STFT (c) fali N

Układ pomiarowy rejestrujący zaburzenie fali N został skonfigurowany do pracy z częstotliwością próbkowania 130 kHz oraz zakresem dynamicznym odpowiednio dobranym do rejestracji sygnałów o poziomie ciśnienia akustycznego równego 170 dB. Zarejestrowana amplituda sygnału $\Delta p = 1,1$ kPa oraz czas trwania $L = 200$ μ s pozwala stwierdzić, że pocisk przeleciał w przedziale odległości 2÷3 m od czujnika pomiarowego, co potwierdza pomierzoną odległość.

Niniejszy artykuł opisuje przebieg badań warunków pracy LA zainstalowanego na skrzydle nosiciela – bezzałogowego statku latającego (BSL) (rys. 3). Celem badań było określenie poziomu zakłóceń, drgań i emisji akustycznej, wywołanych lotem i pracą elementów mechanicznych BSL, i porównanie wartości jego parametrów z wartością parametrów fali N od pocisku kalibru 7,62 mm (rys. 2).

Poziom zakłóceń mierzony był w polu obudowy LA (rys. 3) w kolejnych fazach lotu BSL.



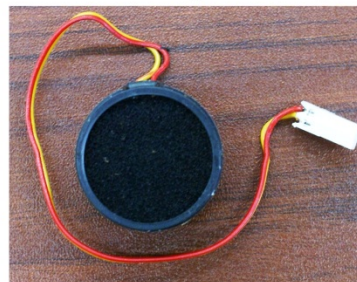
1. Mikrofon pojemnościowy (wzorcowy) 4135



PW 2619



2. Wkładka mikrofonu dynamicznego PM601 Dixon



Rys. 3. Sposób rozmieszczenia mikrofonów na BSL

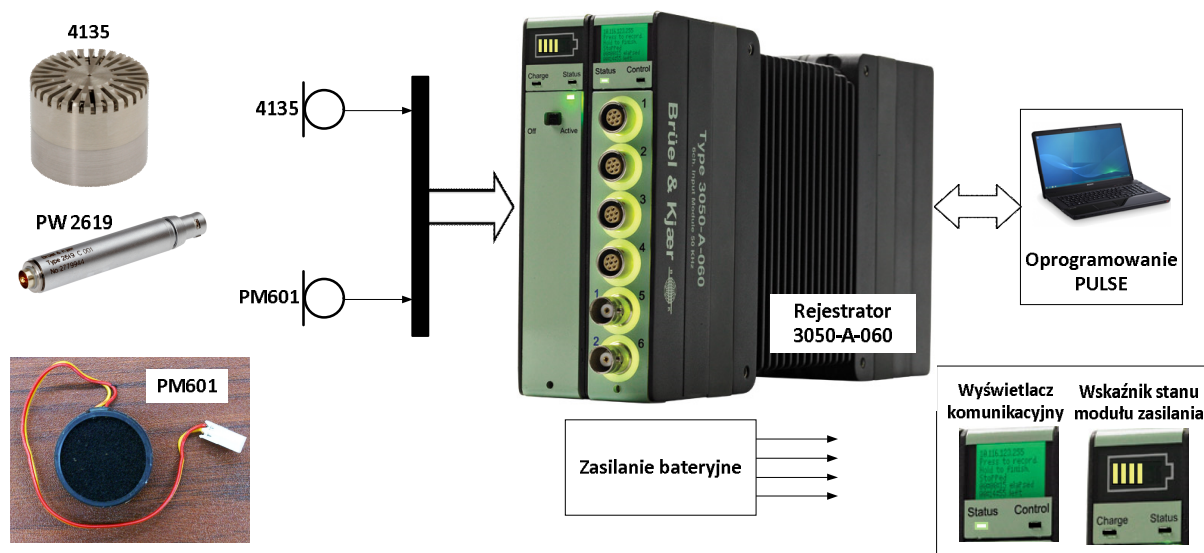
2. ORGANIZACJA I PRZEBIEG BADAŃ

W czasie badań inicjowano kolejno start i lot BSL przy włączonej aparaturze pomiarowej przez czas wystarczający do zapisu emisji zakłóceń w trakcie startu i lotu BSL. Od startu do lądowania BSL, wykonano i rejestrowano serię pomiarów emisji zakłóceń z dwóch typów czujników, rozmieszczonych w obudowie na skrzydle BSL (rys. 3).

Tor pomiarowy składał się z następujących elementów:

- rejestrator typu 3050-A-060 wraz z oprzyrządowaniem (parametry w artykule [2]);
- moduł baterii typu 2831 o pojemności 6400 mAh , przeznaczony do zasilania rejestratora napięciem wyjściowym 14.8 V , zapewniający przeszło 7 h rejestracji danych;
- wzorcowy mikrofon pojemnościowy $\frac{1}{4}$ ” typu 4135 z przedwzmacniaczem $\frac{1}{4}$ ” typu 2619 (parametry w artykule [2]);
- wkładka mikrofonu dynamicznego PM601 (parametry: czułość: $55\pm 1\text{ dB}$, pasmo pracy $0,42\div 17\text{ kHz}$, impedancja: $600\ \Omega$).

