

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем  
(повна назва кафедри)

"На правах рукопису"

УДК 621.3.087

"До захисту допущено"

Завідувач кафедри

Найда С.А.  
(ініціали, прізвище)

"03" грудня 2020 р.

## Магістерська дисертація

спеціальність 171 Електроніка  
(код та назва спеціальності)

на тему: "Проект комплексу автоматизованого контролю шуму в аеропортах"

Виконав: студент II курсу, групи ДГ-91мп  
(шифр групи)

Рижко Владислав Ярославович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Р.Рижко  
(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., Богданов О. В.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Обод  
(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент керівник інж. Відділу ТОВ «АГ Україна», Фрідліб Є.В.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Фрідліб  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент Р.Рижко  
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет електроніки  
(повна назва)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою  
Спеціальність (освітня програма) 171 Електроніка (Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації)

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



(підпис)

Найда С.А.

(ініціали, прізвище)

" 03 " грудня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Рижку Владиславу Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Проєкт комплексу автоматизованого контролю шуму в аеропортах

Науковий керівник дисертації Богданов Олексій Вікторович, к.т.н.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від " 05 " листопада 20 20 .р. № 3241-с

2. Строк подання студентом дисертації 01.12.2020 р.

3. Об'єкт дослідження: Системи моніторингу шуму.

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) Проєкт комплексу автоматизованого контролю шуму в аеропортах.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати параметри та функції існуючих систем моніторингу та їх інтеграцію з іншими системами в аеропортах; запропонувати рішення, що дозволить автоматизувати процес обробки усієї інформації.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 25 рис, 23 табл., 1 презентація, 12 слайдів

7. Орієнтовний перелік публікацій 1) Електронна та Акустична Інженерія: науково-технічний журнал

8. Дата видачі завдання 10.09.2019 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Написання першого розділу: "Огляд основних складових авіаційного шуму"	15.03.2020	<i>Абаг</i>
2	Написання другого розділу: "Огляд сучасних методів та апаратів для контролю шумової характеристики в аеропортах"	30.09.2020	<i>Абаг</i>
3	Написання третього розділу: "Комплекс автоматизованого контролю шуму в аеропортах"	30.10.2020	<i>Абаг</i>
4	Написання четвертого розділу: "Розроблення стартап проекту"	25.11.2020	<i>Абаг</i>
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	24.11.2020	<i>Абаг</i>
6	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	03.12.2020	<i>Абаг</i>

Студент

*Р.В. Сидор*  
(підпис)

Керівник роботи

*Абаг*

В.Я. Рижко

(ініціали, прізвище)

О.В. Богданов

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Рижко В.Я. Проект комплексу автоматизованого контролю шуму в аеропортах : магістерська дис. : 171 Електроніка. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 67 с.

Шум, система моніторингу шуму, аеропорти, контроль шуму

**Актуальність теми:** В умовах стрімкого розвитку повітряних перевезень та збільшенні кількості не лише літаків а й самих аеропортів, виникає питання контролю за шумовим забрудненням створюване літальними апаратами. Так як відомо, що шум негативно впливає не лише на самопочуття людини а й її здоров'я, тому більшість країн зобов'язали аеропорти встановити системи моніторингу шумового рівня повколо аеропортів. Це викликало попит у системах моніторингу шуму а також ідентифікації порушників «спокою людей» для накладань штрафних санкцій. Проте нинішні системи моніторингу не докінця справляються із задачею ідентифікації джерела шуму, що спричиняє створенню спеціальних підроздів в аеропортах які ідентифікують джерела або ж їх підтверджують, а також накладають штрафи на перевізників. Тому запровадження автоматизації по усьому відрізьку від реєстрації до накладання штрафів, суттєво зменшить час для прийняття рішень та відправки «листів щастя» а також збільшити кількість зареєстрованих порушників.

**Метою дослідження** є створення проекту автоматизованого контролю за шумом, створюваним літаками, на базі вже встановлених станцій моніторингу та інших допоміжних станцій які знаходяться в аеропортах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

— Провести огляд основних компонентів системи моніторингу шуму; — Провести огляд технічних параметрів та функціональних можливостей систем від різних виробників, представлених на ринку;

— Запропонувати автоматизацію контролю за шумом, а також автоматичної ідентифікації літаків, для формування звіту про перевищення ліміту дозволеного шумового забруднення на місцевостях та

автоматичної розсилки штрафів перевізникам.

**Об'єкт дослідження:** Системи моніторингу шуму.

**Предмет дослідження:** Проект комплексу автоматизованого контролю шуму в аеропортах.

**Методи дослідження:** Теоретичний огляд основних компонентів систем моніторингу шуму, теоретичний огляд можливостей об'єднання даних та їх аналіз з системами пеленгу, системами збору метрологічних даних, то що; розробка та впровадження нової системи ідентифікації шуму створюваних літаками.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у впровадженні розробленої у магістерській дисертації проекту автоматизації моніторингу шуму в аеропортах з уже встановленими системами моніторингу.

## SUMMARY

Master's dis. 171 Electronics. Kyiv, KPI nam. Igor Sikorsky, 2020. 67 p

The aim of the study is to create a project for automated control of noise generated by aircraft, based on already installed monitoring stations and other auxiliary stations located at airports.

Research methods: Theoretical review of the main components of noise monitoring systems, theoretical review of the possibilities of combining data and their analysis with radar systems, metrological data collection systems, what; development and implementation of a new system for identifying noise generated by aircraft.

The practical significance of the results obtained lies in the implementation of the project for automation of noise monitoring in an airport with already installed monitoring systems developed in the master's thesis.

NOISE, NOISE MONITORING SYSTEM, AIRPORTS, NOISE CONTROL

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1 ОСНОВНІ СКЛАДОВІ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ.....	15
1.1. Основні джерела шуму в літаку.....	15
1.1.1. Шум двигуна.....	15
1.2.2. Аеродинмічний шум.....	21
1.2. Боротьба з шумом.....	23
2 СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ШУМУ В АЕРОПОРТАХ.....	25
2.1. Будова систем моніторингу.....	25
2.1.1. Що таке система моніторингу.....	25
2.1.2. Центральна станція моніторингу шуму.....	27
2.1.3. Термінали контролю шуму.....	28
2.1.4. Інтеграція станції моніторингу з системами радіолокації та з системами збору метеорологічних даних.....	31
2.1.5. Візуалізація даних.....	32
2.2. Огляд реальних систем моніторингу.....	37
2.2.1. Портативна система моніторингу шуму Larson Davis NMS044.....	37
2.2.2. Стаціонарна система моніторингу шуму Larson Davis NMS045.....	39
3 КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ШУМУ В АЕРОПОРТАХ.....	41
3.1. Ідентифікація шуму створюваного літаками.....	41
3.1.1. Первинна обробка даних.....	42
3.1.2. Оцінювання інформативності первинних класифікаційних ознак.....	45
3.1.3. Використання пари класифікаційних ознак для ідентифікації шуму літака.....	47
3.2. Порівняння даних з системами пеленгу.....	49
3.3. Кінцева обробка даних, резервування інформації та сповіщення про перевищення рівня.....	50

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	51
4.1 Опис ідеї проєкту.....	51
4.2 Технологічний аудит ідеї проєкту.....	51
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.....	52
4.4 Розроблення ринкової стратегії проєкту.....	55
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	61
ДОДАТОК А. АВСТРАСТ.....	63



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ЄС – Європейський союз
- END – Environmental Noise Directive – Директива по шуму навколишнього середовища
- ICAO – International Civil Aviation Organization – Міжнародна організація цивільної авіації
- ANOMS – Airport Noise and Operations Monitoring System – Система управління шумом та операціями в аеропортах
- ЦКСМ – Центральна комп'ютеризована станція моніторингу шуму
- МЕК – Міжнародна електротехнічна комісія
- СМШ – Система моніторингу шуму

## ВСТУП

Деяким з нас звук від прольоту над головою літака – це як музика для вух. А аудіо записи роботи турбореактивних двигунів навіть пропонуються для прослуховування на різних «стрімінгових» платформах прослуховування потокового аудіо. Проте для більшості людей шум від літаків є небажаним.

Тому шум визначається як небажаний звук, який може викликати занепокоєння чи роздратування. Шум літака виникає не лише внаслідок роботи двигуна, а й обтіканням фюзеляжу, крил чи шасі повітряними, при чому літаки різних розмірів та типів утворюють абсолютно різні рівні шуму, а це супроводжується тим, що усі вони мають різні частоти основного тону. Проте рівень шуму літака відносно землі може сильно відрізнитись в залежності від ряду інших факторів, які зовсім не стосуються будови його основних частин, наприклад:

- Де знаходяться літаки відносно мікрофону, прямо над його капсулем чи вони зміщені в бік.

- Наскільки високо від приймача пролітають літаки.

- Погода, яка може як підсилювати так і зменшувати шум, також вона може впливати на те, де знаходиться літак в небі, відносно приймача оскільки він може летіти лише проти вітру, тим самим використовуючи різні злітно-посадочні смуги.

- Приліт або виліт літака – впливає на силу тяги двигуна, яку він використовує, а отже, і на рівень шуму, а також на величину опору повітря навколо фюзеляжу, крил й шасі.

Власне тому, напочатку 1960-х років, авіаційний шум в околицях міських аеропортів ставав усе більш серйознішою проблемою. А причина яка супроводжувала це явище – стрімке збільшення кількості літаків а також створення перших турбореактивних літаків з малим набором висоти, таких як перші моделі Boeing 707 чи Douglas DC-8. А це у свою чергу, не заставило чекати на масові протести, адже містяни виступили проти запланованого розширення більшості міських аеропортів. Внаслідок цього, протягом наступних років, часто стримувалась

проектні розширення аеропортів, а в деяких містах таких як Мюнхен та Лондон, в кінці кінців серйозно змінили розвиток нових аеропортів. Крім того, в більшості вже існуючих аеропортах, наприклад, таких як лондонський аеропорт Хітроу, аеропорт імені Джона Кеннеді в Нью-Йорку та аеропорт Кінгсфорд Сміт недалеко від Сіднея було запроваджено «шумну» комендантську годину.

У зв'язку з цим, було розроблено ряд національних та міжнародних правил, які було спрямовано на сертифікацію літаків з найменшою шумністю. Тобто виробники, були змушені докласти значних зусиль для зниження рівня шуму як в аеродинаміці так й двигунах. У зв'язку з цим, велика кількість літаків були заборонені, зокрема усім відомий нам Concorde та Ту-144, оскільки вони не відповідали новим встановленим вимогам, введеною Міжнародною організацією цивільної авіації. Проте це призвело до того, що удосконаливши двоконтурні турбореактивні двигуни та, дозволивши літакам набирати більшу висоту, змогли значно знизити рівень шуму.

Проте в свою чергу, аеропорти вирішили не пасти задніх – почали знижувати рівень авіаційного шуму дещо іншими способами. Перше: почали обмежувати робочі години, тобто, вводились нічні комендантські години, адже до того було встановлено, що саме нічний шум є найбільш шкідливим для людей, ніж денний. Друге: надали можливість перевізникам обирати злітно-посадочні смуги, для більш рівномірного поширення шуму, а маршрути заходу на виліт та посадку можуть бути прокладені через малонаселені області.

Саме тому, було введено контроль аеропортами шумових характеристик прилеглої до аеропорту території, після чого авіаперевізникам-порушникам почали накладати фінансові штрафи.

Усе це призвело до того, що авіаційний шум був скорочений за рахунок більш суворої атестації літаків, а також заборони їх польоту в нічний час доби. Проте дуже стрімке збільшення кількості польотів в ХХІ столітті означало, що рівень шуму поблизу аеропортів продовжуватиме зростати.

У зв'язку з цим, Європейський союз створила та запровадила такі законодавчі акти як: Директива по шуму навколишнього середовища (END) та Регламент (ЄС)

№ 598/2014 про встановлення правил та процедур щодо введення експлуатаційних обмежень, пов'язаних з шумом, які допомагають контролювати шумовий стан аеропортів та прилеглих до них територій. Таким чином, всі держави-члени ЄС прийняли «збалансований підхід» (як це визначено Міжнародною організацією цивільної авіації, ІСАО) до боротьби з шумовим забрудненням від аеропортів та зобов'язались проводити дослідження рівнів шуму в аеропортах кожні п'ять років.[1]

Проте кожна країна могла виставляти свої, граничні значення шуму, а також дещо послабити для певних аеропортів з урахуванням як географічного розташування, так і комерційних інтересів. У всіх країнах є обмеження на шум в аеропортах, та в усіх для денних операцій допустимі норми шуму вище, ніж для нічних, причому найсуворіші обмеження діють приблизно з 23:00 до 6:00. Наприклад, в Португалії всі аеропорти, не позначені як великих, забороняють зліт та посадку з 12:00 до 6:00. У Німеччині нічні польоти зазвичай дозволені, але деякі аеропорти, такі як аеропорт Франкфурта (Найбільш завантажений аеропорт Німеччини), заборонив літакам приземлятися та злітати з 23:00 до 5:00 ранку. Проте, інші країни, такі як Іспанія, Швеція і Великобританія, обмежують лише кількість рейсів, кількість відкритих злітно-посадочних смуг та/або типи літаків, що виконують польоти в нічний час [2].

Всі країни вимагають, щоб шум від аеропортів брався до уваги при плануванні та зонуванні нових житлових районів й аеропортів. Наприклад, Німеччина забороняє будівництво лікарень в будь-якій гучній зоні аеропорту та дитячих садочків в зонах з денним шумом, в той час як Франція забороняє будь-яку реконструкцію існуючої нерухомостей, яка збільшила б загальну кількість людей, що будуть піддаватись шуму від аеропорту. В свою чергу більшості країн також є програми по поліпшенню звукоізоляції житлових будинків поруч з існуючими аеропортами. Наприклад, і в Німеччині, і в Швеції оператори аеропортів повинні компенсувати домовласникам проведення заходів зі звукоізоляції помешкань. Де в Швеції встановлений пороговий рівень шуму, за

яким гарантуються заходи по звукоізоляції, та визначається для кожного аеропорту місцевою владою.

Інші методи обмеження рівня шуму в країнах ЄС, включають в себе накладення вищезазначених в цьому розділі податків або штрафів на авіакомпанії або аеропорти, які порушують встановлені порогові значення шуму. Наприклад, Франція накладає податок на шумове забруднення на аеропорти, які перевищують встановлені порогові значення шуму, а аеропорти в Швеції та Великобританії застосовують до авіакомпаній збори за шум або фінансові штрафи за порушення зазначених рівнів шуму.

Інші юрисдикції, такі як Італія, зосередилися на створенні рослинності та інших звукових бар'єрів навколо аеропортів для стримування шуму.

Дізнавшись вище, що у Європейському союзі (ЄС) авіаційний шум регулюється в таких законодавчих актах: Директива по шуму навколишнього середовища (END) та Регламент (ЄС) № 598/2014 про встановлення правил та процедур щодо введення шумових перешкод. І кожен з цих документів має ряд вимог.

END вимагає, щоб держави-члени склали карти шуму кожні п'ять років для визначення впливу шуму навколишнього середовища, доводили до відома громадськості інформацію про рівень шуму навколишнього середовища та його наслідки а також склали плани дій, засновані на результатах картування шуму, для управління проблемами та його наслідками. END застосовується тільки до великих цивільних аеропортів, тобто аеропортам з більш ніж 50 000 рейсів в рік. Для карт шуму використовуються два показника: «Lden» для загального рівня шуму протягом дня, вечора і ночі, який використовується для опису роздратування, викликаного впливом шуму; і «Lnight» для рівня звуку в нічний час, що використовується для опису порушення сну.[1] Однак держави-члени повинні встановлювати межі або цільові значення або вирішувати, які заходи включити в плани дій.

Регламент (ЄС) № 598/2014 «встановлює, у разі виявлення проблеми шуму, правила процесу, яких необхідно дотримуватися для введення експлуатаційних

обмежень, пов'язаних з шумом, узгодженим чином для кожного аеропорту відповідно до «збалансованого підходу»[3]. Збалансований підхід - це стандарт управління шумом, узгоджений Міжнародною організацією цивільної авіації. [3] Регламент застосовується тільки до цивільних аеропортів в державах-членах, в яких розташований аеропорт з більш ніж 50 000 рухами цивільних повітряних суден за календарний рік [1]. Рівень шуму в аеропортах необхідно регулярно контролювати. Однак Регламент не встановлює конкретних порогових значень шуму; ця компетенція залишається за національними та місцевими властями держав-членів ЄС.

Нарешті, слід зазначити, що в звіті Європейської комісії Flightpath 2050 говориться, що мета на 2050 рік - знизити рівень сприйманого шуму від літаючих літаків на 65% в порівнянні з 2000 роком [4].

З огляду на усе це, виникає питання з контролю шуму в кожному аеропорті. Саме цим питанням задалися вчені в 1990-х і 2000-х роках створивши системи управління шумом та операціями в аеропортах (ANOMS), які в свою чергу, швидко розвивалися, щоб надати потужні інструменти вимірювання та аналізу, необхідні для підтримки цієї технічно орієнтованої роботи. Ці системи рідко виходили на світло і зазвичай експлуатувалися технічними фахівцями [5].

