

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЦИВІЛЬНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ  
БЕЗПЕКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Б.Д. Халмурадов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА  
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

**Тема: «Заходи захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден»**

Виконавець: студент групи ЦЗ-410 Приходько Іван Сергійович  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри цивільної та промислової безпеки Кажан К.І.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: Козлітін О.О.  
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра цивільної та промислової безпеки

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): спеціальність 263 «Цивільна безпека»  
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Б.Д. Халмурадов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Приходько Івана Сергійовича

1. Тема роботи «Заходи захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден» затверджена наказом ректора від «12» квітня 2022 р. №372/ст.

2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022р по 15.06.2022р.

3. Вихідні дані роботи: матеріали про техногенний стан аеродромів та летовищ, характеристика та відомості про вплив аеродромів на навколишнє середовище та населення, що знаходиться на при аеродромній території, нормативно правові документи.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз аеродромів як техногенних об'єктів, дослідження їх впливу на навколишнє середовище та населення, розробка заходів захисту населення на при аеродромній території.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, схеми.

## 6. Календарний план-графік

/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Аналітичний огляд літературних джерел	5.05.2022 – 9.05.2022	
2	Складання календарного плану дипломної роботи, пошук та збір інформації, аналіз наукової літератури	10.05.2022–11.05.2022	
3	Загальна характеристика	12.05.2022–14.05.2022	
4	Підготовка додатків до пояснювальної записки	15.05.2022–18.05.2022	
5	Підготовка основної частини (Розділ I)	18.05.2022–20.05.2022	
6	Підготовка основної частини (Розділ II)	21.05.2022–24.05.2022	
7	Підготовка основної частини (Розділ III)	25.05.2022–29.05.2022	
8	Наосновіпроаналізованоїінформаціїнаписати загальні висновки	30.05.2022–07.06.2022	
9	Передзахистдипломноїроботи	09.06.2022	
10	Підготовка до захисту: доповідь, презентація, ілюстративний (роздатковий) матеріал	15.06.2022	
11.	Захист дипломної роботи	17.06.2022	

7. Дата видачі завдання: «02» травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_ Кажан К.І.  
(підпис керівника)(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Приходько І.С.  
(підпис випускника)(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Заходи захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден»: 48 стр., 25 рис., 2 табл., 82 літературних джерел.

ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ, ПРИАЕРОДРОМНА ТЕРИТОРІЯ, ВПЛИВ ПОЛЬОТІВ, ПОВІТРЯНЕ СУДНО, ВПЛИВ АЕРОДРОМІВ, ЗАХОДИ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ.

Об'єкт дослідження – техногенний вплив аеропортів та летовищ.

Предмет дослідження – заходи та рішення забезпечення суміжних мешканців від техногенного впливу інфраструктурних об'єктів повітряно-транспортної мережі.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Мета випускної дипломної роботи полягає у розробці заходів з захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден. Відповідно до поставленої мети визначені такі основні завдання:

- аналіз аеродромів як техногенних об'єктів;
- дослідження впливу аеродромів на навколишнє середовище і населення, розташоване на приаеродромній території;
- дослідження та розробка заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден.

Методи дослідження. В процесі виконання випускної дипломної роботи були використані такі методи :

- порівняння;
- системного аналізу;
- технічно-математичний;
- статистичний.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	6
ВСТУП .....	7
1 АНАЛІЗ АЕРОДРОМІВ ЯК ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ .....	10
1.1 Формування загального поняття аеродромів та приаеродромних територій .....	10
1.2 Оцінка впливу аеродромів на приаеродромні території.....	12
1.3 Нормативні вимоги безпеки до улаштування аеродромів і приаеродромних територій .....	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АЕРОДРОМІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І НАСЕЛЕННЯ, РОЗТАШОВАНЕ НА ПРИАЕРОДРОМНІЙ ТЕРИТОРІЇ.....	18
2.1 Аналіз хімічних впливів аеродромів.....	18
2.2 Аналіз фізичних впливів аеродромів.....	20
2.3 Оцінка ризиків на приаеродромній території внаслідок авіаційних подій.....	23
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ НА ПРИАЕРОДРОМНІЙ ТЕРИТОРІЇ ВІД ВПЛИВУ ПОЛЬОТІВ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН .....	26
3.1 Аналіз сучасних досягнень у сфері захисту навколишнього середовища і населення від негативних впливів функціонування аеропортів та летовищ .....	26
3.2 Розробка комплексних заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден .....	28
3.3 Оцінка ефективності заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден. Формування рекомендацій з впровадження.....	33
ВИСНОВОК .....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДА – державна авіація

