

ANALIZA WPŁYWU PARAMETRÓW SAMOLOTU NA POZIOM HAŁASU MIERZONEGO WEDŁUG PRZEPISÓW FAR 36 APPENDIX G I ROZDZIAŁU 10 ZAŁOŻEŃ 16 KONWENCJI ICAO

PIOTR KALINA
Instytut Lotnictwa

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów hałasu samolotów realizowanych przez Laboratorium Badań Akustycznych Instytutu Lotnictwa w ciągu ostatnich lat wraz z oceną czułości metody liczenia poprawek na parametry mające wpływ na hałas samolotów. Wyniki analizy oparto na kilkudziesięciu pomiarach 5 typów samolotów produkcji polskiej.

WSTĘP

W poprzednim artykule omówiono metodę pomiarową wyznaczania hałasu zewnętrznego samolotów śmigłowych o masie do 8618 kg oraz sposób liczenia poprawek do poziomu hałasu zmierzonego podczas pomiarów.

Poniżej przedstawiono rodzaje poprawek i wzory według których są one wyliczane. Dla każdego prawidłowego nalotu na stanowisko pomiarowe wyznaczana jest maksymalna wartość poziomu dźwięku. Do każdej wartości zmierzonej dodawane są 4 poprawki uwzględniające odchylenia rzeczywistych warunków przelotu samolotu od warunków wzorcowych dla których wyznaczono wzorcowe parametry przelotu nad punktem pomiarowym.

METODA OBLICZANIA POPRAWEK

W stosowanych poprawkach uwzględnia się następujące efekty warunków przelotu:

- a) różnice w pochłanianiu atmosferycznym dźwięku pomiędzy warunkami atmosferycznymi podczas próby a warunkami wzorcowymi
- b) różnice w długości drogi pomiędzy rzeczywistym torem lotu samolotu a torem wzorcowym
- c) zmianę śrubowej (wypadkowej) liczby Macha końcówki śmigła w rzeczywistych warunkach próby w stosunku do warunków wzorcowych,
- d) zmianę mocy silnika w warunkach rzeczywistych próby w stosunku do warunków wzorcowych.

Poziom hałasu w warunkach wzorcowych $(L_{Amax})_{REF}$ jest równy poziomowi w warunkach rzeczywistych próby $(L_{Amax})_{TEST}$ po dodaniu wyżej wymienionych poprawek:

$$(L_{Amax})_{REF} = (L_{Amax})_{TEST} + \Delta_M + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3, \quad (1)$$

gdzie:

Δ_M – poprawka na zmianę pochłaniania atmosferycznego pomiędzy warunkami wzorcowymi a rzeczywistymi,

Δ_1 – poprawka na różnicę w drogach fali dźwiękowej w warunkach rzeczywistych i wzorcowych,

Δ_2 – poprawka na różnicę w śrubowej liczbie Macha,

Δ_3 – poprawka na różnicę w mocy silnika.

$$\Delta_M = 0.01(H_T \alpha - 0.2 H_R), \quad (2)$$

$$\Delta_1 = 22 \log \frac{H_T}{H_R}, \quad (3)$$

$$\Delta_2 = 150 \log \frac{M_R}{M_T}, \quad (4)$$

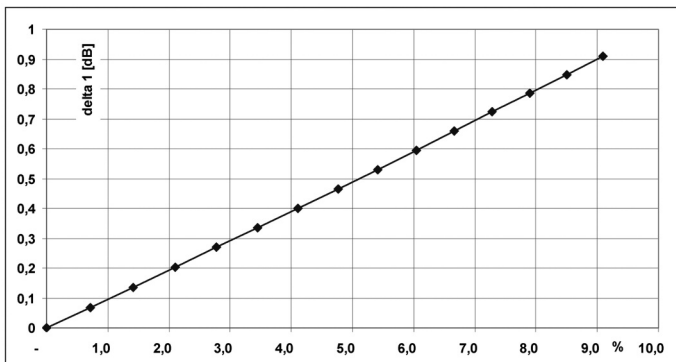
$$\Delta_3 = 17 \log \frac{P_R}{P_T}. \quad (5)$$

Sposoby obliczenia poprawek posłużyły do określenia „czułości parametrów samolotu” na wyniki pomiaru poziomu hałasu. Założono, że twórcy przepisów ICAO i FAR ustalili metody obliczenia poprawek zgodnie z wpływem danego parametru na poziom hałasu końcowego.