Тому на сьогоднішній день й постало питання в розробці власної автоматизованої системи контролю рівнів шумового забруднення від аеропортів.

## 1 ОСНОВНІ СКЛАДОВІ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ

### 1.1. Основні джерела шуму в літаку

Впродовж останніх 60-ти років, рівень шуму створюваний реактивними літаками значно знизився, а якщо ще взяти до уваги те, як змінився сам двигун, то зниження шуму в середньому на 22 дБ вже не виглядає так фантастично. Як досягли такого зниження? Усе просто, у 1941 році, український вчений-конструктор Люлька Архип Михайлович створив схему першого в світі двоконтурного турбореактивного двигуна. З плином часу, все поступово модернізувалось і ми отримали вже сучасні двигуни з поліпшеними конструкціями самих систем двигунів. На малюнку 1.1 показані усі джерела шуму в двигуні під час його роботи.

#### 1.1.1. Шум двигуна

Основним джерелом шуму літака є шум викликаний роботою двигуна, та він складається не лише від звуку повітря яке виходить з великою швидкістю з вихлопної труби, а й звуком від входу повітря в сам двигун. Враховуючи те, що переважна більшість двигунів в літаках, які експлуатуються в світі, стали двоконтурні, та самі літаки збільшили свої розміри – звідси впливає те, що аеродинамічний шум збільшився, а шум реактивного двигуна став ненабагато меншим.

Загальний шум двигуна складається з кількох складових, а саме: шуму створеного вентилятором, шуму компресора, шуму камери згоряння, шуму турбіни та шуму вихідного струменя. На рисунку 1.1. показані типові джерела шуму двигуна. А на рисунку 1.2 показаний внесок шуму від планування й двигуна в загальний шум літака під час зльоту та посадки.

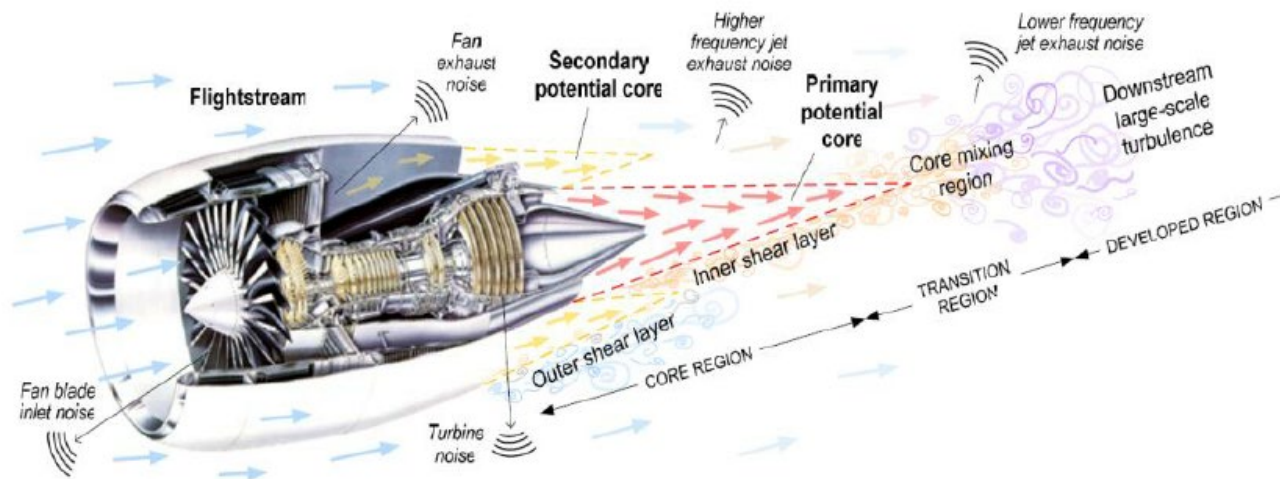


Рисунок 1.1. Джерела шуму турбореактивного двигуна

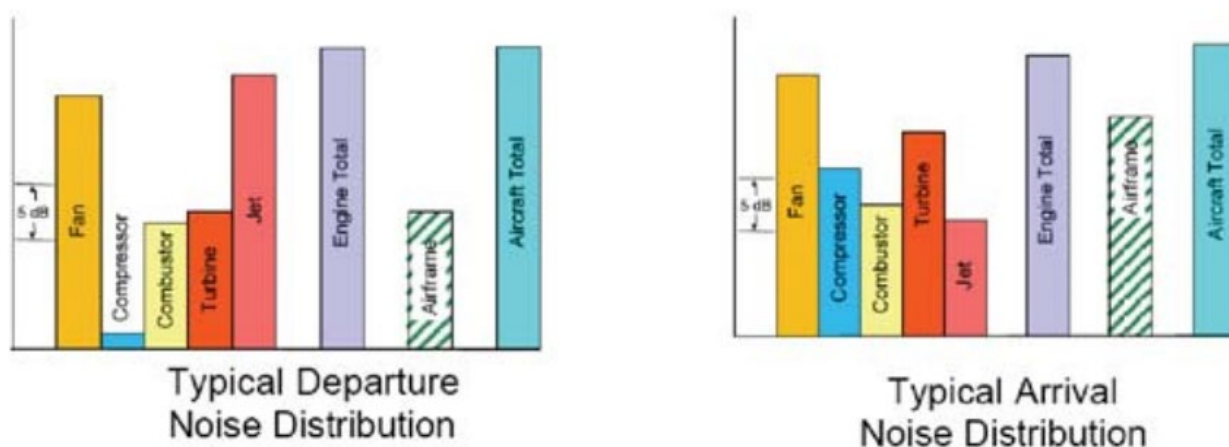


Рисунок 1.2. Типовий внесок компонентів в загальний авіаційний шум для сучасного літака з турбореактивними двигунами [7]

Виходячи з рисунка 1.2. можна зробити висновки, що найгучнішою складовою шуму двигуна – є шум вихідного струменя, а рисунку 1.3 показана швидкість збільшення загального рівня звукового тиску турбореактивного двигуна в залежності від швидкості вихідного струменя.



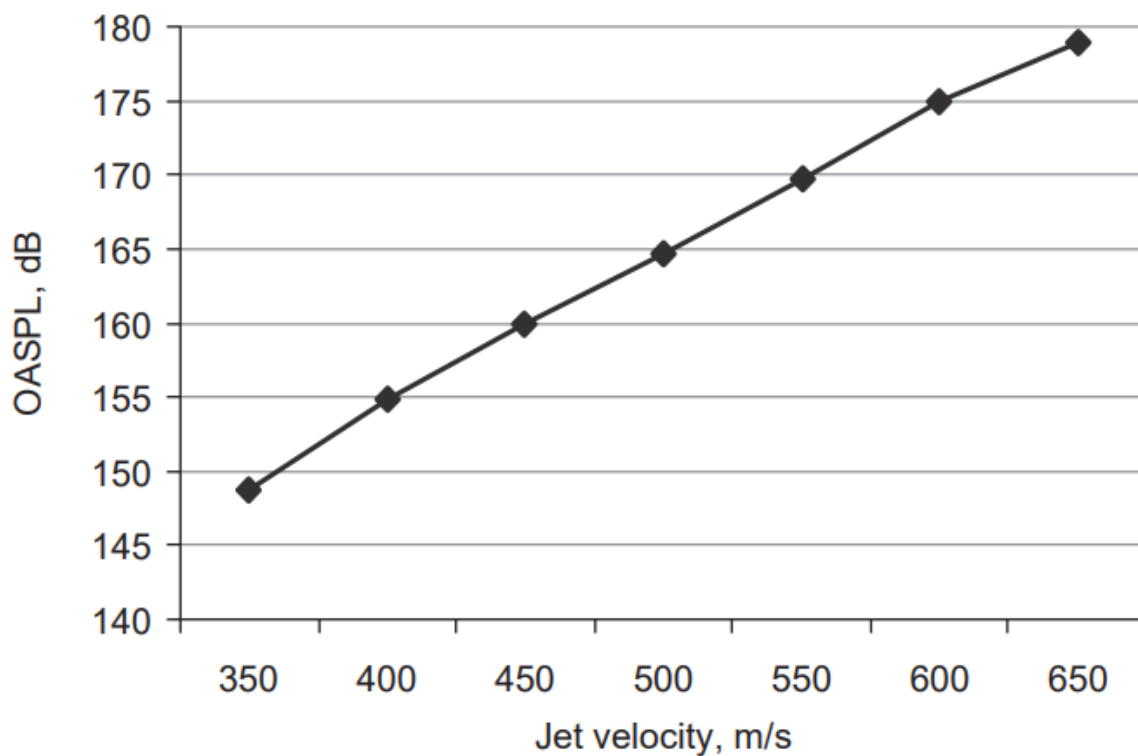


Рисунок 1.3. Спектр звукового тиску створюваного вихідним струменем турбогвинтового двигуна від швидкості струменя [7]

Знаючи те, що при зміні кута випромінення вихлопного струменя, буде змінюватись й спектральна характеристика шуму струменя двигуна. Тому щоб її графічно зобразити, спочатку зафіксуємо швидкість руху вихідного струменя при деякому куті випромінення до горизонту. На рисунку 1.4. покажемо спектральну характеристика рівнів шуму вихідного струменя турбореактивного двигуна при різних кутах випромінення (від  $20^\circ$  до  $150^\circ$ ).

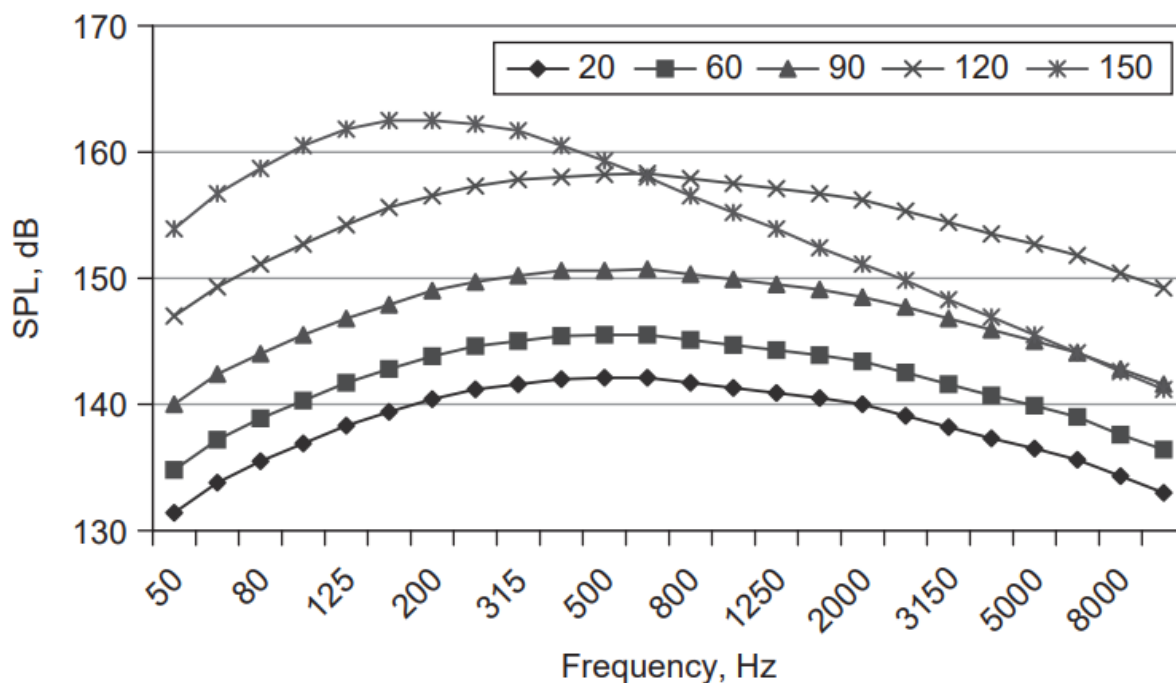


Рисунок 1.4. Спектр шуму вихідного струменю турбогвинтового двигуна в залежності від кута випромінювання струменя зі швидкістю  $v = 630$  м / с [7]

Повернемося трішки до початку, повітря яке потрапляє в двигун, спочатку проходить через вентилятор, далі потрапляє через компресор в камеру згорання з якого виходить через турбіну. Усі з цих компонентів окрім камери згорання створюють тональний й широкосмуговий шум, який, виникає через взаємодію неоднорідного тиску з турбулентним потоком.

Отже, внаслідок проходження повітря через лопаті утворюється тональний сигнал, а також виникають й інші додаткові чисті тони, які супроводжуються надзвуковими числами Маха наконечника, пов'язані з утворенням ударних хвиль та надзвуковими потоками на лопатях – це явище можна завжди зустріти при зльоті літака. Тональність такого шуму можна простежити не лише на основній частоті, а й на другій гармоніці, також на рисунках 1.5 і 1.6 можна побачити спектр шуму вентилятора який працює в обох напрямках на трьох різних режимах роботи зі змішаним потоком повітря.

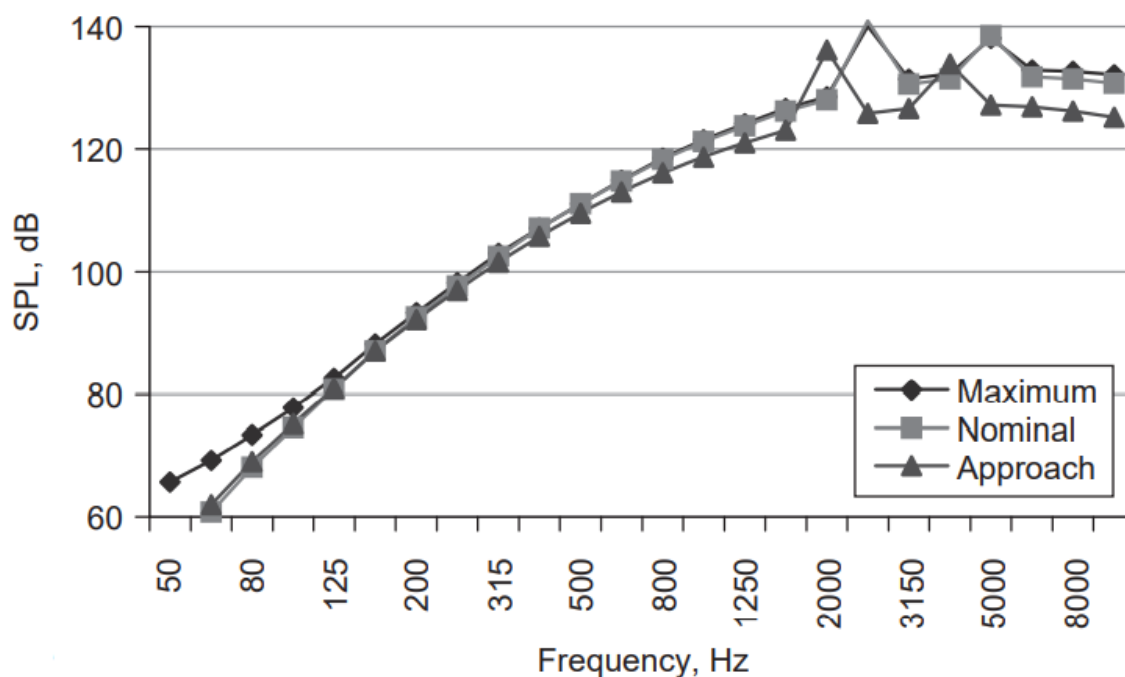


Рисунок 1.5. Спектр шуму створюваний вентилятором при роботі в прямому напрямку при різних режимах роботи турбогвинтового двигуна зі змішаним потоком повітря [7]

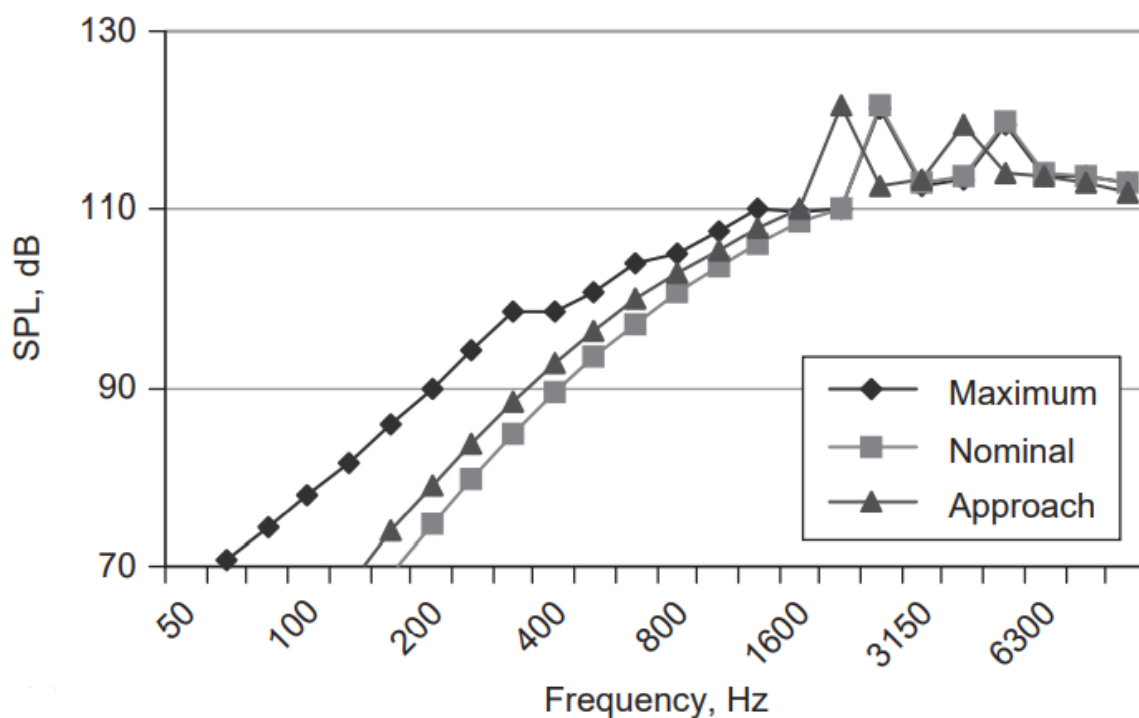


Рисунок 1.6. Спектр шуму створюваний вентилятором при роботі в зворотному напрямку при різних режимах роботи турбогвинтового двигуна зі змішаним потоком повітря [7]

Звідси ми можемо побачити, що під час заходу літака на посадку – частота звукових сигналів зменшується, це обумовлюється тим, що зменшується обертання самого гвинта.