ПС – повітряне судно

СМАШ – система моніторингу авіаційного шуму

ЗПС – злітно-посадкова смуга

МС – місце стоянки

ЛС – льотна смуга

ВЗПМ – вертолітний злітно-посадковий майданчик

СПП – смуга повітряних підходів

СЕО – стратегічна екологічна оцінка

ОВД – оцінка впливу на довкілля

ГДС – граничнодопустимий скид

ГДВ – граничнодопустимий викид

## ВСТУП

Напрямок дослідження – заходи захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден.

Актуальність дослідження випливає з надзвичайної важливості розвитку авіатранспортної системи України, що впливає на економічні, логістичні, спеціальні та безпекові аспекти нормального функціонування інфраструктури держави. Динаміка розвитку авіатранспорту в Україні за останніх п'ять років свідчить про особливий статус даної транспортно-логістичної схеми в межах транспортної галузі, що зафіксовано у відповідних зведеннях профільних державних органів [1 – 3]:

– зокрема, зафіксоване збільшення повітряного транспортування вантажів на 33,4 % (2016 – 74,3 тис. т / 2021 – 99,1 тис. т), що також проявляється у збільшенні питомого вантажообігу на 39,7 % (2016 – 226,4 млн. ткм / 2021 – 316,2 млн. ткм);

– також зафіксоване збільшення кількості пасажирів, що скористались послугами авіатранспорту на 65,1 % (2016 – 8,3 млн. пас. / 2021 – 13,7 млн. пас.), що також проявляється у збільшенні питомого пасажирообігу на 94,8 % (2016 – 15,5 млрд. пас. км / 2021 – 30,2 млрд. пас. км).

Зважаючи на значний внесок авіатранспортної галузі у загальний розвиток інфраструктури і логістики вантажо- і пасажиропотоків, Мінстратегпромом за відповідним затвердженням Кабміну України, сформована і введена в дію Державна цільова програма розвитку авіаційного транспортного сектору (з періодом планування до 2030 року) [4], що зокрема передбачає залучення до галузі інноваційних сучасних доробок та технологій, що сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності та ефективності функціонування даного кластеру державної транспортної системи.

Основними інфраструктурним об'єктами, без яких неможливо влаштувати нормальне функціонування авіатранспортної системи є летовища та аеропорти. Зазначені обов'язкові елементи мережі повітряного сполучення є складними багатоаспектними та полісистемними об'єктами техніко-інженерного супроводу слідування авіаційного транспорту. Об'єкти, оснащені злітними смугами є не лише елементами авіатранспортної мережі, але й являють собою логістичні хаби, що сприяють економічному розвитку не тільки районної та загальної систем повітряного сполучення, а також локального регіону розташування вказаних інфраструктурних елементів.

Поруч з високотехнологічними особливостями та перевагами зазначених об'єктів повітряно-транспортної інфраструктури, летовища та аеропорти є локальними концентраторами техногенного навантаження на навколишнє середовище та населення, що мешкає поруч. Зважаючи на виявлену необхідність розвитку авіатранспортної системи та інфраструктурних об'єктів техніко-інженерного супроводу (відповідно до Державної цільової програми [4]), актуальним та доцільним є напрямок вивчення та розробки відповідних рішень щодо мінімізації техногенного впливу аеропортів та летовищ на навколишнє середовища та суміжних мешканців.

Об'єкт дослідження – техногенний вплив аеропортів та летовищ.

Предмет дослідження – заходи та рішення убезпечення суміжних мешканців від техногенного впливу інфраструктурних об'єктів повітряно-транспортної мережі.

Мета дипломної роботи – розробка заходів з захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден.

