

УДК 656.7:504.75.05:621.438:519.876.5 (043.2)

<https://doi.org/10.18372/2786-8168.19.19955>

К. І. Кажан, к.т.н.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ГІБРИДНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Анотація. *Запропоновано багаторівневий підхід до моделювання авіаційного шуму перспективних типів повітряних суден з гібридними та електричними силовими установками. Показано результати рівнів шуму в сертифікаційних точках.*

Ключові слова: авіаційний шум, гібридне повітряне судно, вплив на довкілля.

Зараз авіація переживає глибоку трансформацію в бік більш стійкого повітряного транспорту. Подальший сталий розвиток авіації потребує одночасного прогресу в енергоефективності, скороченні викидів та зниженні шуму літаків. Для цього потрібні нові технології, які відповідають низці вимог. Серед них – скорочення авіаційної емсії (CO_2 , а також інших викидів), зменшення залежності від викопного палива та пом'якшення впливу повітряного транспорту на навколишнє середовище. Відповідно до Європейської стратегії Clean Aviation SRIA (2021) [1], для досягнення кліматично нейтрального авіатранспорту до 2050 року необхідно зменшити сприйманий шум на 65%, викиди NO_x на 90% та CO_2 на 75% порівняно з рівнями 2000 року. Хоча прогрес у зниженні викидів та споживанні пального досягається за рахунок альтернативного палива та нових систем тяги, шум літаків залишається серйозною проблемою, особливо для околиць аеропорт. Однією з ключових концепцій у найближчі роки буде електрифікація авіації. У системах електричної тяги можна виділити три підходи, залежно від форми, в якій енергія зберігається для польоту: живлення від батареї (електрохімічно), турбоелектричне (рідке паливо) і гібридна електрика (електрохімічно / як рідке паливо).

Поточні виклики для авіації та досягнення більш стійкого сектора знайшло відображення у реалізації великих спільних дослідницьких проєктів у міжнародний рівень. Зокрема, для вирішення цієї проблеми у проєкті Environmentally Friendly Aviation for All Classes of Aircraft (EFACA) запропоновано багаторівневу структуру для оцінки акустичних характеристик нових авіаційних технологій. У цьому контексті електрифікація авіації стала ключовим напрямом через впровадження гібридно-електричних силових установок (HEP) та двигунів на рідкому водні (LH_2).

Оцінка технологій зниження шуму для ПС нового покоління потребує комплексної структури, здатної враховувати складні взаємозв'язки між різними екологічними впливами – шумом, викидами та витратами пального і пропонується на таких рівнях:

I. Рівень конструкції ПС. На цьому рівні використовується простір проектування ПС для оцінки його екологічних характеристик, зокрема шуму, витрат пального та викидів. Моделювання шуму на рівні літака зосереджено на оцінці акустичних характеристик конкретних конфігурацій ПС за стандартизованих умов експлуатації. Аналіз виконується як для еталонних, так і для базових моделей ПС з використанням єдиного методологічного підходу, що забезпечує точне порівняння рівнів шуму та потенційного ефекту від технологій його зниження.

II. Рівень сценарію експлуатації в аеропорту охоплює інфраструктурні, операційні та повітряно-транспортні чинники, враховуючи компонування аеропортів, процедури прибуття та вильоту, склад флоту та часові варіації трафіку.

III. Рівень флоту та стратегічного планування. Запропонована структура моделювання дає змогу прогнозувати вплив шуму в умовах довгострокового оновлення парку. Порівнюючи внесок базового і еталонного ПС у загальне шумове навантаження, визначаються переваги нових технологій не лише для окремих операцій, а й з погляду їх сукупного ефекту на аеропортове середовище.