Після того як повітря пройшло лопаті гвинта, воно потрапляє через компресор до камери згорання. Шум який утворюється в цій камері виникає внаслідок згорання палива в турбулентних потоках повітря. Шум на виході має більше низькочастотну складову, це обумовлено тим, що він утворюється в зонах з коливанням температур, а також стрибку тиску вже в самій турбіні. На рисунку 1.7 зображено спектр шуму який виник внаслідок згорання палива в турбовентиляторному двигуні при максимальній тязі.

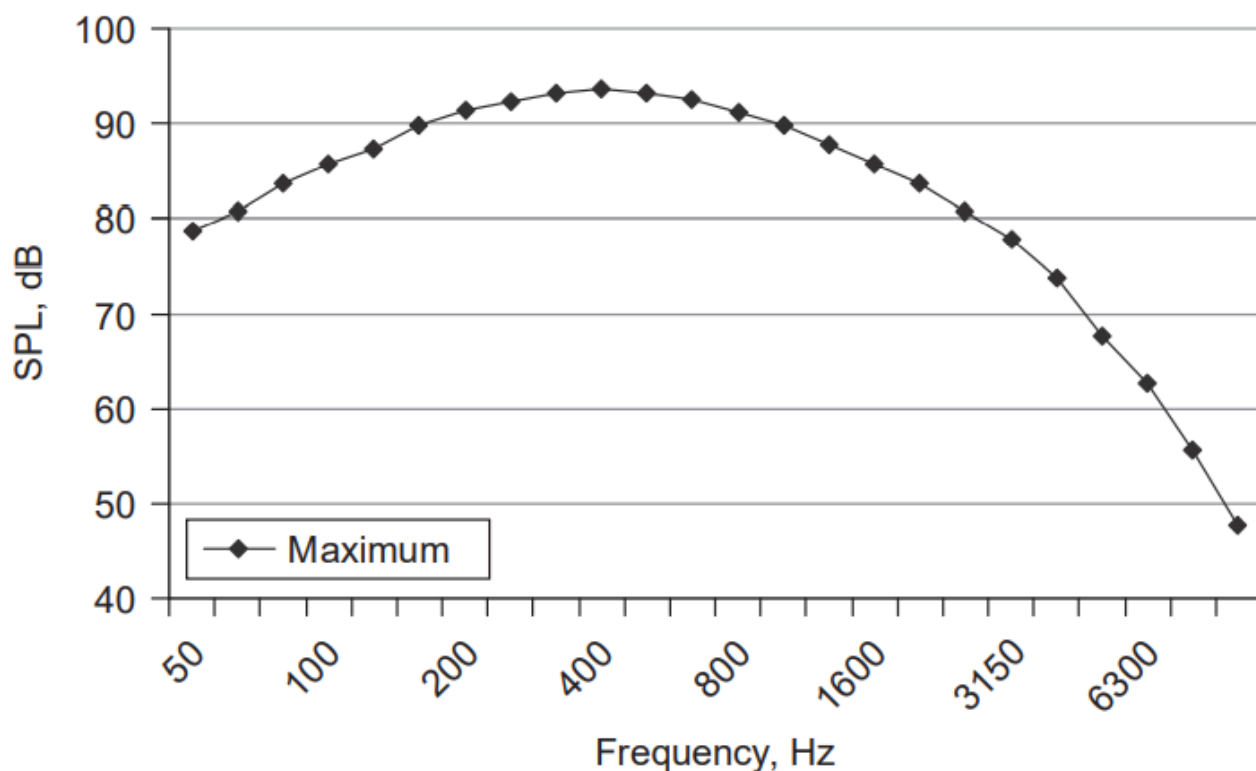


Рисунок 1.7. Спектр шуму камери згорання турбогвинтового двигуна при роботі на максимальній тязі [7]

Кінцевим джерелом шуму в двигуні, є той який створюється турбіною. Враховуючи те, що шум є переважно високочастотним, тому основний вклад вносить частота обертання лопатей ротора, це можна помітити на рисунку 1.8.

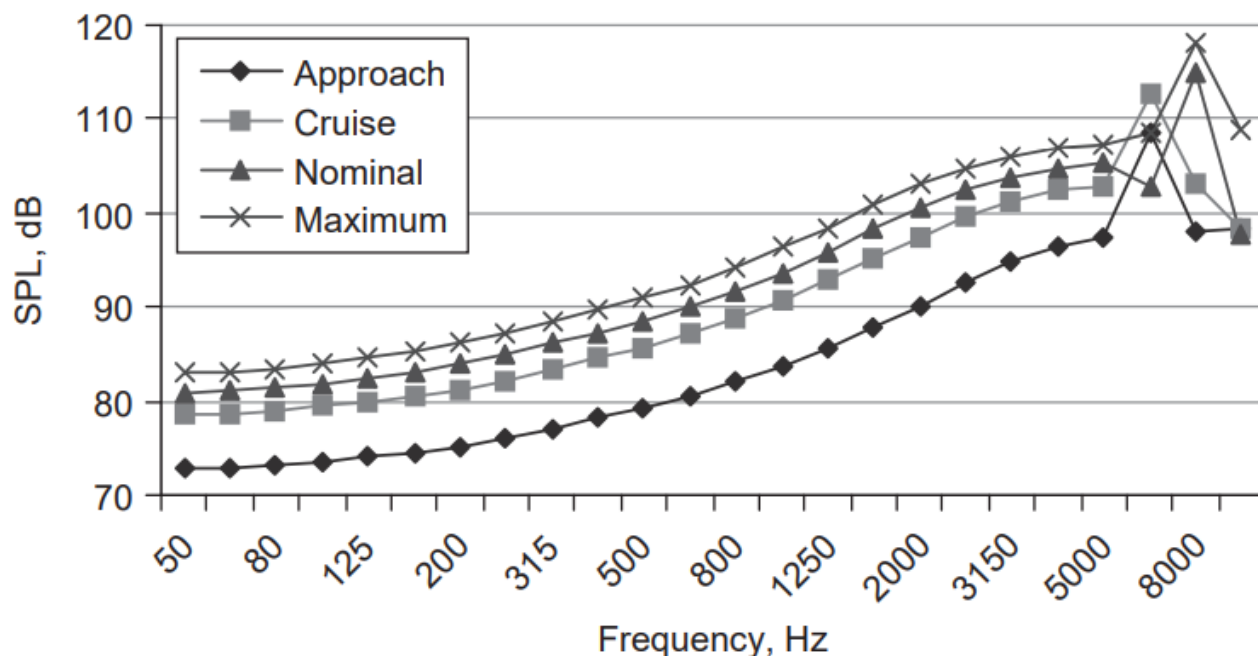


Рисунок 1.8. Третино октавні спектри шуму турбіни для чотирьох режимів роботи двигуна [7]

Щоб поборотись з шумом двигуна, потрібно досягти зниження шуму вентилятора, компресора, жиклера, турбіни та камери згорання, а також механічного шуму рухомих частин двигуна. Усе це можна зробити завдяки модернізуванню усіх компонентів та збільшенні коефіцієнта двоконтурності.

### 1.1.2. Аеродинамічний шум

Аеродинамічний шум літака включає в себе шум створений усіма частинами корпусу літака не враховуючи двигуна, де основний вклад вносять компоненти які забезпечують підйомною силою літака. До них належать: складні аеродинамічні конструкції крила та горизонтальному та вертикальному оперенні хвоста, вінглети, передкрилки, закрилки. Також вагомий внесок вносить в шумову картину – шасі. Проте в літаків зі скороченим злетом та посадкою існують додаткові джерела шуму, це підкілеві, сопла та закрилки, а взаємодія фюзеляжу літака, шасі та кілевими елементами з повітряним потоком призводить до виникнення додаткових джерел шуму.

Для оглядового показу спектру шуму аеродинамічного шуму, на рисунку 1.9 зображено спектри шуму крила для чотирьох значень кута відхилення закрилків.

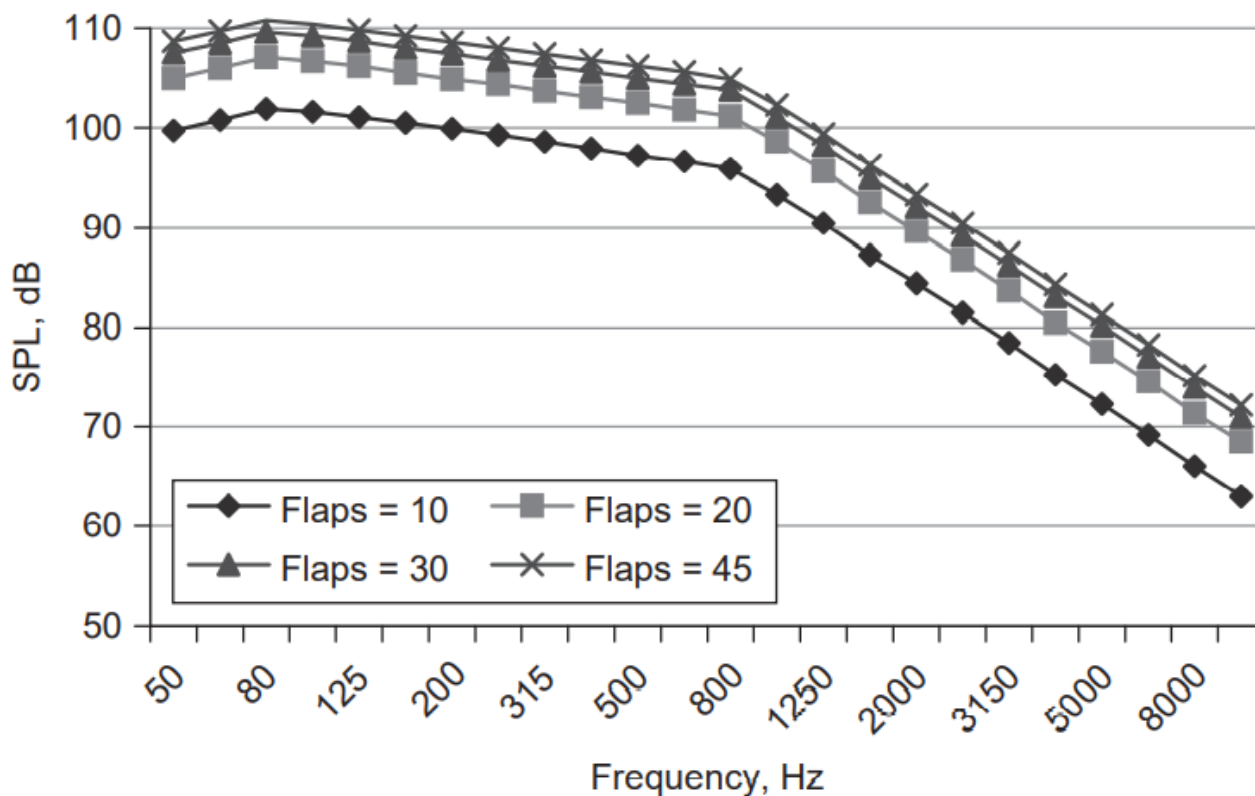


Рисунок 1.9. вплив кута відхилення закрилків на спектр шуму закрилків для літака ЯК-45[7]

Тепер для отримання середнього значення усіх різних джерел вкладу в спектри шуму турбогвинтового двигуна зобразимо рисунку 1.10.

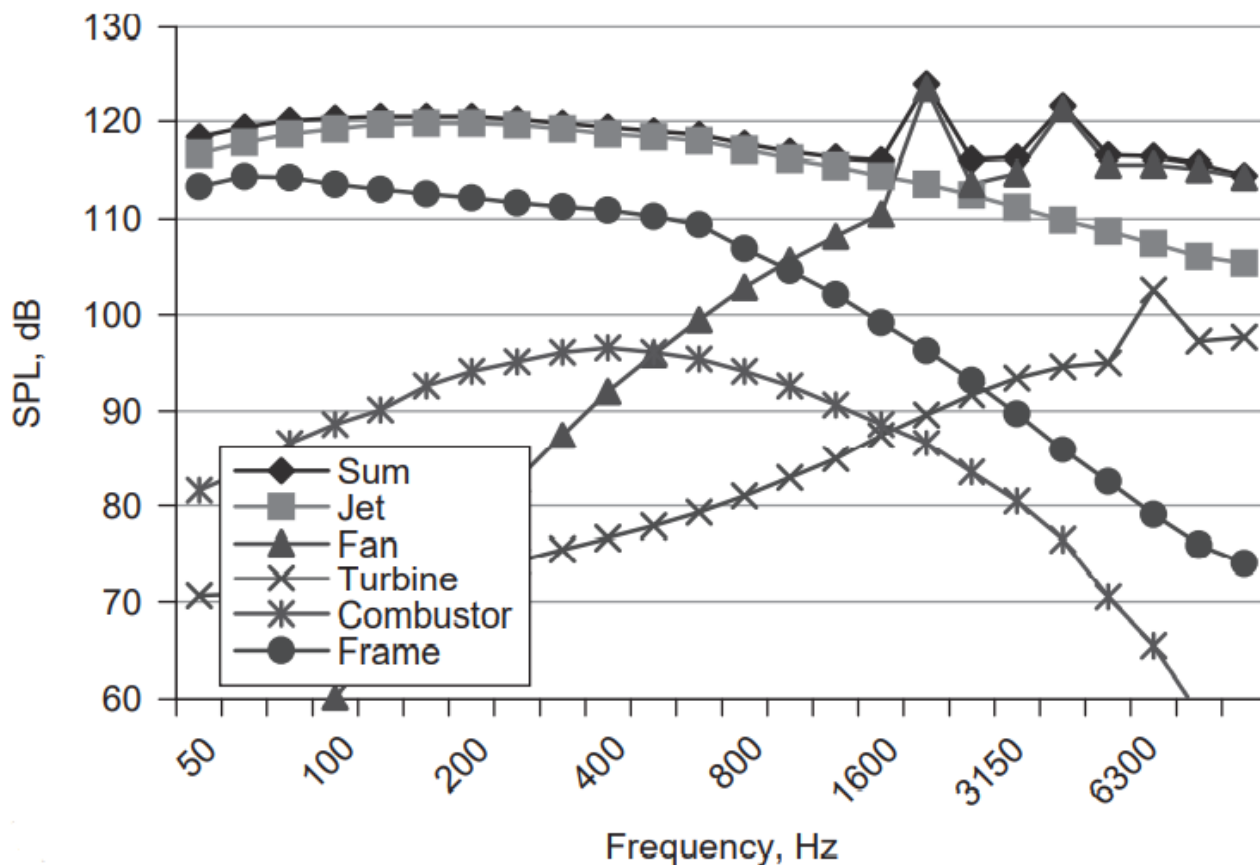


Рисунок 1.10. Розрахункові спектральні залежності джерел шуму на різних типах літаків з ТРДД при заході на посадку і при вугіллі спрямованості 90 °: Іл-86 (змішана струміль,  $v = 70$  м / с)

## 1.2. Боротьба з шумом від аеропортів

За останні півстоліття виробники літаків і двигунів разом з дослідницькими установами та університетами, урядами та міжнародними організаціями активно працювали над зниженням рівня авіаційного шуму. Усе розпочалось з моменту появи реактивних літаків в кінці 1950-х - початку 1960-х років, завдяки чому було досягнуто зниження сприйманого рівня шуму при зльоті приблизно на 20 децибел. У порівнянні з сучасними турбореактивними двигунами і турбореактивними двигунами першого покоління, перші демонструють значне зниження загального шуму двигуна. Крім того, значні досягнення в конструкції планера та силової установки (двигуна та гондоли) в поєднанні з поліпшенням льотно-технічних характеристик літака внесли додатковий внесок в зниження авіаційного шуму. За той же період було досягнуто значних успіхів у зниженні шуму регіональних

літаків з гвинтом. А на тлі цього значного прогресу в зниженні авіаційного шуму і з урахуванням очікуваного зростання світового парку повітряних суден виробники мають намір продовжувати свої зусилля щодо подальшого зниження впливу авіаційного шуму в аеропортах і навколо них. У свою чергу аеропорти в усіх розвинених країнах світу розпочали самостійний контроль шумового забруднення від літаків які використовують їх злітно-посадкові смуги. При виявленні перевищення деякого порогового значення шуму, оператори аеропортів накладають значні фінансові штрафи на авіаперевізника, що у свою чергу, змушує останнього, більш швидше замінювати застарілий літак на сучасніший варіант.