Задачі дипломної роботи:

– аналіз аеродромів як техногенних об'єктів: формування загального поняття аеродромів а приаеродромних територій; оцінка впливу аеродромів на



приаеродромні території; нормативні вимоги безпеки до улаштування аеродромів і приаеродромних територій;

– дослідження впливу аеродромів на навколишнє середовище і населення, розташоване на приаеродромній території: аналіз хімічних впливів аеродромів; аналіз фізичних впливів аеродромів; оцінка ризиків на приаеродромній території внаслідок авіаційних подій;

– дослідження та розробка заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден: аналіз сучасних досягнень у сфері захисту навколишнього середовища і населення від негативних впливів функціонування аеропортів та летовищ; розробка заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден; оцінка ефективності заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден; формування рекомендацій з впровадження.

Наукова новизна дипломної роботи визначається в формуванні інформаційної моделі захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден, що формується на підставі збору, аналізу та виокремлення цільових факторів, що є базовими підвалинами в формуванні відповідних безпекових рішень захисту суміжних мешканців.

Практична значимість роботи формується на підставі результатів дослідження, що є підставою до розробки уніфікованих рішень і заходів щодо захисту суміжних мешканців від техногенного впливу функціонування повітряно-транспортних засобів та системи техніко-інженерного супроводу, що можуть бути застосовані для об'єктів аналогічного типу.

# 1 АНАЛІЗ АЕРОДРОМІВ ЯК ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ

## 1.1 Формування загального поняття аеродромів та приаеродромних територій

Офіційна термінологія в дослідженні інфраструктурних об'єктів техніко-інженерного супроводу повітряно-транспортного сполучення формується у відповідності до ПКУ 3393-VI [5], ДСТУ 3228-95 [6], Положення [7], Правил [8], відповідно до яких сформована нормативно-термінологічна (понятійна) база, що отримала широкий вжиток серед профільних та супутніх галузей – табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Термінологічні вишукування, відповідно до положень нормативної бази [5 – 8]

Термін (поняття)	Визначення
1	2
Аеродром	Визначена ділянка земної, водної поверхні, включаючи будь-які будівлі, споруди і обладнання, призначена повністю чи частково для вильоту, прибуття, стоянки та руху по такій поверхні повітряних суден
Аеропорт	Комплекс споруд, що призначений для приймання, відправлення повітряних суден, обслуговування повітряних перевезень, проведення робіт з технічного обслуговування і має для таких цілей аеродром, аеровокзал, інші наземні споруди та необхідне обладнання
Землі аеропортів (аеродромів)	Земельні ділянки, на яких розташовані будівлі, споруди та обладнання, а також земельні ділянки, необхідні для забезпечення роботи аеропорту (аеродрому) та визначені генеральним планом
Злітно-посадковий майданчик	Земельна (водна, льодова) ділянка, спеціально підготовлений майданчик або підняті над землею, водною поверхнею конструкції, що придатні та використовуються для зльоту, посадки, руху та стоянки легких повітряних суден максимальною злітною масою не більше 5700 кілограмів. Злітно-посадкові майданчики поділяються на постійні та тимчасові
При-аеродромна територія	Обмежена регламентованими розмірами місцевість навколо зареєстрованого згідно із встановленим порядком аеродрому (вертодрому) або постійного злітно-посадкового майданчика, до якої встановлені спеціальні вимоги щодо розташування різних об'єктів, а їх висота контролюється з урахуванням умов безпеки маневрування, зльоту та заходу на посадку повітряних суден

1	2
Повітряне судно	Апарат, що підтримується в атмосфері у результаті його взаємодії з повітрям, відмінної від взаємодії з повітрям, відбитим від земної поверхні
Повітряний рух	Політ повітряних суден або їх рух у зоні маневрування аеродром
Смуга повітряних підходів	Ділянка приаеродромної території встановлених розмірів, прилегла до кінця злітно-посадкової смуги, над якою повітряні судна здійснюють початковий етап набирання висоти під час зльоту та кінцевий етап зниження під час заходу на посадку. Смуга повітряних підходів є проекцією на поверхню землі обмежувальних поверхонь зльоту та заходу на посадку
Цивільний аеродром	Земельна ділянка, спеціально обладнана для зльоту, посадки, руління та стояння літаків, що включає летовище і регламентовані зони радіосвітлотехнічних засобів, розташованих у межах основного землевідводу, і використовується для господарських потреб
Летовище	Частина аеродрому, на якій розташована одна чи декілька літних смуг, руліжні доріжки, перони, місця тривалого стояння та майданчики спеціального призначення
Літна смуга	Ділянка летовища, призначена для зльоту та посадки повітряних кораблів, на якій розміщено злітно-посадкову смугу, бічні смуги безпеки та прикінцеві смуги гальмування
Злітно-посадкова смуга	Ділянка літної смуги, спеціально підготовлена для зльоту та посадки повітряних кораблів