Еталонна модель літака використовується як базова платформа для створення нових типів ПС – базових моделей. Основні акустичні показники розраховуються у відповідних точках на землі згідно з процедурами сертифікації ІКАО. Для аналізу гібридизації за технологією HEP було обрано ATR72-600 (AT76), оснащений турбогвинтовими двигунами Pratt & Whitney PW127XT (AEDT 3d ID: 1671). Рівень шуму AT76 на 14.1 EPNdB нижчий за регіональний реактивний літак і на 8.8 EPNdB нижчий за межу Глави 14 ІКАО, що робить шумову зону ATR майже втричі меншою. Практика свідчить про суттєвий прогрес у зниженні шуму турбогвинтових двигунів порівняно навіть із сучасними генераціями повітряних гвинтів. Акустичні характеристики ATR 72 були оцінені для різних типів гвинтів, встановлених як на попередні версії двигунів, так і на сучасний PW127XT (рис. 1). Аналіз зосереджувався на лінійній залежності між EPNL та ключовими масовими параметрами – MTOW і MLW – під час зльоту та посадки. Результати показали різницю приблизно 0.5 EPNL dB у шумі на заході на посадку та 2.5 EPNL dB при зльоті між літаками ATR 72 з гвинтами Hamilton Sundstrand 568F-1 (6 лопатей) і 247 F-1(-E) (4 лопатей)

У табл. 1 наведено дані сертифікації за рівнем шуму для літака AT76. Як показано, етап операції суттєво впливає на рівні шуму. Було розроблено два профілі: UCON, який представляє модельний профіль, що може бути застосований для звичайного літака ATR76, та UHYBRID, який моделює гібридно-електричну версію на основі платформи ATR76. Результати моделювання показано в табл.1 для сертифікаційних точок.

Показано, що рівні змодельованого шуму для референтного літака є досить близькими до сертифікаційних вимог, особливо для профілів EFACA HEP та UCON.

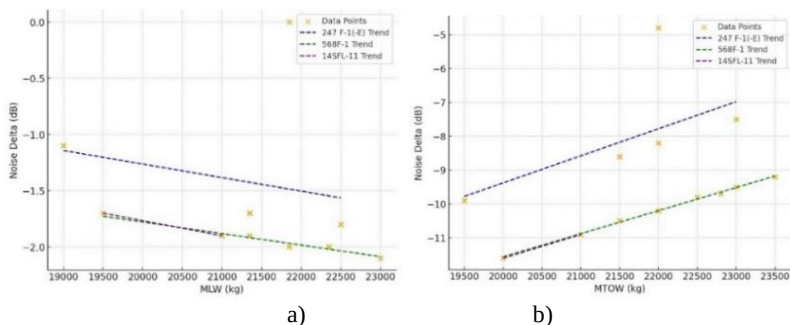


Рис. 1. Порівняння акустичних характеристик варіантів ATR 72, оснащених гвинтами 247 F-1(-E) (4 лопаті) та Hamilton Sundstrand 568F-1 (6 лопатей) для: а) етапу заходу на посадку; б) етапу льоту. Джерело: база даних ANP Substitution.

Таблиця 1

Certificated and calculated EPNL for ATR 72 versions at certification points

Source & AC type	Lateral	Flyover	Approach
Noise DB Cert for ATR-72-500, PW 127F	82.5	80.5	92.2
EASA Cert Database: ATR72-212A, PW127F	82.5-82.6	76.3-81.2	92.1-92.5
AT72 (NPDs correction + 5. & +2.)	95.7	88.4	93.6
AT76 (ANP v.2.3)	90.7	83.4	91.6
AT76 for the EFACA HEP flight profiles	82.4	75.9	92.2
AT76 for UCON flight profiles	81.3	79.1	92.7
EFACA HEP (NPDs correction - 4. & -2.)	78.9	72.1	91.3

Список використаної літератури

1. Clean Aviation Joint Undertaking. (2021). Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA). https://www.clean-aviation.eu/sites/default/files/2022-01/CAJU-GB-2021-12-16-SRIA_en.pdf
2. Zamarreño, M., Pérez, F., Delgado Jurado, R., Arnaldo Valdes, R. M., Gomez, V. F. (2024) An overview of the possibilities, current status, and limitations of battery technologies to electrify aviation. Journal of Physics: Conference Series, 2716(1), 012012.