## 2 СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ШУМУ В АЕРОПОРТАХ

### 2.1. Будова систем моніторингу

#### 2.1.1. Що таке система моніторингу

В XXI практично кожен аеропорт має системами моніторингу авіаційного шуму, де кожна така система може відрізнитись не лише конструкцією самого приладу, а й можливостями її роботи. Власне, ці системи можна розділити на два типи:

— Портативні системи контролю шуму – вони потрібні для проведення тимчасових, не завжди кооткочасних, замірів шумового стану середовища в прилеглих до аеропорту територій.

— Стаціонарні системи контролю шуму – ці системи потрібні для проведення постійного та безперервного контролю шуму.

Кожна з цих систем, є дуже важливою для аеропортів, адже завдяки портативним СМШ, вони отримують здатність реагувати на скарги людей, які проживають неподалік від самих злітно-посадкових смуг або ж знаходяться на траєкторіях руху літаків під час заходу на посадку чи злеті. Завдяки стаціонарним СМШ, можна контролювати рівень шум у вже визначених місцях завдяки портативним таким системам. Кількість таких систем у кожному аеропорті різняться, наприклад в аеропорту Наріта (Японія) таких установок більше 50-ти а в інших зістрічаються лише 2. Де кількість самих установок залежить як від конфіграції схем злітно-посадкових смуг, так й ситуації відносно чутливих до шуму місць та їх кількості, які підлягають моніторингу (школи, лікарні, дитячі садки, спальні райони, тощо)

Для того щоб встановити СМШ навколо аеропорту, слід провести невелике трьох етапне дослідження. А саме:

— розробити попередній набір контурів шуму з впровадженням аналітичної;

— для вибору місця розташування системи моніторингу шуму слід виходити з розрахованих даних контурів шуму;

— привести дані моніторингу до типових умов польоту та оновити контури шуму.

Ідеальна конфігурація СМШ має містити в собі:

- обладнання для вимірювання рівня шуму літаків та фонового шуму в обраних місцях навколо аеропорту;
- запис графіка руху повітряного судна з диспетчерського містка;
- кореляцію виміряних шумових подій з польотами літаків;
- можливість ідентифікації літака, пов'язаного з шумовими подіями;
- сервер зберігання даних;
- можливість створення звітів по результатам вимірювань завдяки використанню бази даних оперативної та постійної інформації.

Так як велика кількість СМШ включає в себе лише моніторинг шуму та не проводить ідентифікацію самого джерела, це призводить до того, що аеропорти змушені наймати спеціально обучених працівників, які будуть займатись самою ідентифікацією, порівнюючи дані СМШ з даними від радіолокаційних станцій, а інколи навіть прослуховуючи аудіо доріжки, які записуються станціями при фіксації перевищення деякого порогового рівня шуму. Проте існують й такі СМШ що мають здатність ідентифікувати джерело завдяки проведенню кореляції шумових подій з даними траєкторії польотів, або за допомогою кореляції шумових подій з даними розкладу польотів. Найкращим в даному випадку вважається перше. Для забезпечення такого моніторингу шуму, потрібно включати інтерфейс зв'язку з даними радару аеропорту для отримання даних траєкторій руху літаків. Далі слід провести кореляцію виміряних шумових подій з рухами (або ж становищем) повітряного судна на траєкторії польоту. Проте й дана система має свій недолік. Цим недоліком є те, що поріг, для реєстрації шумової події, обирають дещо вище ніж встановлений нормами закону, щоб нівелювати реєстрацію шумів від сторонніх джерел (шуму від залізниці чи шуми створювані автомобілями чи іншими транспортними засобами). Це зумовлено тим, що при реєстрації перевищення

обов'язковим є збереження аудіозапису шумової події, а це тяжко позначається на сервері зберігання даних. Тому й ця система не є ідеальною.

Іншим важливим фактором для спостереження, є під'єднання СМШ до метеорологічних станцій, для збору інформації про погоду. До Цієї інформації відноситься: швидкість та напрямок вітру, температура та відносна вологість повітря. Завдяки цьому забезпечується інтерпретація даних як для шуму, так й для аналізу траєкторії польотів.

Проте існує й потреба в підсистемі для обробки скарг та повіомлень від людей, яких дратує шум.

На рисунку 2.1 зображено структурну схему двох СМШ аеропорту, які включають блоки управління траєкторії польотів

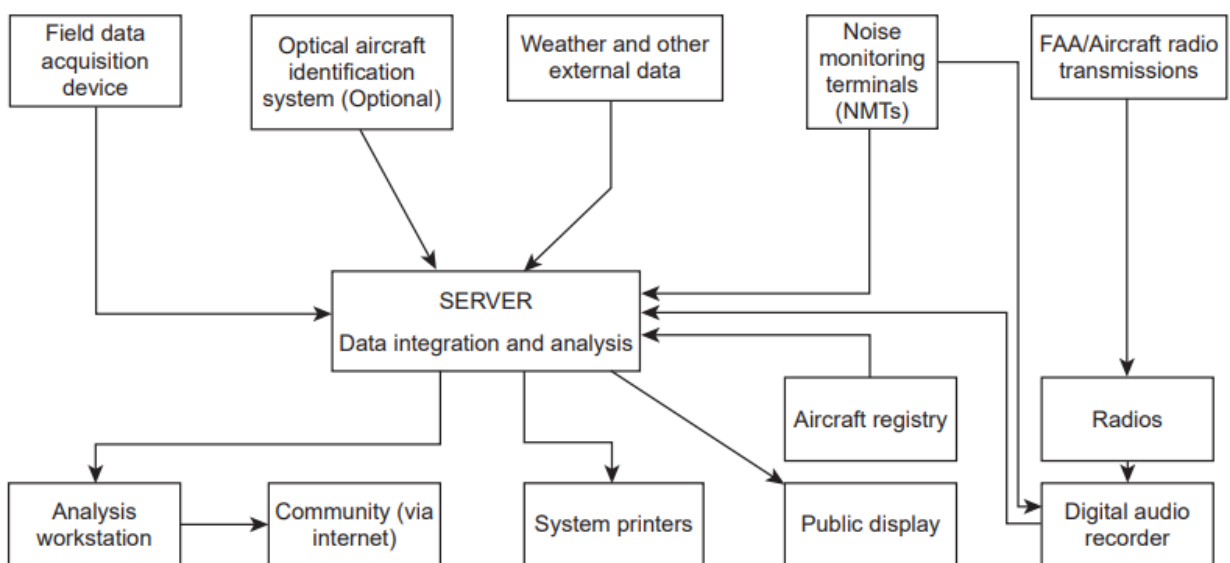


Рисунок 2.1. Структура системи моніторингу авіаційного шуму [7]

### 2.1.2. Центральна станція моніторингу шуму

Центральна станція моніторингу шуму разом з терміналами моніторингу шуму є основними компонентами при реєстрації шуму, саме від них залежить якісна реєстрація шумової події та ідентифікація джерела яка створила цю подію. Завдяки центральній системі контролю шуму та її можливості роботи разом з системами відстеження траєкторій рху літаків, зіставляють дані радарів з даними отриманими від терміналів моніторингу встановлених у різних місцях. Завдяки

цьому аеропорти отримують можливість виявляти порушення граничного рівня шуму при здійсненні літаками посадки / злету. В такому випадку мережа зв'язку з радаром аеропорту повинна бути реалізована автономно.

Ключовим фактором в такому випадку буде те, що отримана інформація про маршрути польоту, що надаються радіолокаційними станціями, були точними. Забезпечення такої точноості можливе за умови порівняння треків отриманих від бортового обладнання яке знаходиться на самих літаках з треками наданими радіолокаційними системами.

Ідеальна центральна система моніторингу шуму, повинна:

- забезпечувати просте й максимально швидке оброблення та аналіз зібраних даних;
- забезпечити просту та легку інтеграцію при додаванні нових терміналів моніторингу шуму, чи будь якого іншого периферійного обладнання;
- бути максимально відкритою та допускати просту інтеграцію в інфраструктуру аеропорту та супутнього операційного середовища;
- Забезпечити максимальну захищеність інформації, що міститься в ній.

### **2.1.3. Термінали контролю шуму**

Другою, та не менше важливою основною частиною моніторингу шуму є термінал контролю шуму. Ці термінали зазвичай працюють цілодобово та постійно передають усю інформацію на центральну систему моніторингу задля подальшої обробки шумових подій та за необхідності їх візуалізації. Кожен термінал повинен забезпечувати не лише передачу інформації в реальному часі, а також забезпечити її зберігання внаслідок непередбачуваних збоїв при процесі передачі. Робота стаціонарних систем забезпечується живленням від змінного струму, а під час перебоїв при подачі електроенергії, живлення відбувається за рахунок резервних батарей протягом декількох днів.

Основні складові системи моніторингу шуму:

- мікрофон, закріплений на високій щоглі;

- операційний блок з різним обладнанням для аналізу звукових сигналів, захищеного антивандальним та водонепроникним корпусом;
- жорсткий диск для збереження результатів аналізу;
- модем для забезпечення передачі даних на центральну станцію;
- системи живлення (від мережі та / або батареї).

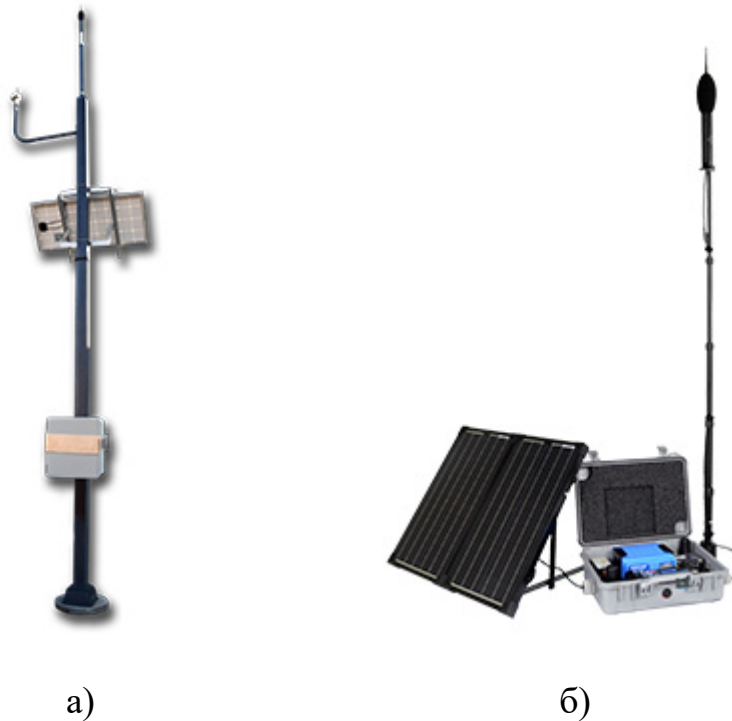


Рисунок 2.2. Системи моніторингу шуму: а) стаціонарна система моніторингу шуму; б) переносна система моніторингу шуму [8]

Для забезпечення отримання достовірних результатів мікрофон слід розташовувати якомога далі від буд-яких звуко-відбивальних об'єктів, а також захистити його від дії птахів та вологи. Мінімальна відстань при якій дозволено розташовувати мікрофон від звуко-відбивальної поверхні повинна бути 10 м.

Мікрофон який буде здійснювати вимірювати повинен складатись з: мікрофонного капсулю, попереднього підсилювача, калібрувального пристрою, захисту від дощу, блискавковідводу, вітрозахисту, опори мікрофонного пристрою, пристрою захисту від птахів, та повинен відповідати вимогам першого класу Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) 61672-1. Висота на якій слід

розміщувати мікрофон, повинен становити не менше 6 м над землею, проте для замірів шуму створюваного реактивними літаками з двоконтурними двигунами та за умов, що кут між мікрофоном та бортом будь-якого літака – завжди буде більшим 30 градусів, можна використовувати мікрофон висотою до 1,2 м.

Розташування терміналів контролю слід обирати так, щоб звести до мінімуму реєстрацію паразитних шумів, а різниця між фоновим шумом та найтихішим шумом від літака повинен бути не менше 15 дБА. Проте не слід забувати, що прилади повинні мати широкий динамічний діапазон (не менше 80дБ), для забезпечення якісної реєстрації різких перепадів рівнів звуку при вимірюванні шумових подій. Зокрема, це стосується ситуації, коли моніторинг відбувається в нічний час доби неподалік аеропорту, коли фоновий шум рівний близько 30 дБА а шум літака який пролітатиме на посадку чи при його злеті – становитиме більше 90 дБА.

При вимірюванні зовнішнього шуму, термінали контролю здійснюють широкосмугові заміри, проте для більш детального аналізу слід отримувати дані і в дискретних смугах частот (третинооктавних смугах). Аналізатори розподіляють шум поміж 24 смуг в діапазоні частот від 50 до 10 000 Гц, та вказують, в яких спектральних смугах знаходиться найбільше енергії шуму та показують якого набуває вона значення.

Так як даних дуже багато, а помилки при передачі даних можуть час від часу виникати, слід потурбуватись й про локальне їх зберігання. Для цього достатньо помітити в термінал жорсткий диск на декілька терабайт пам'яті або SSD накопичувач.

Аеропорти на відмінно від стаціонарних терміналів моніторингу мають й портативні, які використовують для дослідження рівнів шуму не лише в перспективних місцях, де з часом можливе встановлення стаціонарних, а й в квартирах чи інших житлових приміщень, або ж на територіях шкіл, лікарень, тощо. Переносні термінали моніторингу повинні мати не обов'язково такі ж характеристики та можливості як і стаціонарні, проте повинні забезпечувати інтеграцію з центральною системою моніторингу.

Отже, розглянемо декілька ключових моментів на які слід звернути уваги при виборі місця розташування персональної системи моніторингу шуму:

- термінал повинен розташовуватись в зоні прямої видимості усіх можливих літаків, які пролітатимуть над цією зоною;
- район для проведення моніторингу повинен бути житловим та розташовуватись не даліше ніж 10 км від найближчого кінця найближчій злітно-посадкової смуги;
- зона дослідження повинна бути відносно тихою, щоб досліджуваний шум, як правило, виявлявся вищим за фоновий.
- повинен бути доступ до інтернет покриття;
- канал передачі даних повинен бути захищений від можливого зловмисного пошкодження чи перехоплення.

#### **2.1.4. Інтеграція станції моніторингу з системами радіолокації та з системами збору метеорологічних даних**

Кожна система моніторингу шуму для забезпечення якісного вихідного матеріалу, потребує великої кількості сторонньої інформації. Тобто, для кращого визначення та ідентифікації джерела шуму, в нашому випадку літака, потребує інформації про місцезнаходження останнього. В навантаження до цього, інформація має поступати в реальному часі, хоча є можливим здійснювати порівняння інформації вже «пост-фактум». Тобто в нічний час доби, коли обчислювальне обладнання аеропорту найменш активне. Завдяки цьому можна заощаджувати на додаткових ресурсах.

Отримання даних від радіолокаційних можливе завдяки простому текстовому вивантаженню в форматі ASCII, які відправляється через асинхронні і часі інтерфейси, а бо ж завдяки синхронним інтерфейсам зі строгими тимчасовими вимогами.

Найпопулярнішою радіолокаційною станцією в світі є ASR-9, адже саме ця установка забезпечує точність  $\sim 0,05$  км при визначенні відстані до літака, та точність  $0,09^\circ$  при визначенні азимуту літака.