Термінологічно-понятійна база вищевказаних нормативних регламентів доповнена та розширена в публікаціях авторів [9 – 11], що гармонізують державні визначення з міжнародною систематизацією понять, та виокремлюють основну мету будівництва та експлуатації досліджуваних об'єктів наземного обслуговування суден повітряно-транспортної інфраструктури – забезпечення авіаційної безпеки.

Спираючись на вищевказану діючу нормативно-термінологічну базу [5 – 8], а також на результати дослідження профільних публікацій [9 – 11], формуємо узагальнені поняття, що є ключовими в цьому дослідженні:

– аеродром – мультисистемний комплекс споруд і засобів інженерного супроводу та забезпечення авіаційної безпеки функціонування повітряних

суден, що локалізується на визначеній та підготовленій відповідним чином території;

– приаеродромна територія – територія в межах функціонування інженерних споруд і засобів супроводу системи повітряно-транспортного сполучення.

Таким чином, встановлені основні базові поняття дослідження, а саме:

– виявлено, що аеродром є складним об'єктом інженерного супроводу безпеки польотів;

– виявлено, що приаеродромна територія являє собою технологічно-функціональну зону, в межах якої здійснюються льотні операції та операції з інженерного супроводу авіаційної безпеки.

Виходячи з складності технологічних процесів, що реалізуються на базі аеродромів, доцільно розглянути техногенний вплив досліджуваних об'єктів на приаеродромні території.

## **1.2 Оцінка впливу аеродромів на приаеродромні території**

Аеродроми та летовища мають комплексний техногенний вплив на навколишнє середовище і, відповідно, на суміжних мешканців, що розташовуються в межах приаеродромної території.

Відповідно до результатів аналізу профільних публікації українських [12 – 19] та іноземних [20 – 25] авторів встановлюємо, що дифузія техногенного впливу досліджуваних об'єктів визначається технологічно-функціональними процесами злітно-посадкових операцій та операцій інженерного супроводу авіаційної безпеки, що визначають відповідні технологічні зони – рис. 1.1.