Analizie poddano poprawki Δ_1 – Δ_3 które zależą od parametrów lotu lub parametrów konstrukcyjnych samolotu i mogą podlegać modyfikacjom podczas zabiegów mających na celu obniżenie poziomu hałasu.

Poprawka Δ_1 zależy od wysokości przelotu nad punktem pomiarowym

Średnia wysokość przelotu nad punktem pomiarowym odległym od miejsca startu samolotu o 2500 m wynosi około 250–300 m. Analizując wzór [3] dochodzimy do wniosku, że zmiana wysokości przelotu o 5% powoduje zmianę poziomu dźwięku w punkcie pomiarowym na ziemi o 0,47 dB. Zmiana wysokości przelotu o 5% odpowiada zmianie wysokości około 12–15 metrów dla większości badanych samolotów.



Rys. 1. Wpływ zmiany wysokości przelotu na wartość mierzonego hałasu

Poprawka $\Delta 2$ zależy od śrubowej liczby Macha końcówki śmigła samolotu

Na wartość Liczby Macha mają głównie wpływ prędkość obrotowa śmigła, średnica śmigła oraz prędkość samolotu V_y obliczana według załączonego wzoru

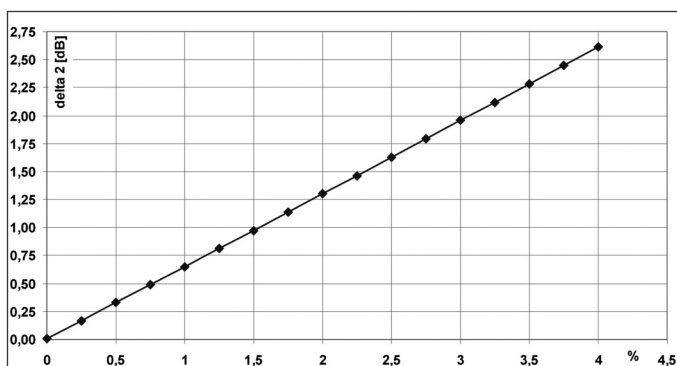
$$M = \frac{\sqrt{\left(\frac{D \cdot \pi \cdot n}{60}\right)^2 + V_y^2}}{C_a} \quad [6]$$

gdzie :

- D – śmigła w m
- N – prędkość obrotowa śmigła obr/min
- V_y – prędkość samolotu w m/s
- C_a – prędkość dźwięku m/s

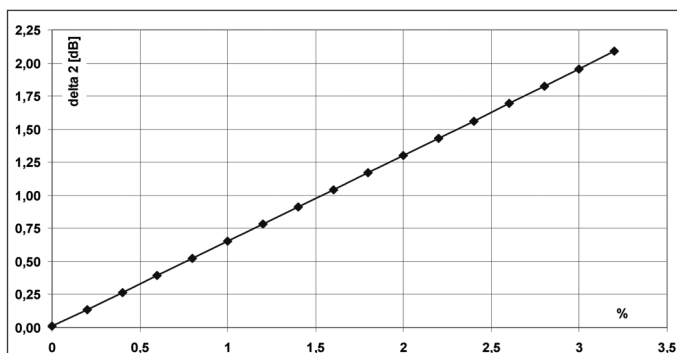
Analizując wzory [2] i [4] dochodzimy do następujących wniosków:

- zmiana średnicy śmigła o 1% (średnio ok. 20 mm) powoduje zmianę wartości hałasu o 0,65 dB a zmiana średnicy o 50 mm powoduje zmianę wartości hałasu aż o 1,65 dB,
- na poniższych wykresach przedstawiono wpływ zmian poszczególnych wielkości związanych z liczbą Macha na wartość hałasu.

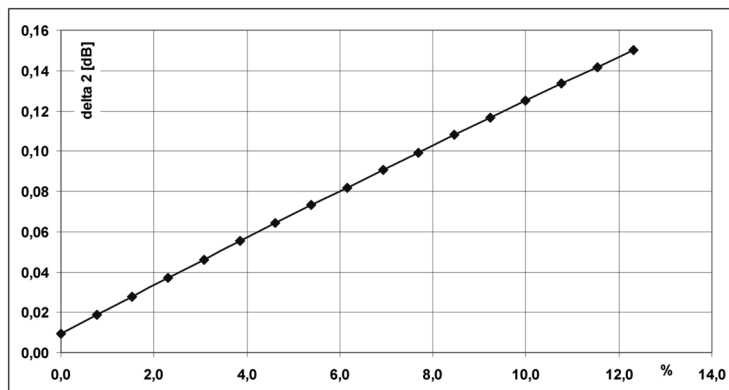


Rys. 2. Wpływ zmiany średnicy śmigła na wartość mierzonego hałasu

Ten sam efekt zmiany poziomu hałasu można osiągnąć zmieniając prędkość obrotową śmigła o 60 obr/min przy średnim poziomie typowych prędkości około 2500–2600 obr/min.