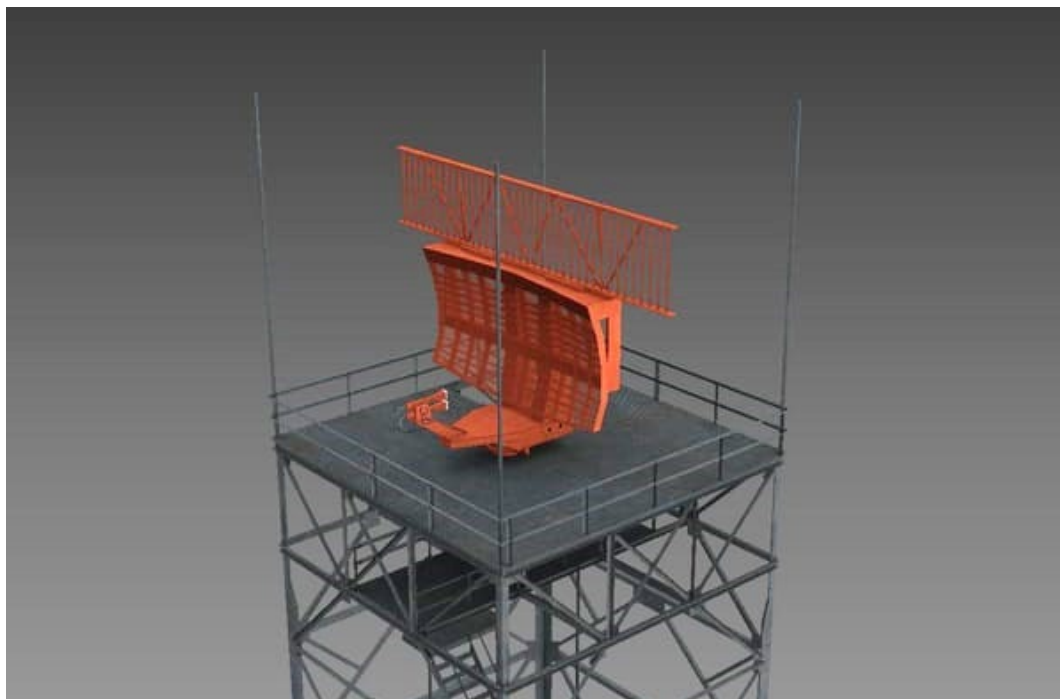


Рисунок 2.3. Макет радіолокаційної станції ASR-9 [9]

Для покращення аналітичних даних, СМШ потребують даних від метрологічних станцій, хоча деякі моделі терміналів моніторингу шуму мають метрологічні датчики у своїй комплектації. Завдяки цьому, можна якісно та більш правдиво зображати контури шуму (погодинно, щоденно, тощо). Проте не слід забувати що поза цими контурами шум нікуди не зникає, а внаслідок полоту окремих літаків чи маршрутів, може в перні дні спотворювати картинку. Хоча в місячний звіт не потрапити.

### **2.1.5. Візуалізація даних**

Оброблені та сформовані результати потребують правильного та якісного відображення. Адже незрозумілий для простої людини набір цифр, не нестиме



корисної інформації. Тому для формування звітів та оприлюднення публічної інформації, користуються різними типами візуалізації даних.

Найбільше користуються попитом картографування шумових даних. Тобто на географічні карти наносять місцезнаходження терміналів моніторингу, траєкторії польотів та переміщення самих літаків. На цих картах можна побачити рівні шуму в реальному часі, максимальне значення отримане на терміналі моніторингу протягом 24 год, контури шуму які б'ються як для одного літака, так і для суми літаків, а також усі дані літаків (бортовий номер, модель літака, перевізник, тощо). Проте в картографуванні є й свої недоліки та переваги.

На сьогодні в світі існує ряд різних аудіовізуальних додатків для демонстрації авіаційного шуму та впливу його на навколишнє середовище неспеціалізованій аудиторії за допомогою презентацій завдяки створенню імітацій звуків авіаційного шуму та різних візуальних зображень. Зазвичай ці методи використовують для створення, а потім доповідей та публікацій проектів реконструкції або ж побудови нових аеропортів чи злітних смуг. Ці проекти повинні включати невеликі презентації або брошури демонстрації населенню відмінностей в рівнях шуму, створюваного літаками, зміни шуму при використанні літаками спеціально розроблених траєкторій польотів, або ж методи зниження шуму, завдяки ізоляції будинку різними. Завдяки правильному поданні цієї інформації, можна з легкістю роз'яснити широкій аудиторії технічні характеристики шуму, які можуть використовуватися в звітах шумових даних.

Більшість аеропортів які мають власні СМШ, на власних веб-сайтах надають можливість переглядати траєкторії польотів літаків в режимі реального часу, хоча в більшості випадків із затримкою до 15 хвилин (приклад показаний на рис. 2.4-2.7). Також на картах можна буде побачити фактичні ізолінії шуму (приклад зображено на рис. 2.8) побудовані відповідно до траєкторій, реалізованими літаками та скоригованими вимірами шуму терміналами моніторингу (термінали моніторингу шуму зображені на рис. 2.9), завдяки чому показують реальний вплив шуму експлуатації літака або аеропорту в цілому.

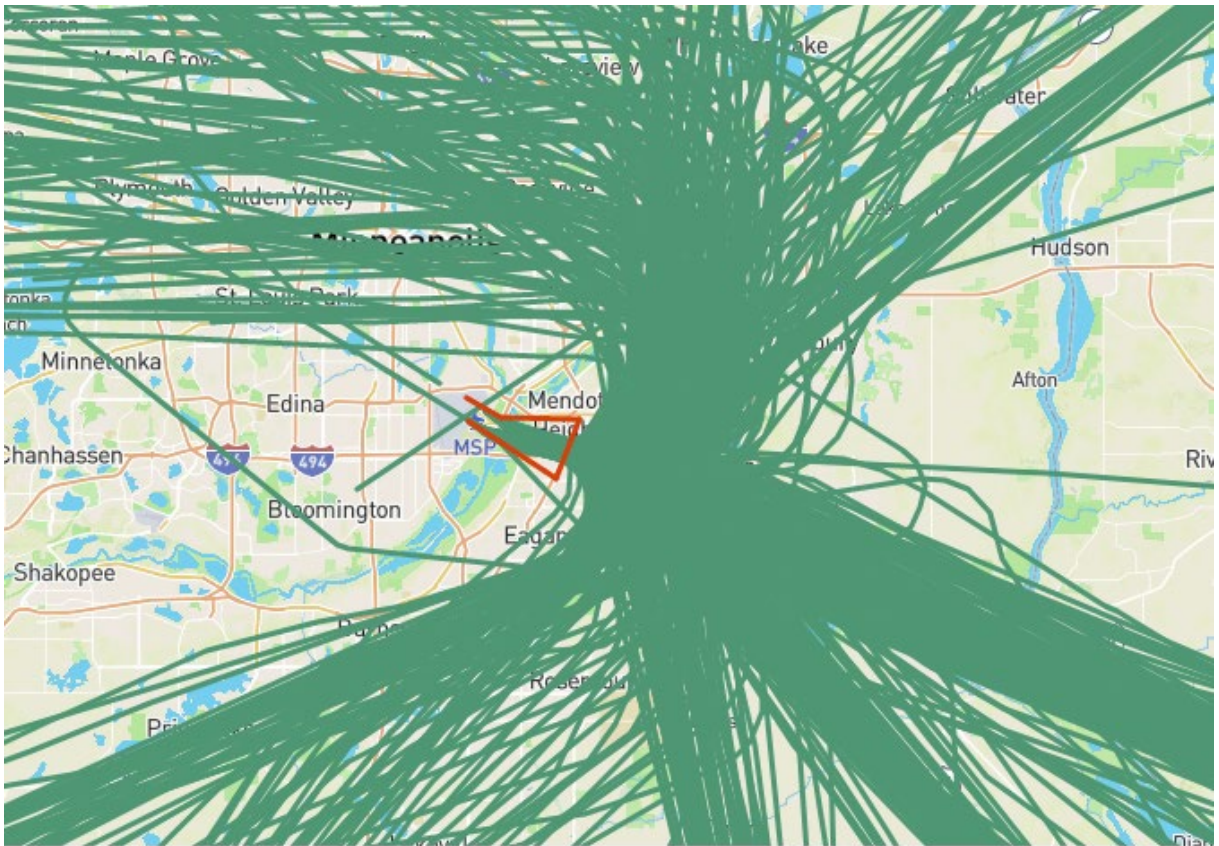


Рисунок 2.4 Траєкторії усіх типів літаків який прийняв міжнародний аеропорт «Міннеаполіс-Сент-Пол» за жовтень 2020 року (570 операцій) [10]

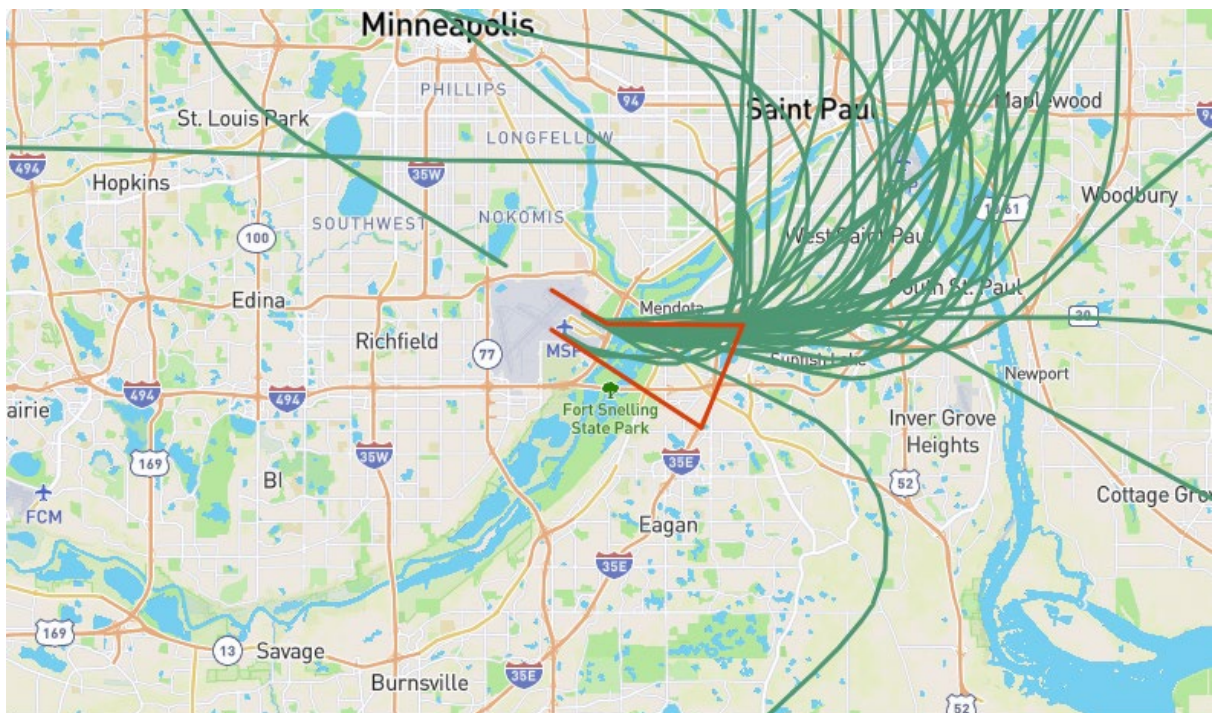


Рисунок 2.5 Траєкторії північного коридору для реактивних літаків який прийняв міжнародний аеропорт «Міннеаполіс-Сент-Пол» за жовтень 2020 року [10]

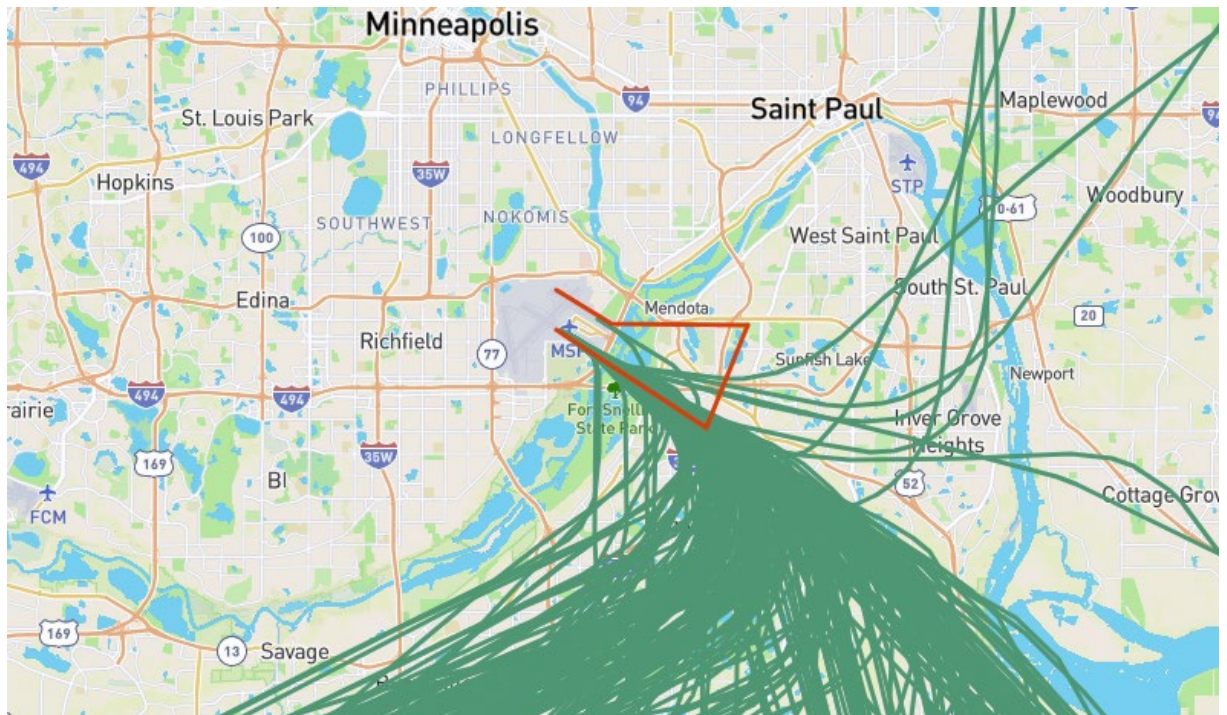


Рисунок 2.6 Траєкторії південного коридору для реактивних літаків який прийняв міжнародний аеропорт «Міннеаполіс-Сент-Пол» за жовтень 2020 року

[10]

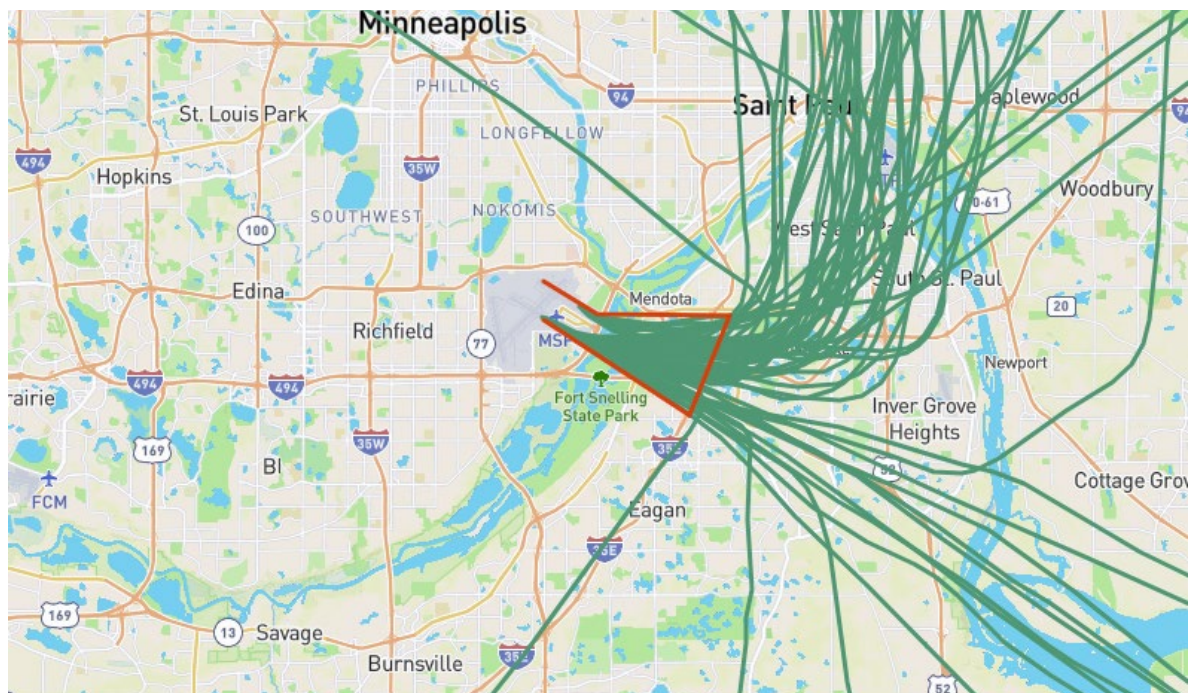


Рисунок 2.7 Траєкторії коридорів для турбогвинтових літаків який прийняв міжнародний аеропорт «Міннеаполіс-Сент-Пол» за жовтень 2020 року [10]