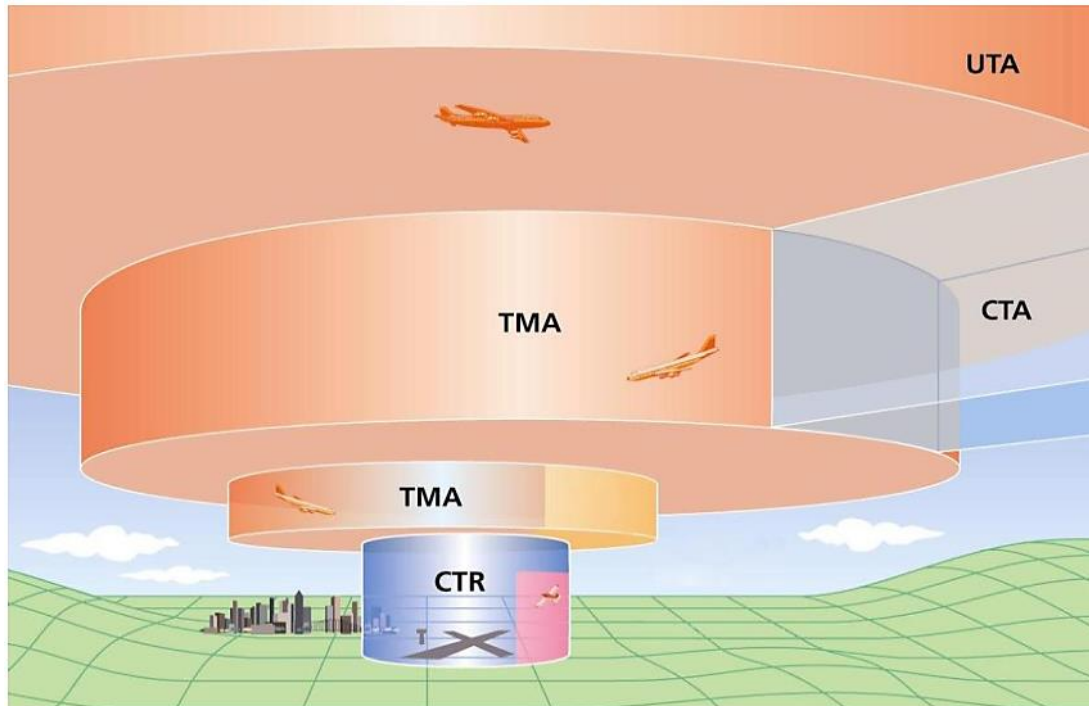


Рисунок 1.1 – Оцінка дифузії техногенного пилу аеропортів та летовищ за корелюванням з технолого-функціональними зонами обслуговування повітряних суден

Загальна концепція техногенного впливу повітряних суден та летовищ на навколишнє середовище (включено з при аеродромною територією) визначається на рис. 1.2, рис. 1.3 [12 – 25].

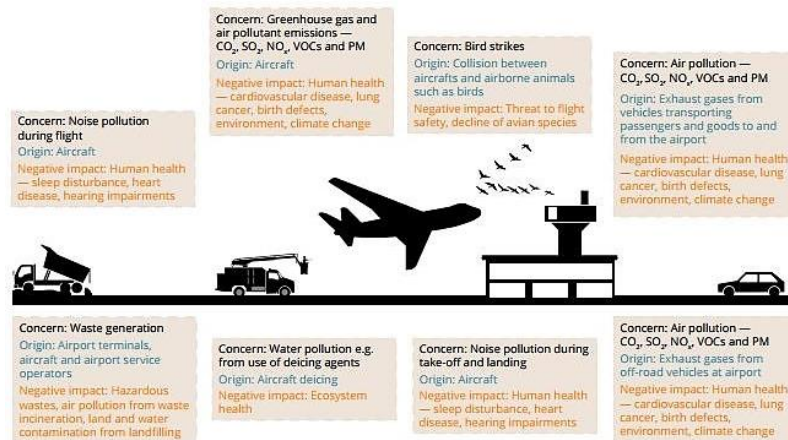


Рисунок 1.2 – Синергетична концепт-схема впливу повітряних суден та летовищ на навколишнє середовище

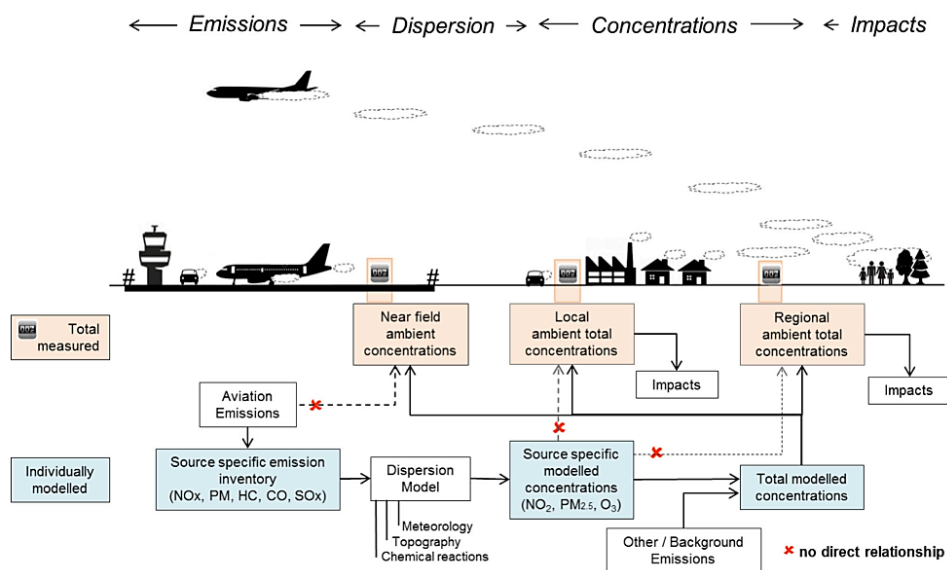


Рисунок 1.3 – Синергетична концепт-схема впливу повітряних суден та летовищ на приаеродромні території

Відповідно до даних, наведених на рис. 1.2, та рис. 1.3, встановлено, що повітряні судна та летовища здійснюють комплексний техногенний вплив на довкілля (в т. ч. на приаеродромну територію), зокрема зазначений вплив проявляється звуко-шумовим (акустичним) забрудненням (рис. 1.4) та емісійним забрудненням [12 – 25].