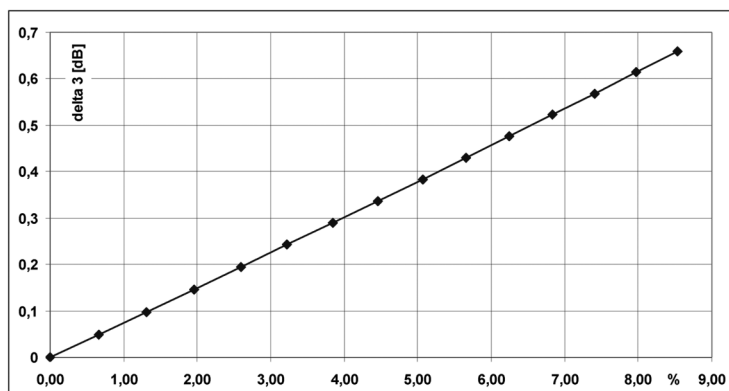
Rys. 3. Wpływ zmiany prędkości obrotowej śmigła na wartość mierzonego hałasu.
Zmiana prędkości samolotu o 10% wywołuje zmianę hałasu o 0,12 dB



Rys. 4. Wpływ zmiany prędkości samolotu na wartość mierzonego hałasu

Poprawka Δ_3 związana jest z mocą silnika

Wpływ mocy silnika na hałas przedstawiono na poniższym wykresie.

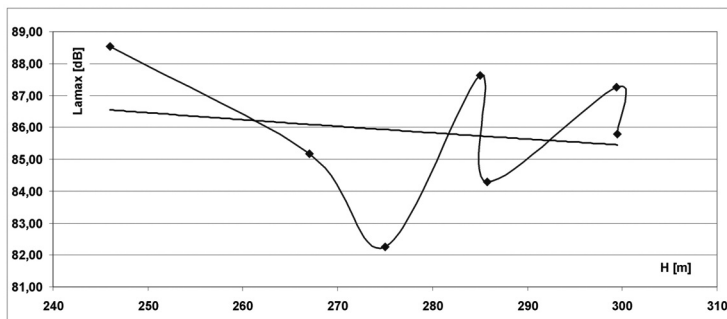


Rys. 5. Wpływ zmiany mocy silnika na wartość mierzonego hałasu

WYNIKI POMIARÓW

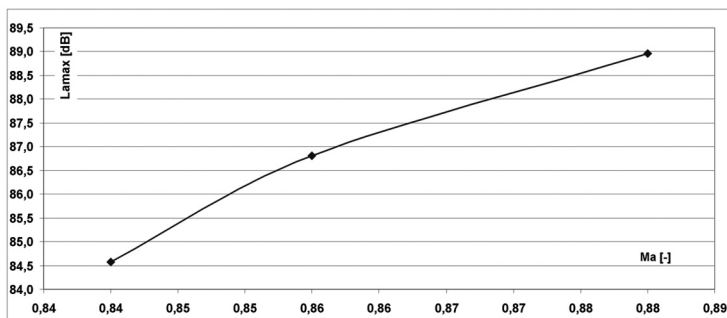
Trudność realizowania pomiarów odzwierciedlających wpływ analizowanych parametrów na mierzony hałas samolotów polega na wzajemnym wpływie analizowanych wielkości na pozostałe. Oczywiście jest, że wzrost prędkości obrotowej silnika poza wzrostem liczby Macha może powodować wzrost prędkości samolotu i lepsze parametry wznoszenia a stąd wyższą wysokość samolotu nad punktem pomiarowym.

I tak niekorzystny wzrost poziomu hałasu „od śmigła” może być kompensowany przez korzystny wzrost wysokości samolotu nad punktem pomiarowym. Powyższą sytuację przedstawiają wyniki pomiarów hałasu (jednego typu) samolotu w funkcji wysokości przelotu.