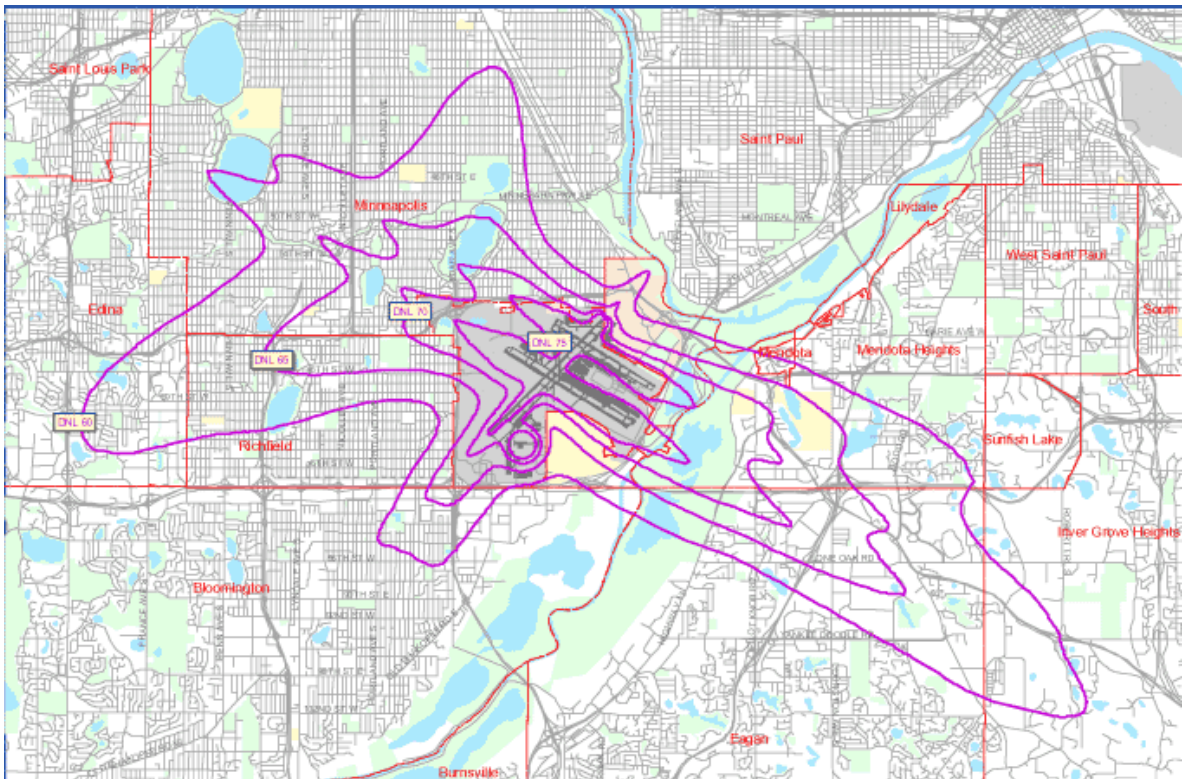


Рисунок 2.8 Фактичні ізолінії шуму побудовані навколо міжнародного аеропорту «Міннеаполіс-Сент-Пол» [11]

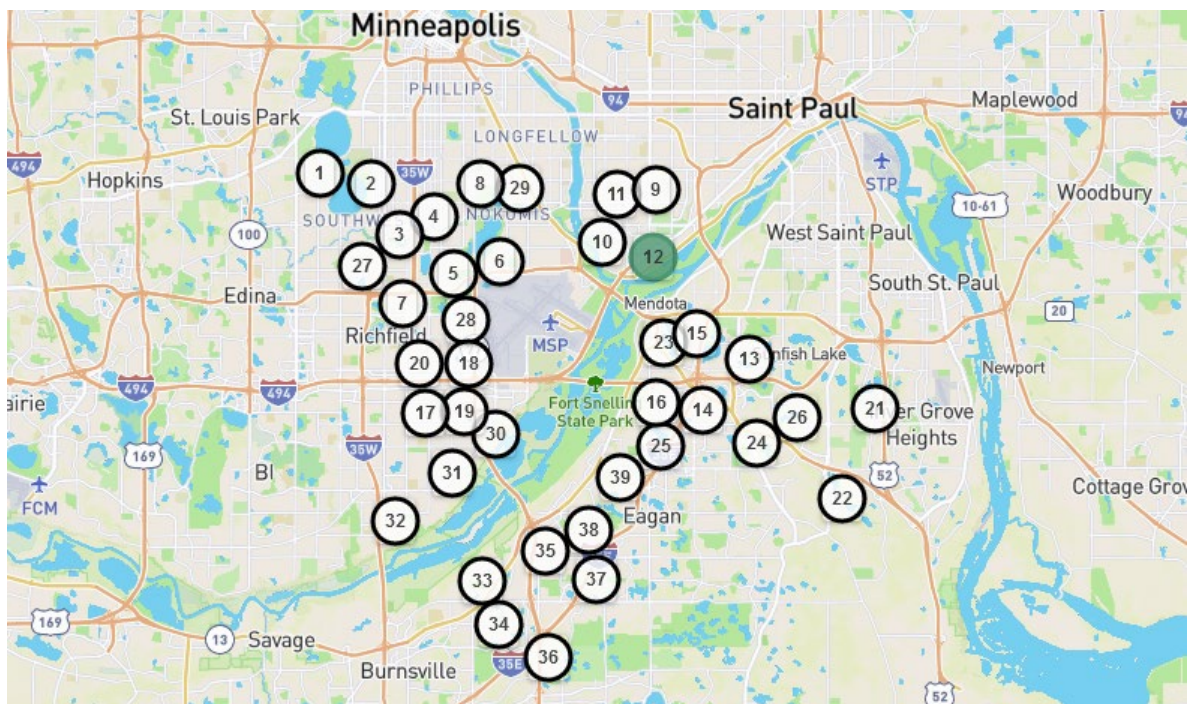


Рисунок 2.9 Розташування системи моніторингу шуму (білий кружечок – стаціонарна СМ; зелений кружечок – портативна СМ) навколо міжнародного аеропорту «Міннеаполіс-Сент-Пол» [10]

Для вдосконалення систем моніторингу авіаційного шуму, слід використовувати зв'язок даних інструментального вимірювання шуму з прогнозами на основі моделювання шуму. Завдяки цьому, можна рівень шуму навколо аеропорту, а не лише в місцях розташування терміналів моніторингу, а невеличкою перевагою можна виокремити те, що місця розташування терміналів можна вибирати застосувавши інтелектуальний пошук. Хоча не завжди можна довіряти математичним моделям, адже між результатами розрахунків та результатами вимірювань можуть бути значні відхилення, це обумовлюється тим, що більшість інструментів розрахунку чи моделювання засновані на усереднених даних. Також на зміни можуть впливати зміни сезонних чи добових змін метеорологічних параметрів, а особливо їх зміна з висотою над поверхнею землі, чи вплив топографічних характеристик, таких як ґрунтовий покрив, рослинні пояси, щільність забудови.

## **2.2. Огляд реальних систем моніторингу**

### **2.2.1. Портативна система моніторингу шуму Larson Davis NMS044**

Портативна безпроводна система моніторингу шуму Larson Davis NMS044 – це повністю автономна система моніторингу шуму побудована з використанням сонячних панелей, які забезпечують живлення протягом необмеженого періоду часу, що дозволяє виконувати вимірювання двадцятьчотири години на добу, сім днів на тиждень.



Рисунок 2.10. Портативна система моніторингу шуму Larson Davis NMS044 [12]

Дана система моніторингу складається з міцного кейсу, в якому знаходиться вимірювач рівня звуку, батарея та блок живлення, модем, а також тринога для мікрофону. Цю систему можна застосовувати для:

- Консультаційних вимірювань – надає можливість регулярно виконувати дослідження шуму в різних місцях та на різних об'єктах.
- Короткострокового моніторингу шуму в аеропортах та прилеглих до нього територій.
- Короткострокового моніторингу шуму будівництва.
- Цілодобового контролю – так як система має власний модем, для отримання віддаленого доступу до даних моніторингу та керування усіма процесами калібрування чи змін параметрів тестування, можна просто увійти зі будь-якого комп'ютера, смартфона або іншого мобільного пристрою, які під'єднані безпосередньо до мережі інтернет.
- Дистанційне або ж мережеве живлення забезпечують безперервне і стійке виконання вимірювань.

— Кожна система автоматично синхронізується з інтернет-джерелами часу, забезпечуючи точність даних при зміні часового поясу або переходу на літній час.

— Сповіщення в реальному часі – дає змогу отримувати на електронну пошту текстові повідомлення з даними та записами при перевищенні встановлених меж шуму, надсилаючи з даними – звукові доріжки власне джерел шуму, призначені для подальшої їх ідентифікації.

### 2.2.2. Стационарна система моніторингу шуму Larson Davis NMS045



Рисунок 2.11. Стационарна система моніторингу шуму Larson Davis NMS045 [10]

Стационарна система неперервного моніторингу шуму Larson Davis NMS045 існує в різних модифікаціях задля використання її за будь-яких умов при тривалому моніторингу. Дана модель володіє такими ж функціями, що й попередня портативна, та працює в режимі двадцять чотири години на добу, сім днів на тиждень. В цій системі ключові елементи які містяться в портативній версії, проте

вони укладені у спеціальний корпус зі скловолокна та прикріплений до труби-опори. Дану систему можна використовувати, як:

— Стационарну систему моніторингу шуму в аеропортах, завдяки можливості довгострокового моніторингу шуму, безперервно надаючи широкий спектр даних з вимірювань.

— Використані при виробництві матеріали забезпечують довговічність, захищаючи систему від вандалізму та інших механічних пошкоджень, тим самим забезпечуючи безперервність вимірювань.

— Постійний моніторинг шуму в місті. Незалежно від того, чи ведете ви моніторинг біля моста, жвавій вулиці, заводу або нічного клубу, NMS045 допоможе вам безперервно вимірювати рівень шуму, надаючи дані для створення більш приємного спільноти, яке б закони.



### **3 КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ШУМУ В АЕРОПОРТАХ**

Комплекс – це два або більше різнопланових виробів, виготовлених не обов'язково одним і тим же виробником, але з'єднаним в місці експлуатації, та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій. [13]

Для отримання якісного та максимально інформативного звіту з моніторингу шуму, потрібно мати не лише одну чи декілька систем моніторингу самого шуму, але й інші системи, такі як системи радіолокації, метрологічні станції, геоінформаційні системи, та інші. Тому усе це потрібно об'єднати не лише в єдине ціле, а й зменшити залучення персоналу яке повинне обслуговувати усі ці системи. Тому для покращення та пришвидшення отримання звітів та інформації про шумове забруднення, слід автоматизувати не лише збір інформації, а й проведення первинної обробки даних.

#### **3.1. Ідентифікація шуму створюваного літаками**

Отже, почнемо з власне систем моніторингу шуму. Відомо, що системи моніторингу вимірюють повністю увесь шум, це не лише авіаційний, а й шум від грози, автомобілів, залізниці, чи інших джерел. Тому для ідентифікації безпосередньо самого джерела шуму, використовується концепція «шумової події». В усіх системах вона налаштована як спрацювання системи щоразу при перевищенні деякого порогового значення рівня шуму, який попередньо було встановлено користувачем (дивіться рисунок 3.1). В таких випадках, вибір порогових значень, як правило, є компромісом між забезпеченням вимірювання та ідентифікації як можна більшого числа повітряних суден і запобіганням перевантаження ємності пам'яті системи великою кількістю сторонніх шумових подій, не пов'язаних з літаками. Тому не усі порушення, особливо близькі до мінімальних, реєструються системами моніторингу, а усі зареєстровані спочатку звіряються з даними від радіолокатора, а потім проходять етап перевірки прослуховуванням персоналом спеціально для цього створеним в аеропортах. Лише після цього відбуваються сповіщення та накладання штрафів на перевізників.

Увесь цей довгий шлях від отримання інформації про перевищення порогу, до сповіщення перевізників про правопорушення, проходять більшість аеропортів по усьому світі. Тому для залучення меншої кількості персоналу та обробки більшої кількості інформації, слід застосувати альтернативний вид ідентифікації літаків та створюваного ними шуму.

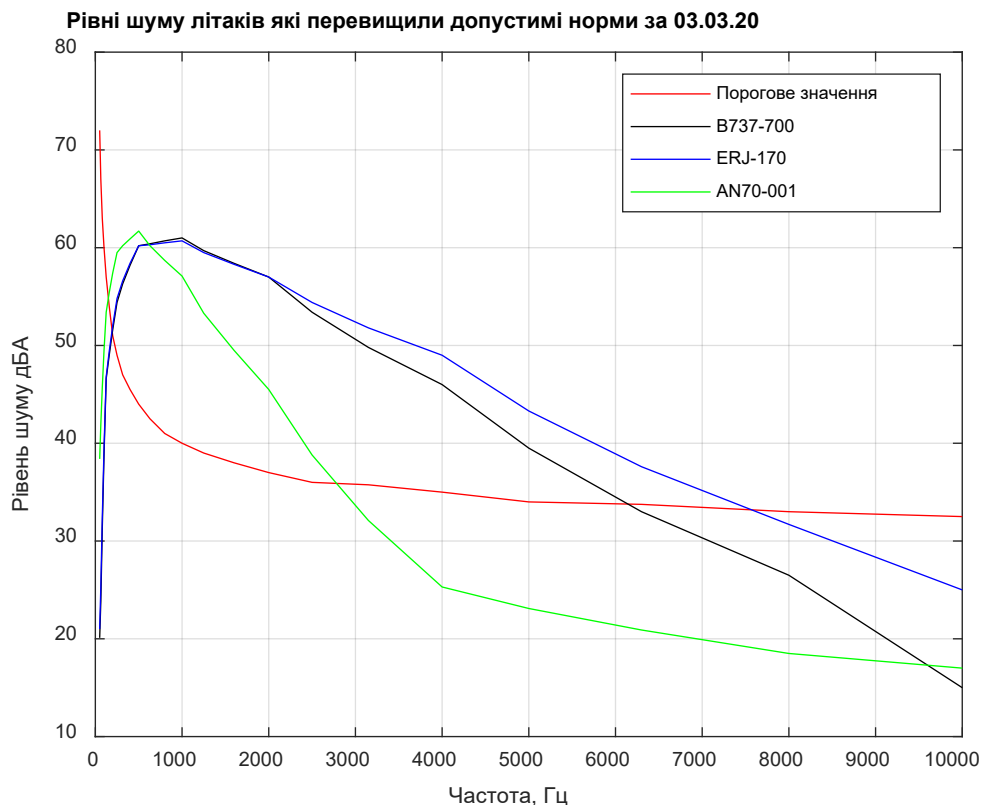


Рисунок 3.1. Реєстрація шумових подій створених літаками

Альтернативним варіантом для ідентифікації шуму створюваного літаком можна використати завдяки проведенню спектрального аналізу отриманого шуму від системи моніторингу.

### 3.1.1. Первинна обробка даних

Спочатку створюємо базу даних аудіо сигналів шумів створюваних літаками (за типом двигуна: турбогвинтові літаки, реактивні двоконтурні, гвинтові; за типом літака: пасажирські та вантажні), а також базу даних найпоширеніших паразитних

шумів які можуть зустрічатись при стаціонарному моніторингу (наприклад, шуми які використовувались в даному дослідженні: шуми створені автомобілями, грозою, дощем, сиренами, залізницею, то що.)

Отримані записи шумів в діапазоні частот від 125 до 10000 Гц пропустимо по черзі через гребінку із двадцяти 1/3-октавних нерекурсивних смугових фільтрів Чебишова другого роду [14]. Значення центральних частот  $f_0$  та смуг пропускання  $\Delta f$  фільтрів наведено в табл. 5. Порядок фільтрів становить 5000, це дозволяє реалізувати амплітудно-частотну характеристику фільтрів практично прямокутної форми (рис.3.1) із низьким рівнем бокових пелюстків (приблизно -110 дБ).

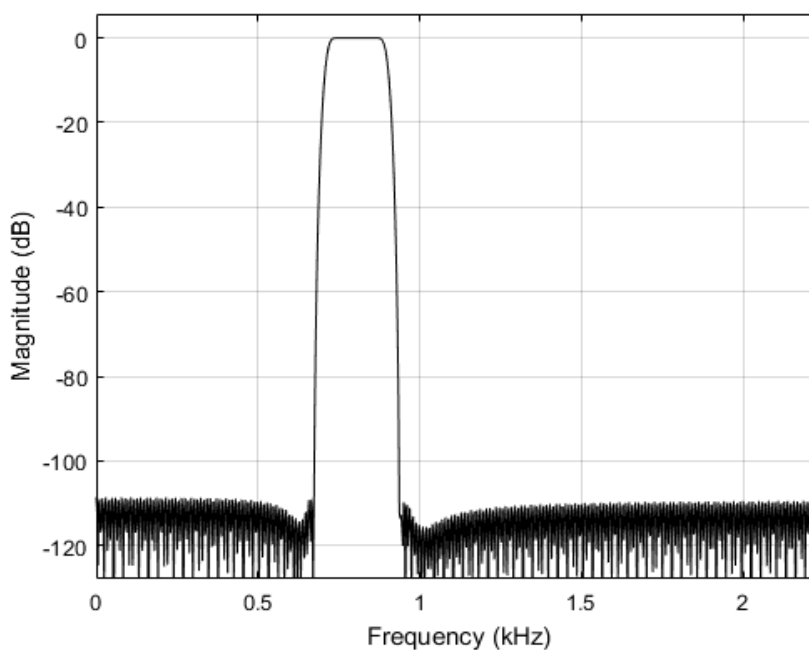


Рисунок 3.2 АХЧ фільтра для частоти  $f_0=800$ Гц

Таблиця 3.1 Параметри гребінки фільтрів

$f_0$ , Гц	$\Delta f$ , Гц
125	112-140
160	140-180
200	180-224
250	224-280
315	280-355
400	355-450
500	450-560
630	560-710
800	710-900
1000	900-1120
1250	1120-1400
1600	1400-1800
2000	1800-2240
2500	2240-2800
3150	2800-3540
4000	3540-4500
5000	4500-5600
6300	5600-7100
8000	7100-9000
10000	9000-11200

Для отримання значень  $G_i$ ,  $i = \overline{1,11}$ , оцінок спектру потужності сигналів, шляхом оцінювання дисперсії  $D_i$  сигналів із виходів кожного  $i$ -го фільтра та аналізуються:

$$G_1 = \frac{D_i}{\Delta f_i}. \quad (1)$$

Для знаходження «первинних» класифікаційних ознак використано значення  $G_i$ ,  $i = \overline{1,11}$ , нормовані за по дисперсією  $D$  процесу, що аналізується:

$$P_1 = \frac{G_i}{D}. \quad (2)$$

### 3.1.2. Оцінювання інформативності первинних класифікаційних ознак

В якості міри інформативності первинних класифікаційних ознак  $P_i$  використано так звану «відстань Махаланобіса» [15]:

$$d_i = \frac{|m_{i1} - m_{i2}|}{\sqrt{\sigma_{i2} \cdot \sigma_{i1}}}, \quad (3)$$

, де  $m_{i1}$  та  $m_{i2}$  - математичні очікування випадкових величин  $P_{i1}$  та  $P_{i2}$ , а  $\sigma_{i1}$  та  $\sigma_{i2}$  - стандартні відхилення випадкових величин  $P_{i1}$  та  $P_{i2}$ . Цифрами «1» та «2» позначено номери класів.