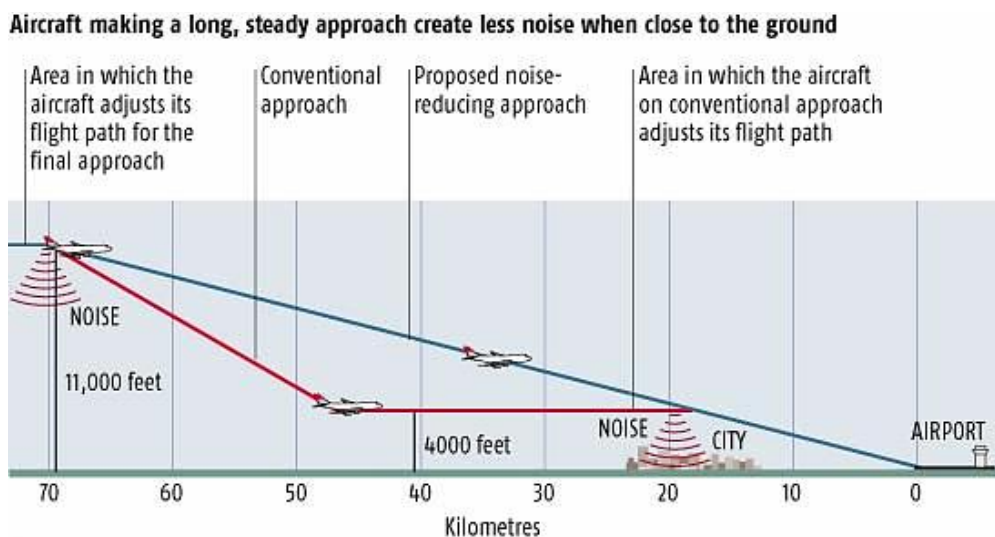


Рисунок 1.4 – Концепт-схема акустичного забруднення від діяльності повітряних суден та летовищ

### **1.3 Нормативні вимоги безпеки до улаштування аеродромів і приаеродромних територій**

В фокусі дослідження – вивчення впливу аеродромів, аеропортів та летовищ на населення, що розміщується на супутніх приаеродромних територіях. Відтак, доцільно зупинитись на санітарному впливі досліджуваних об'єктів.

Відповідно до ДСП 173-96 [26], ДСанПіН 7.7.3.-014-99 [27], а також ДБН Б.2.2-12:2019 [28], ДБН Б.1.1-22:2017 [29] та згідно з ПКУ 3393-VI [5], ДСТУ 3228-95 [6], Положення [7], Правил [8] в частині забезпечення санітарної безпеки об'єктів технологічно-функціональних процесів злітно-посадкових операцій та операцій інженерного супроводу авіаційної безпеки визначаються відповідні території з обмеженим використанням, що носять назву санітарно захищених зон (СЗЗ).

Відповідно до наведеної НТД, СЗЗ для аеропортів і летовищ визнаються зокрема за будівельними обмеженнями від інших будівельних об'єктів конкретного локального муніципалітету та рівнями допустимих рівнім звукошумового (акустичного) навантаження від льоту повітряних суден та функціонування системи інженерного супроводу авіаційної безпеки.

Приклад реалізації встановлення СЗЗ зазначені для міжнародного аеропорту «Запоріжжя» – рис. 1.5 – рис. 1.7.