Na rys. 4 przedstawiono schemat stanowiska pomiarowego.

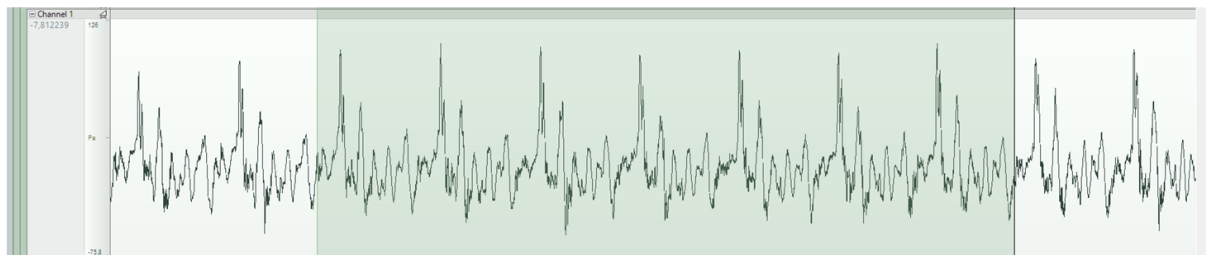


Rys. 4. Schemat stanowiska pomiarowego

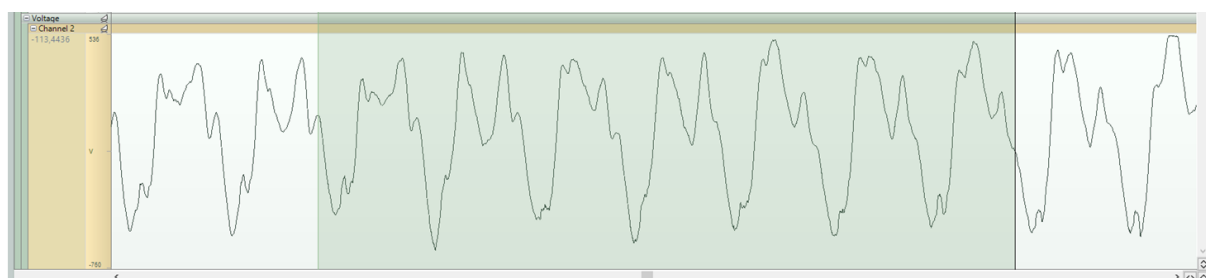
W celu konfiguracji pracy urządzenia wykorzystano oprogramowanie LAN-XI Notar udostępnione przez firmę Brüel & Kjær. Udostępniony firmware przekształca moduł 3050-A-060 w niezależne urządzenie typu *stand-alone*. Tego rodzaju podejście pozwala skonfigurować urządzenie oraz zapisać rejestrowany sygnał na karcie pamięci bez użycia komputera PC. Konfiguracja urządzenia w postaci pliku inicjalizującego dostosowana do stanowiska oraz wykorzystanych czujników zostaje zapisana w pamięci rejestratora i może zostać wybrana za pomocą panelu czołowego rejestratora. Dodatkową zaletą oprogramowania Notar jest to, że obsługa posiada zdalny dostęp do rejestratora poprzez sieć LAN, dzięki czemu możliwy jest podgląd rejestrowanego sygnału w czasie rzeczywistym oraz zdalna zmiana ustawień cyfrowego toru przetwarzania.

3. WYNIKI BADAŃ

Wybrane wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 5÷7.

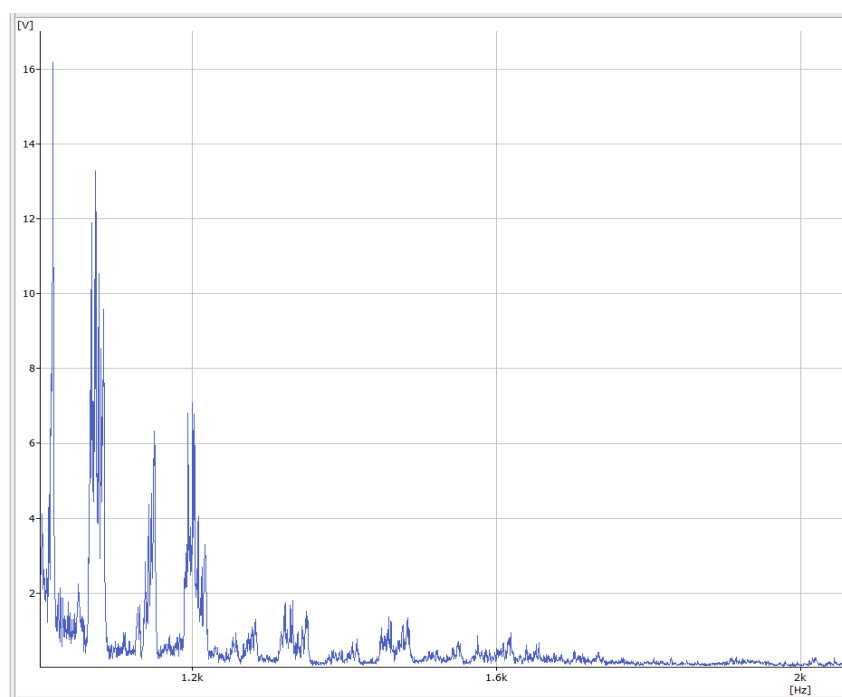


Rys. 5. Przebiegi emisji zakłóceń od pracującego silnika BSL na wysokich obrotach