Для знаходження потрібних нам класифікаційних ознак, а саме відстаней Махаланобіса для авіаційних шумів, створимо скрипт в середовищі MATLAB, та дослідимо аудіодоріжки спочатку для одних а потім для інших. Для цього, наші аудіодоріжки з шумами пропустимо через гребінку третинооктавних фільтрів в діапазоні від 50Гц до 10 кГц а далі користуючись формулою 3 знайдемо потрібні нам відстані.

Скрипт:

```
char_wave=["C:\..."];
cells=["B2:U2", "B3:U3", "B4:U4", "B5:U5", "B6:U6", "B7:U7", "B8:U8", "B9:U9", "B10:U10", "
B11:U11", "B12:U12", "B13:U13", "B14:U14", "B15:U15", "B16:U16", "B17:U17", "B18:U18", "B1
9:U19", "B20:U20", "B21:U21", "B22:U22", "B23:U23", "B24:U24", "B25:U25", "B26:U26", "B27:
U27", "B28:U28", "B29:U29", "B30:U30", "B31:U31", "B32:U32", "B33:U33"]; %"B8", "B5"
for N=1:13
[s1,fs1]=audioread(char_wave(N));
navar=var(s1);
%%
sx1=filt010(s1);
di1=var(sx1);
de1_f=di1/28;
dens1=de1_f/navar;
%%
sx2=filt020(s1);
di2=var(sx2);
de2_f=di2/40;
dens2=de2_f/navar;
%%
sx3=filt030(s1);
di3=var(sx3);
de3_f=di3/44;
dens3=de3_f/navar;
%%
sx4=filt040(s1);
di4=var(sx4);
de4_f=di4/56;
dens4=de4_f/navar;
%%
```

```

sx5=filt050(s1);
di5=var(sx5);
de5_f=di5/75;
dens5=de5_f/navar;
%%
sx6=filt060(s1);
di6=var(sx6);
de6_f=di6/95;
dens6=de6_f/navar;
%%
sx7=filt070(s1);
di7=var(sx7);
de7_f=di7/110;
dens7=de7_f/navar;
%%
sx8=filt080(s1);
di8=var(sx8);
de8_f=di8/150;
dens8=de8_f/navar;
%%
sx9=filt090(s1);
di9=var(sx9);
de9_f=di9/190;
dens9=de9_f/navar;
%%
sx10=filt100(s1);
di10=var(sx10);
de10_f=di10/220;
dens10=de10_f/navar;
%1250Hz
sx11=filt120(s1);
di11=var(sx11);
de11_f=di11/280;
dens11=de11_f/navar;
%%
sx12=filt130(s1);
di12=var(sx12);
de12_f=di12/400;
dens12=de12_f/navar;
%%
sx13=filt140(s1);
di13=var(sx13);
de13_f=di13/440;
dens13=de13_f/navar;
%%
sx14=filt150(s1);
di14=var(sx14);
de14_f=di14/560;
dens14=de14_f/navar;
%%
sx15=filt160(s1);
di15=var(sx15);
de15_f=di15/740;
dens15=de15_f/navar;
%%
sx16=filt170(s1);
di16=var(sx16);
de16_f=di16/960;
dens16=de16_f/navar;
%%
sx17=filt180(s1);
di17=var(sx17);
de17_f=di17/1100;

```

```

dens17=de17_f/navar;
%%
sx18=filt190(s1);
di18=var(sx18);
de18_f=di18/1500;
dens18=de18_f/navar;
%%
sx19=filt200(s1);
di19=var(sx19);
de19_f=di19/1900;
dens19=de19_f/navar;
%%
sx20=filt210(s1);
di20=var(sx20);
de20_f=di20/2200;
dens20=de20_f/navar;

DD=[dens1 dens2 dens3 dens4 dens5 dens6 dens7 dens8 dens9 dens10 dens11 dens12
dens13 dens14 dens15 dens16 dens17 dens18 dens19 dens20];
writecell(DD, 'no_plans_den.xls', 'Sheet', 1, 'Range', cells(N));
end

```

На рис. 2 зображено значення відстані Махаланобіса для розглянутих значень  $P_i$ ,  $i = \overline{1,11}$ .

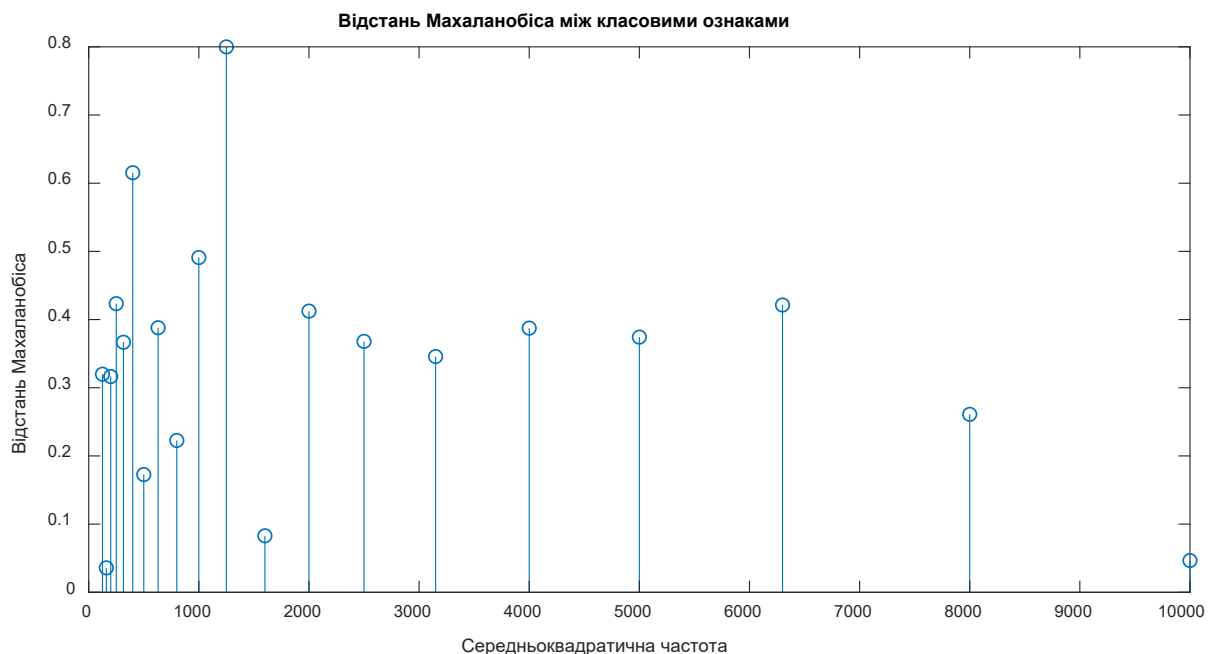


Рисунок 3.3 Значення відстані Махаланобіса для  $P_i$

### 3.1.3. Використання пари класифікаційних ознак для ідентифікації шуму літака

Отримавши дані при проведенні класифікації авіаційного шуму від неавіаційного, створимо скрипт в сердовищі MATLAB для ідентифікації потрібного нам шуму.

Скрипт для проведення ідентифікації при використанні класифікаційних

ознак

```
[s1,fs1] = audioread('D:\...');
navar=var(s1);
%% фільтр 400Гц
sx3=filt060(s1);
di3=var(sx3);
de3f=di3/44;
d1=de3f/navar;
%% фільтр 1250Гц
sx4=filt120(s1);
di4=var(sx4);
de4f=di4/56;
d2=de4f/navar;
%% емпіричний полігон
figure(1)
xv=[0.35*10^-3 0.35*10^-3 0.84*10^-3 0.84*10^-3];
yv=[0 0.45*10^-3 0.45*10^-3 0];
patch(xv,yv,[1 1 1],'EdgeColor','red','FaceColor','none','LineWidth',2)
grid on
hold on
%% знаходження точки на полігоні
stem(d1,d2)
L=inpolygon(d1,d2,xv,yv);
if L
    disp('Літак')
else
    disp('Не літак')
end
```

З рисунку 3.2 видно, що при ідентифікації шуму літака, слід орієнтуватись на значення оцінок спектру потужності  $P_3$  ( $f_0 = 400$  Гц,  $\Delta f = 95$  Гц) та  $P_4$  ( $f_0 = 1250$  Гц,  $\Delta f = 280$  Гц). Якщо трактувати ці значення як координати ( $P_4, P_3$ ) точок на площині, отримуємо одне велике скупчення точок. На рис. 3.3 точки, що відносяться до шуму літаків, позначені кружечками, а точки що відносяться до паразитних шумів, позначаються відповідно ромбиками.



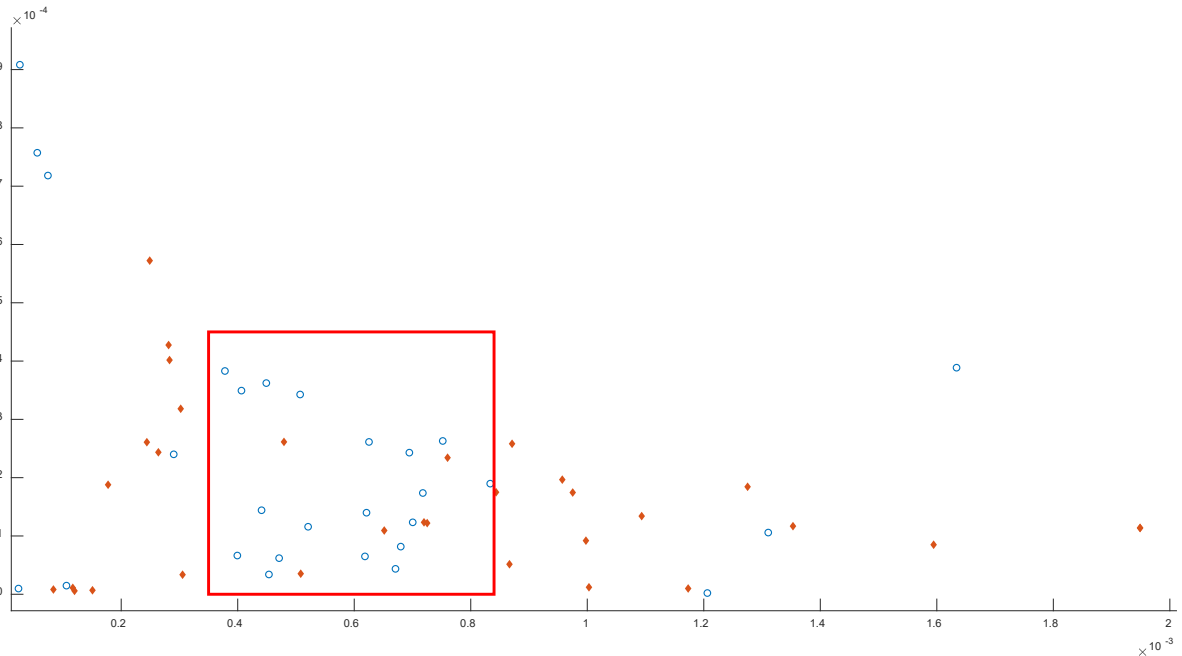


Рисунок 3.4 Кореляційний графік відображення оцінок щільності потужності на виході фільтру 400 Гц (вісь Ох) до щільності потужності на виході фільтру 1250 Гц (вісь Оу)

Знайшовши найбільше скупчення точок щільності потужності створюване літаками (сині кружечки) створимо, спираючись на алгоритм «дерево рішень» – область в яку попадає найбільша їх кількість. [16] Отже, ця область і буде для нас індикатором. Проте ми бачимо, що не усі шуми створювані літаками попадають в потрібну нам область, це зумовлено тим, що база даних шумів літаків не була розділена на класи самих літаків (тобто реактивні, турбореактивні), тому для підвищення рівня ідентифікації слід розділити бази даних, та проводити дворівневу ідентифікацію. [17]

### 3.2. Порівняння даних з системами пеленгу

Окрім цього, ми бачимо, що й шуми створювані іншими джерелами також попадають у визначену нами зону, тому для виключення й цих випадків, будемо порівнювати координати та час прольоту літаком над зоною дії СМ з радіолокаційних станцій, з часом реєстрації шумової події самою системою

моніторингу. Виконавши ці дві дії, це дозволить нам підвищити якість ідентифікації літаків навіть при мінімальному перевищенні дозволеного рівня шумового забруднення в точці моніторингу. Це дозволить аеропортам збільшити кількість накладань штрафних санкцій на перевізників.

### **3.3. Кінцева обробка даних, резервування інформації та сповіщення про перевищення рівня.**

Ідентифікувавши шум створений літаком та літак який пролітав через зону дії СМ, можна формувати невеликий звіт у який входять дані порушника (бортовий номер, номер рейсу, час прольоту над СМ та його траєкторію) та звукову доріжку яка знаходиться в межах: за 5 секунд до появи перевищеного порогового значення сигналу та 5 секунд після закінчення реєстрування самого перевищення. Далі цей звіт архівується та передається на пам'ять для подальшого збереження, тривалість якого прописана в законодавстві відповідної країни експлуататора.

Проте, разом з цим звітом можна відразу формувати сповіщення зі перевищенням ліміту шумового забруднення, а також автоматично формувати штрафні листи (з реквізитами на оплату) і усе це надсилати в автоматичному порядку перевізникам, відсортувавши по номеру борту на відповідні електронні адреси порушників.

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

### 4.1. Опис ідеї проєкту

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення власного програмного забезпечення для повної автоматизації контролю шумового забруднення від аеропортів від збору інформації про перевищення, до надсилання реквізитів по оплаті штрафів з відповідними підтверджуючими даними про перевищення норм забруднення перевізникам	1. Аеропорти	Можливість для аеропортів не витратити велику кількість часу та робочої сили на обробку та розсилання штрафів, а також не потребує додаткових витрат на заміну обладнання яке вже є встановлене, адже система є гнучкою та легко інтегрується до усіх баз даних
	2. Органи місцевого самоврядування	Зменшити вплив шумового забруднення від аеропортів на мешканців міста, а також поповнити місцевий бюджет.

Таблиця 4.2. Визначення характеристик ідеї проєкту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/ концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропоноване рішення	Виробники СМ			
1.	Інтеграція з усіма системами які є в аеропортах	Так	Так		+	
2.	Ідентифікація літаків порушників	Так (без залучення персоналу)	Так (із залученням персоналу)		+	
3.	Обслуговуючий персонал	1	Від 10 осіб			+
4.	Швидке реагування на перевищення порогу	Так	Ні			+
5.	Вартість послуги	10000 ум.од. + щомісячна заробітня платня 1 працівника	Щомісячна заробітня платня працівникам			+

### 4.2. Технологічний аудит ідеї проєкту

У табл.4.3 наведено оцінку технологічної здійсненності ідеї проєкту та наведено технології, що можуть бути використані для реалізації проєкту.

Таблиця 4.3. Оцінка технологічної здійсненності ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення ПЗ	Людський ресурс	Наявна	Доступна
2		Комп'ютер	Наявна	Доступна
3		Технологія	Наявна	Доступна

### 4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

У табл.4.4 показано попередню характеристику потенційного ринку стартап-проєкту.

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200000 ум. од
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Складність доступу до первинних даних
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$200000/70000=28,75\%$

У табл.4.5 показано характеристику потенційних клієнтів стартап-проєкту.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Автоматизація	Аеропорти, залізниці, будівельні компанії	Рівень очікування якості вихідного матеріалу	Збільшення кількості ідентифікованих мінімальних правопорушень та пришвидшення формування звітів

У табл.4.6 проаналізовано фактори загроз реалізації стартап-проєкту.

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Інформаційний бар'єр	Внаслідок невдалого маркетингу клієнт може не дізнатись про продукт	Участь в міжнародних прес-конференціях та виставках, демонстрація можливостей
2	Недовіра клієнта	Втрата рангу надійного поставника	Встановлення безкоштовного ПЗ тривалістю в 1 місяць до здійснення оплати за покупку

У табл.4.7 показано фактори можливостей при реалізації стартап-проекту.