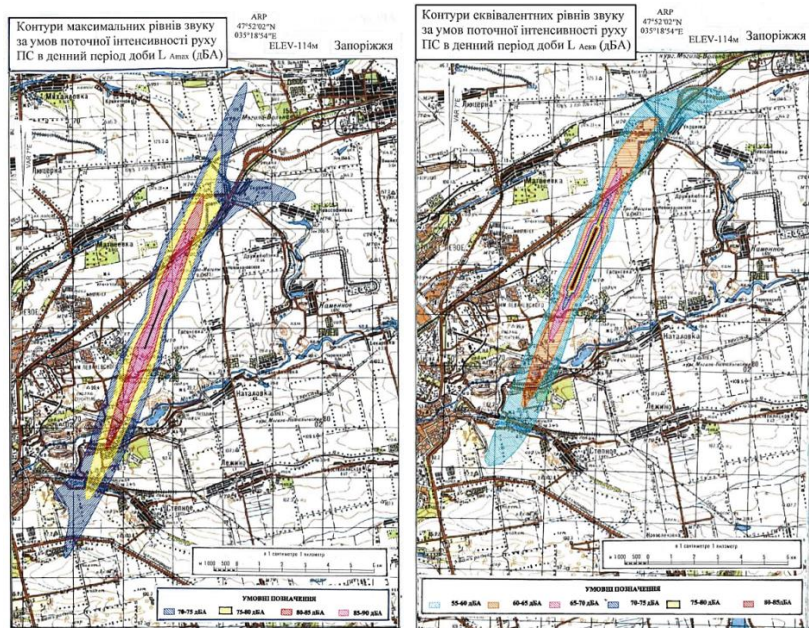


Рисунок 1.5 – Контури максимальних рівнів звуку за умов поточної інтенсивності руху ПС в денний період доби-1 (зліва) / Контури еквівалентних рівнів звуку за умов поточної інтенсивності руху ПС в денний період доби-1 (справа)

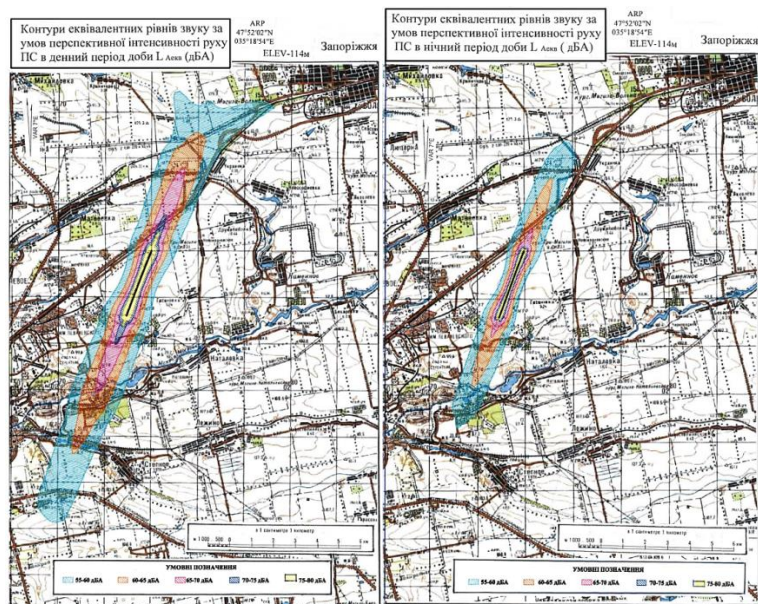


Рисунок 1.6 – Контури еквівалентних рівнів звуку за умов перспективної інтенсивності руху ПС в денний період доби-1 (зліва) / Контури еквівалентних рівнів звуку за умов перспективної інтенсивності руху ПС в нічний період доби-1 (справа)