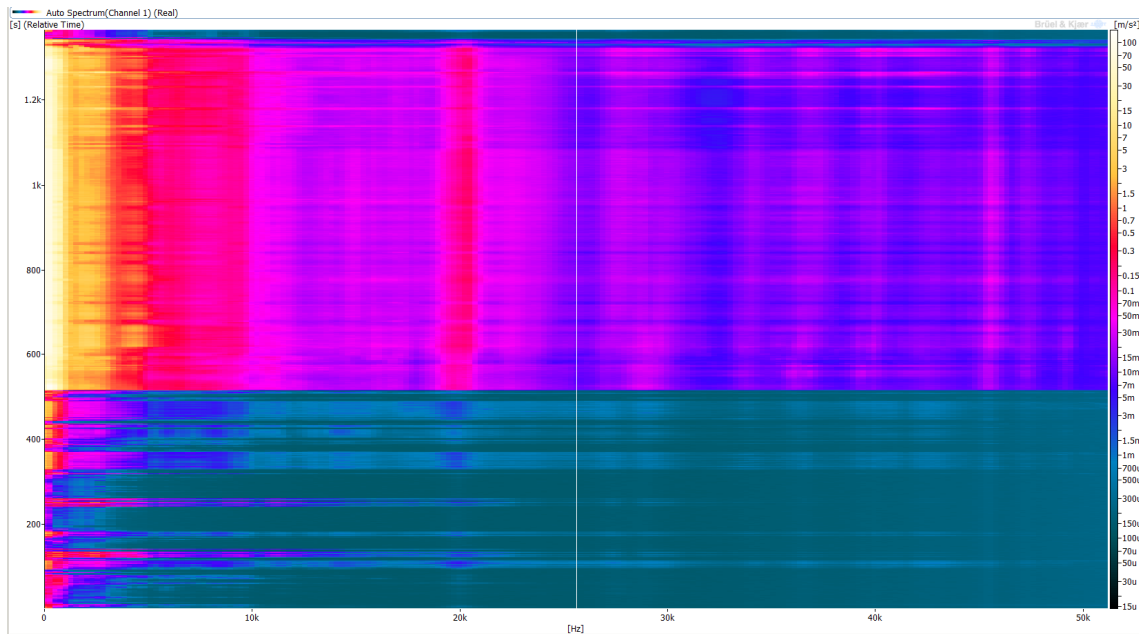


Rys. 6. Przebiegi emisji zakłóceń od pracującego silnika BSL na wolnych obrotach

Na rys. 5 i 6 widać znaczącą zmianę parametrów rejestrowanego sygnału w zależności od rodzaju pracy silnika BSL. Na rysunkach zamieszczonych poniżej przedstawiono zarejestrowany sygnał w dziedzinie częstotliwości. Z analizy sygnałów wynika, że zakłócenia od pracy silnika BSL wywołują zaburzenia wibroakustyczne na poziomie 140 dB, a ich pasmo zawiera się w paśmie zaburzeń generowanych przez poruszające się z prędkością naddźwiękową pociski.



Rys. 7. Uśrednione widmo emisji zakłóceń od pracującego silnika BSL z rys. 5



Rys. 8. Krótkookresowa transformata Fouriera emisji zakłóceń pracy silnika BSL

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie charakteru i intensywności emisji zakłóceń, jakie towarzyszą pracy LA, gdy jego nosicielem jest BSL.

Z analizy rezultatów badań wynika, że zakłócenia od pracy silnika BSL wywołują zaburzenia wibroakustyczne na poziomie 140 dB, a ich pasmo zawiera się w paśmie zaburzeń generowanych przez poruszające się z prędkością naddźwiękową pociski. Należy podkreślić, że poziom zakłóceń od drgań i emisji akustycznej BSL stanowi istotny problem dla poprawnego działania LA. Ocena ich efektywnego tłumienia w LA możliwa jest po przeprowadzeniu badań dodatkowych, podczas ostrzału lecącego BSL amunicją bojową.

**Praca finansowana przez NCBR ze środków na naukę,
jako projekt badawczo-rozwojowy realizowany w latach 2012-2015.**

LITERATURA

- [1] Whitham G.B.: *The flow pattern of a supersonic projectile*, "Commun. Pure and Appl. Math.", vol. 5, pp. 301-348, November 1952.
- [2] Rodzik D., Grzywiński S., Podciechowski M., Żygadło S.: *Wykorzystanie modułów pomiarowych LAN-XI do rejestracji i akwizycji parametrów wibroakustycznych lotu bezzałogowego statku powietrznego*, „Mechanik”, 2014, 7, CD, s. 637-644/564.