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід до домінування на ринку	Зростання попиту	Якісне та кількісне нарощування потужностей
2	Залучення інвесторів	Зростання попиту внаслідок зниження цін	Якісне та кількісне нарощування потужностей

У табл.4.8 визначено особливості конкурентного середовища та його вплив на впровадження проекту [18].

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Використання аутентичної Технології	Стандартизація на високому рівні
2. Локальний	Відсутність єдиного національного постачальника Послуг	Окремий підхід до кожної локальної ділянки
3. Міжгалузєва	Відсутня	Відсутня
4. Товарно-видова	Використання нової послуги, яка інтегрується до систем конкурентів	Принципово новий підхід до створення послуги в галузі
5. Цінова	Застосування спеціалізованих послуг, які мають незначну ціну	Можливість заощадити за допомогою застосування цієї послуги
6. Марочна	Відсутня	Відсутня

У табл.4.9 показано аналіз конкуренції проєкта в галузі за допомогою «П'яти конкурентних сил М. Портера»

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Виробники систем моніторингу	Виробники систем моніторингу та потенційно нові виробники в галузі	Залучення ІТ-спеціалістів	Аеропорти, залізниця, будівельні компанії	Надання переваги компаніям з більшим досвідом на ринку
Висновки:	Середня	Можливість виходу на ринок є	Диктують цінову політику на послугу	Клієнти диктують вимоги до якості	Обмеження існують лише у разі відмови від нової послуги

У табл.4.10 показано фактори конкурентоспроможності та їх обґрунтування.

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Раціональний ціновий показник	Окупиться менше ніж за два місяці
2	Надання сервісних послуг	Сервісна підтримка апаратної та програмної частини

У табл.4.11 наведено сильні та слабкі сторони проєкту.

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проєкту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Раціональний ціновий показник	19	+						
2	Надання сервісних послуг	10				+			
3	Періодична діагностика	15		+					
4	Необхідність залучення висококваліфікованих кадрів	11			+				

У табл.4.12 наведено SWOT-аналіз стартап-проєкту.

Таблиця 4.12. SWOT-аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони: раціональний ціновий показник, автоматизація великої кількості процесів, відсутність великої кількості обслуговуючого персоналу	Слабкі сторони: необхідність залучення інвестицій, наявність інформаційних бар'єрів для входу на ринок
Можливості: Перехід до домінування на ринку, монетизація ідеї серед інших виробників	Загрози: Незацікавленість інвесторів та поява продуктів-замінників

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту наведені у табл.4.13.

Таблиця 4.13. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Укладення договорів з потенційними клієнтами та швидке захоплення ринку при використанні правильних бізнес-процесів	Середня	Незначні
2	Залучення інвесторів завдяки високій рентабельності проєкту	Велика	Незначні

Обрана альтернатива – залучення інвесторів завдяки високій рентабельності проєкту.

#### 4.4. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Обґрунтування вибору цільових груп потенційних споживачів наведено у табл.4.14 [19].

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Аеропорти	Висока	Високий	Низька	Висока
2	Залізниця	Висока	Середня	Низька	Середня
3	Будівельні компанії	Низька	Низький	Низька	Низька

Визначення базової стратегії розвитку наведено у табл.4.15.

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Використання власної альтернативної послуги	Автоматизація	Зацікавлення та залучення лідерів у галузі моніторингу шуму	Стратегія фокусування
2	Дешевизна проекту	Мінімальні витрати на оплату праці, підвищення рівня прибутковості	Інтеграція з усіма системами, які використовують потенційні клієнти при вирішенні даної проблеми	Стратегія лідерства по витратах

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведено у табл.4.16.

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект "першопроходьцем" на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Забирати існуючих	Ні	Наступальна стратегія

Визначення стратегії позиціонування наведено у табл.4.17.



Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проєкту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проєкту (три ключових)
1	Висока якість послуг	Стратегія фокусування	Гарантія якості	Якість, надійність
2	Мінімальні витрати	Стратегія лідерства по витратах	Універсальність запропонованого рішення	Дешевизна, універсальність

#### 4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено у табл.4.18.

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Якість	Висока якість, надійність	Надійність
2	Дешевизна	Пришвидшення процесу, раціональне використання коштів, яке сприяє збільшенню прибутку	Інноваційність

Визначено три рівні моделі товару. Сутність та складові рівнів товару наведено у табл.4.19.

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Якісні послуги, стандартизована якість послуг та обладнання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1) Вартість обслуговування	1) М	1) Е
	2) Кількість комплексів обладнання	2) Нм	2) Тл
	3) Строк безвідмовної праці	3) М	3) Е
	4) Технологічна собівартість	4) М	4) Тх
	Якість: постійне оновлення ПЗ		
Доставка: встановлення та налаштування			
Марка: відсутня			
III. Товар із підкріпленням	До продажу – встановлення ПЗ		
	Після продажу – сервісна підтримка		

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: завдяки ліцензуванню .

Визначення меж встановлення ціни на послугу наведено у табл.4.20.

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на послуги - замітники	Рівень цін на послуги - аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	15000 у.о./од.	Відсутні	Високий	Н.10000 у.о – В.10000 у.о (Товар) Н.1500 у.о – В.15000 у.о (Послуга)

Формування системи збуту послуги наведено у табл.4.21.

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка купівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконати постачальник послуг	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтована на автоматизацію та збільшення кількості реєстрації порушень	Постачання якісних послуг	Значна	Договірна система збуту

Концепції маркетингових комунікацій наведено у табл.4.22.

Таблиця 4.22. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Зацікавленість в якісному та точному продукті з раціональним використанням коштів	Контроль шумового забруднення	Висока рентабельність ідеї	Зацікавити у покращеннях пов'язаних із зростаючою популярністю послуг	Представлення безкоштовної демо-версії на 30 днів

## Продовження таблиці 4.22

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
2	Зацікавленість у великій кількості послуг із дотриманням умов якості	Контроль шумового забруднення	Глибина каналу постачальників, гарант якості	Зацікавити у позитивних сторонах первісності та в глибині каналу постачання	Представлення ПЗ для систем ідентифікації при моніторингу шуму

## ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації створено проєкт автоматизації систем моніторингу в аеропортах. В результаті виконання магістерської дисертації отримано такі результати:

1. Досліджено усі компоненти шумів створювані літаком. Виявлено, що найбільшим джерелом шуму у літаку є двигун.

2. Детально досліджено будову та принцип роботи станцій моніторингу шуму в аеропортах а також увесь шлях від реєстрації перевищення порогу, до складання штрафних санкцій на перевізників.

3. Запропоновано створити одну єдину систему аналізу та збору інформації з усіх можливих систем в аеропортах, для проведення автоматизації усіх процесів.

4. Для пришвидшення ідентифікації шуму створюваного літаком, було запропоновано використати метод дерева рішень, яке базується на порівнянні результатів кореляції оцінок щільності потужності на виході фільтра 400 Гц до оцінки щільності потужності на виході фільтра 1250 Гц.

5. Запропоновано проходити дворівневу ідентифікацію джерела шуму, шляхом відокремлення баз даних літаків за їх типом. А для максимальної мінімізації похибок слід порівнювати час заміру сигналу СМ з даними отриманими від радіолокаційних станцій.

6. Розроблено розроблено повний механізм контролю шуму в аеропортах.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Consolidated Version of the Environmental Noise Directive (END), 2002 O.J. (L 189) 12.
2. Інтернет ресурс " loc.gov". URL: <https://www.loc.gov/law/help/airport-noise/regulations>
3. Regulation (EU) No. 598/2014, 2014 O.J. (L 173) 65
4. Regulation (EU) No. 598/2014, 2014 O.J. (L 173) 65 European Commission, Flightpath 2050: Europe's Vision for Aviation Report of the High Level Group on Aviation Research 15 (2011)
5. Інтернет ресурс "emsbk.com". URL: <https://www.emsbk.com/download/paper-anoms-innovations-in-noise-monitoring-ems58/>
6. Інтернет ресурс "researchgate.net". URL: [https://www.researchgate.net/figure/Jet-noise-mixing-regions\\_fig1\\_273060945](https://www.researchgate.net/figure/Jet-noise-mixing-regions_fig1_273060945)
7. Aircraft noise propagation. Assessment, prediction and control. O. Zaporozhets, V. Tokarev, K. Attenborough. Taylor & Francis e-Library, 2011., p.433
8. Інтернет ресурс "larsondavis.com". URL: <http://www.larsondavis.com/products/soundlevelmeters/soundadvisor/nms045-permanent-soundadvisor-system>
9. Інтернет ресурс " turbosquid.com ". URL: <https://www.turbosquid.com/ru/3d-models/asr-9-airport-surveillance-radar-3d-model-1178591>
10. Інтернет ресурс "customers.macnoms.com". URL: <https://customers.macnoms.com/reports/>
11. Інтернет ресурс "researchgate.net". URL: [https://www.researchgate.net/figure/Noise-contours-Minneapolis-St-Paul-International-Airport-Metropolitan-Airports\\_fig1\\_33998019](https://www.researchgate.net/figure/Noise-contours-Minneapolis-St-Paul-International-Airport-Metropolitan-Airports_fig1_33998019)
12. Інтернет ресурс "larsondavis.com". URL: <http://www.larsondavis.com/products/soundlevelmeters/soundadvisor/nms044-portable-soundadvisor-system>

13. Інтернет ресурс "uk.wikipedia.org". URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81>

14. Rabiner L. R., Gold B. Theory and Application of Digital Signal Processing / Rabiner L. R., Gold B. Paramus // NJ: Prentice-Hall, 1986.

15. Продеус А.М. Про оцінки інформативності діагностичних ознак. – Праці Міжнародної дистанційної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології в діагностичних дослідженнях» // Дніпропетровськ, 2002.

16. Kridi, D.S., Carvalho, C.G.N.d., Gomes, D.G.: A predictive algorithm for mitigate swarming bees through proactive monitoring via wireless sensor networks. In: Proceedings of the 11th ACM symposium on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor, & ubiquitous networks, ACM (2014) 41–47.

17. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. [Чинний від 1992-04-17]. Вид. офіц. Київ: Мінінвестбуду України, 1992.

18. THE SOCIETY OF MOTION PICTURE AND TELEVISION ENGINEERS – SMPTE Monthly Education Webcast: UHD in a Hybrid SDI/IP World. Нью-Йорк, США, 2015 с.10 URL: <https://www.smpte.org/sites/default/files/2013-09-10-3GSDI-Hudson-V3-Handout.pdf>

19. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – К: НТУУ "КПІ", 2016. – 28 с.

## ДОДАТОК А

Реферат англійською мовою за темою  
магістерської дисертації

## ABSTRACT

For some of us, the sound of an airplane flying overhead is like music to our ears. And audio recordings of turbojet engines are even offered for listening on various streaming platforms for listening to streaming audio.

However, for most people, aircraft noise is undesirable. Therefore, noise is defined as unwanted sound that can cause anxiety or irritation. Aircraft noise arises not only due to engine operation, but also due to air flow around the fuselage, wings or landing gear, and aircraft of different sizes and types generate completely different noise levels, and this is due to the fact that they all have different pitch frequencies. However, the noise level of an aircraft relative to the ground can vary greatly depending on a number of other factors that do not at all relate to the structure of its main parts, for example:

- Where the planes are in relation to the microphone, directly above the capsule, or offset to the side.

- How high airplanes fly from the receiver.

- Weather, which can both increase and decrease noise, can also affect where the plane is in the sky relative to the rimach as it can only fly upwind, thus using different runways.

- Arrival or departure of an aircraft - affects the engine thrust that it uses, and therefore the noise level, as well as the amount of air resistance around the fuselage, wings and landing gear.

This is why, in the early 1960s, aircraft noise in the vicinity of city airports became an increasingly serious problem. And the reason that accompanied this phenomenon was the rapid increase in the number of aircraft and the creation of the first turbojet aircraft with low climb, like the first Boeing 707 or Douglas DC-8 models. And this, in turn, did not keep waiting for massive protests, because the townspeople opposed the planned expansion of most of the city's airports. As a result, over the next years, airport project expansions were often streamed, and in some cities such as Munich and London, they eventually seriously changed the development of new airports. In addition, most of the



existing airports, such as London Heathrow Airport, New York's John F. Kennedy Airport and Kingsford Smith Airport near Sydney, have introduced a "noisy" curfew.

In this regard, a number of national and international regulations were developed, which were aimed at the certification of aircraft with the least noise. That is, manufacturers were forced to make significant efforts to reduce noise levels both in aerodynamics and engines. In this regard, a large number of aircraft were banned, in particular the Concorde and Tu-144 known to all of us, since they did not meet the new established requirements introduced by the International Civil Aviation Organization. However, this led to the fact that by improving the by-pass turbojet engines and allowing the aircraft to climb higher, they were able to significantly reduce the noise level.

However, in turn, the airports decided not to lag behind - they began to reduce the level of aircraft noise in slightly different ways. First, they began to limit working hours, that is, a night curfew was introduced, because before that it had been established that it was night noise that was more harmful to people than daytime. Second, they made it possible for carriers to choose runways for a more even spread of noise, and event routes for departure and landing can be laid through sparsely populated areas.

That is why, airport control of the noise characteristics of the territory adjacent to the airport was introduced, after which financial fines began to be imposed on violating air carriers.

All this led to the fact that aircraft noise was reduced due to more stringent certification of aircraft, as well as a ban on overflight at night. However, the very rapid increase in the number of flights in the 21st century meant that noise levels near airports continued to rise.

In this regard, the European Union has created and implemented legislation such as the Environmental Noise Directive (END) and Regulation (EU) No. 598/2014 establishing rules and procedures for the imposition of operational noise-related restrictions that help control the noise conditions of airports. and adjacent territories. Thus, all EU member states have adopted a "balanced approach" (as defined by the International Civil Aviation Organization, ICAO) to the abatement of airport noise pollution and have pledged to conduct airport noise studies every five years. [1]

In such a case, noise limits generally differ between all jurisdictions and between individual airports, taking into account both geographic and commercial interests. In all jurisdictions, noise limits at airports and in all for daytime operations are higher noise levels than for night operations, with the strictest restrictions in effect from around 11:00 pm to 6:00 am. For example, in Portugal, all airports not designated as large, prohibit takeoff and landing from 12:00 to 6:00. In Germany, night flights are usually allowed, but some airports, such as Frankfurt Airport (Germany's busiest airport), have prohibited planes from landing and taking off between 11:00 pm and 5:00 am. However, other countries such as Spain, Sweden and the UK only limit the number of flights, the number of runways open and / or the types of aircraft that fly at night [2].

All jurisdictions require airport noise to be taken into account when planning and zoning new residential areas and airports. For example, Germany bans the construction of hospitals in any noisy area of the airport and kindergartens in areas with daytime noise, while France bans any renovation of existing real estate, would increase the total number of people who would be exposed to airport noise. In turn, most countries also have programs to improve the soundproofing of residential buildings near existing airports. For example, in both Germany and Sweden, airport operators must compensate homeowners for soundproofing measures. Where in Sweden is the noise threshold for which soundproofing measures are guaranteed and is determined for each airport by the local authorities.

Other methods for limiting noise levels in the EU include imposing the taxes or fines mentioned above in this section on airlines or airports that violate established noise thresholds. For example, France imposes a noise pollution tax on airports that exceed specified noise thresholds, and airports in Sweden and the UK impose noise charges or financial penalties on airlines for violating specified noise levels.

Other jurisdictions, such as Italy, have focused on creating vegetation and other sound barriers around airports to reduce noise.

Having learned above that in the European Union (EU), aircraft noise is regulated by the following legislation: the Environmental Noise Directive (END) and Regulation (EU) No 598/2014 establishing rules and procedures for the introduction of noise

interference. And each of these documents has a number of requirements. END requires Member States to compile noise maps every five years to determine the impact of environmental noise, communicate environmental noise levels and consequences to the public, and draw up action plans based on the results of noise mapping to manage problems and consequences. END only applies to large civil airports, ie airports with more than 50,000 flights per year. Two metrics are used for noise maps: "Lden" for the overall noise level during the day, evening and night, which is used to describe the irritation caused by exposure to noise; and "Lnight" for the sound level at night, used to describe sleep disturbance. [1] However, Member States must set boundaries or targets or decide which measures to include in action plans.

Regulation (EU) No 598/2014 “establishes, in the event of a noise problem, the process rules to be followed to introduce noise-related operating restrictions in a consistent manner for each airport according to a 'balanced approach' [3]. The Balanced Approach is the noise management standard agreed by the International Civil Aviation Organization. [3] The Regulation applies only to civil airports in Member States where an airport with more than 50,000 civil aircraft movements is located in a calendar year [1]. Noise levels at airports need to be monitored regularly. However, the Regulation does not set specific noise thresholds; this competence remains with the national and local authorities of the EU member states.

Finally, it should be noted that the European Commission's Flightpath 2050 report states that the goal by 2050 is to reduce perceived noise from flying aircraft by 65% compared to 2000 [4].

Given all this, the question arises with noise control at each airport. This is the question that scientists asked in the 1990s and 2000s with the creation of airport noise and operations management systems (ANOMS), which in turn have evolved rapidly to provide the powerful measurement and analysis tools needed to support this technically oriented work. These systems were rarely seen and were usually operated by technicians [5].