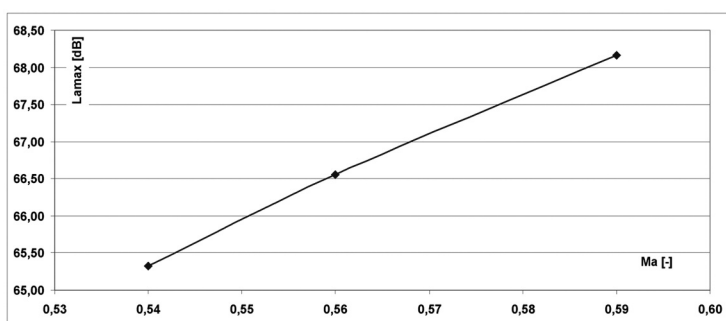


Rys. 6. Wpływ wysokości przelotu samolotu na poziom mierzonego hałasu

Linia trendu potwierdza oczywiste założenie o spadku hałasu wraz ze wzrostem wysokości przelotu. Na poniższych wykresach przedstawiono wyniki pomiarów określające wpływ zmiany liczby Macha na wartość mierzonego hałasu w przypadku dwóch rodzajów samolotów o różnych zakresach Ma. W tym wypadku istnieje jednoznaczna zależność między wzrostem liczby Macha i wzrostem mierzonego hałasu.

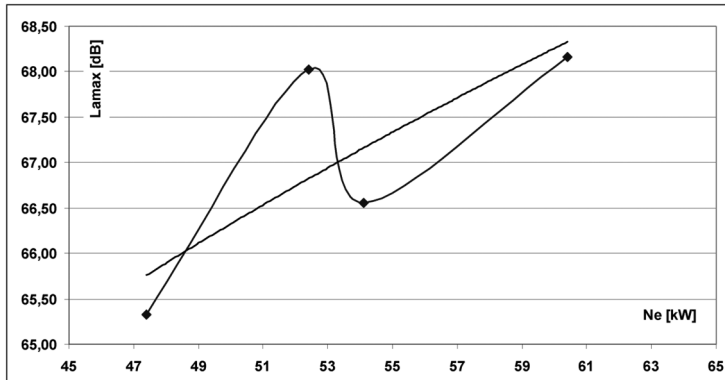


Rys. 7. Wpływ zmiany liczby Macha (zakres Ma ok. 0,86) na poziom hałasu



Rys. 8. Wpływ zmiany liczby Macha (zakres Ma ok. 0,56) na poziom hałasu

Na poniższym wykresie przedstawiono wyniki pomiarów jednego typu samolotu z silnikami o różnej mocy. Zmiany mocy powiązane były z innymi parametrami lotu jak prędkość obrotowa stąd niejednoznaczność wyników.



Rys. 9. Wpływ mocy silnika na poziom zmierzonego hałasu

WNIOSKI

Powyższe obliczenia i wykresy pozwalają sformułować wnioski określające parametry samolotu (silnika) które mają decydujący wpływ na poziom hałasu.

1. Najczulszym parametrem wpływającym na poziom hałasu jest liczba Macha. Czynnikiem mającym decydujący wpływ na liczbę Macha jest średnica śmigła i jego prędkość obrotowa.
2. Celowe wydaje się w przypadku prac nad obniżeniem hałasu istniejącego samolotu precyzyjne dobranie wielkości śmigła oraz regulacja silnika pozwalająca na obniżenie liczby Macha bez uszczerbku dla prędkości wznoszenia. Nawet niewielkie zmiany średnicy i prędkości mają duży wpływ na poziom hałasu.
3. Zmiana wysokości przelotu samolotu nad pkt. pomiarowym jest trudna do uzyskania na istniejącym samolocie bez radykalnych zmian w konfiguracji płatowca.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FAR Pt.36, App. G 14 CFR
 [2] Rozdział 10 Załącznika 16 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Tom 1.

PIOTR KALINA

ANALYSIS OF AIRCRAFT PERFORMANCE IMPACT ON NOISE LEVEL MEASURED
 BY FAR 36 APPENDIX G AND ANNEX 16 CHAPTER 10 OF ICAO CONVENTION

Abstract

The paper presents results of aircraft noise measurements carried out by Acoustic Research Laboratory of the Institute of Aviation within recent years with an evaluation of sensitivity calculation method of corrections to the parameters affecting the noise of airplanes. The results of the analysis were based on tens measurements of 5 types of Polish aircrafts.