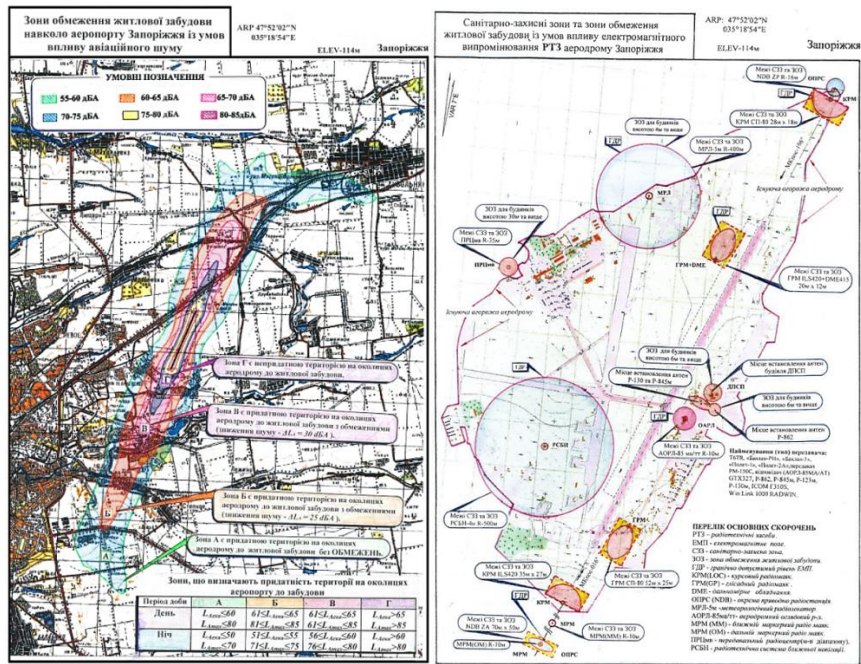


Рисунок 1.7 – Зони обмеження житлової забудови навколо аеропорту Запоріжжя із умов впливу авіаційного шуму-1 (зліва) / Санітарно-захисні зони та зони обмеження житлової забудови із умов впливу електромагнітного випромінювання РТЗ -1 (справа)

Таким чином, виявлено, що чинні НТД встановлюють вимоги щодо улаштування аеропортів та летовищ, відповідно до яких встановлюються обмеження, що стосуються безпосередньо приаеродромної території, зокрема встановлюються зони заборони розміщення житлових будинків, СЗЗ з високим рівнем звуко-шумового (акустичного) навантаження на довкілля, СЗЗ з високим електромагнітним випромінюванням, тощо.

Відповідно до результатів аналізу аеродромів та летовищ у якості техногенних об'єктів, встановлено, що досліджувані об'єкти чинять комплексний багаточинний техногенний вплив на довкілля, при чому найбільшого навантаження зазнають приаеродромні території, відтак актуальним і доцільним є розробка і впровадження заходів з убезпечення від негативного впливу технологічно-функціональних операцій льотної справи на населення, що розміщується на суміжних територіях.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АЕРОДРОМІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І НАСЕЛЕННЯ, РОЗТАШОВАНЕ НА ПРИАЕРОДРОМНІЙ ТЕРИТОРІЇ

### 2.1 Аналіз хімічних впливів аеродромів

За результатами огляду профільних наукових праць і публікацій [30 – 42], доходимо висновку, що основним джерелом хімічного впливу від функціонування повітряних суден та летовищ – є викиди з двигунів літаків – рис. 2.1.

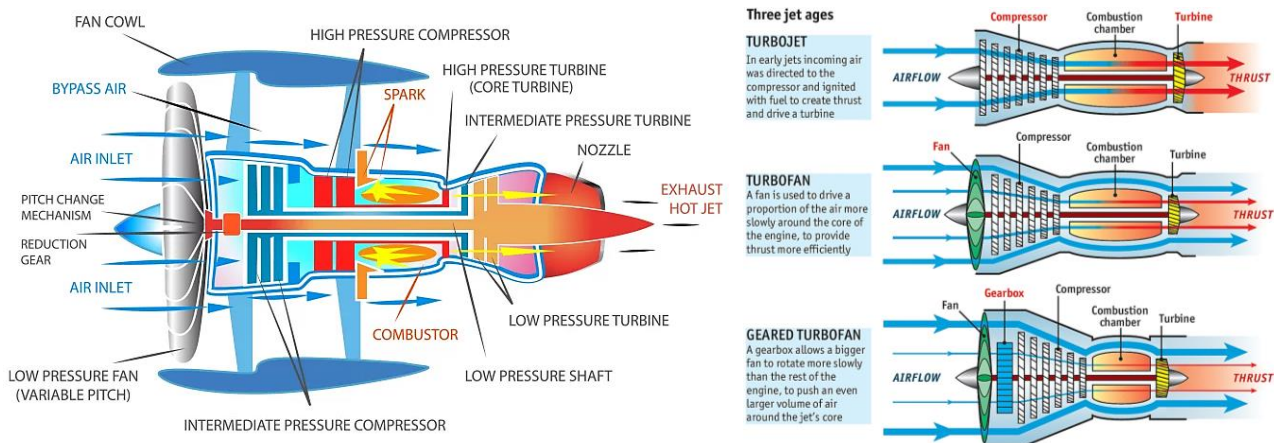


Рисунок 2.1 – Загальна схема функціонування та типові варіації двигунів повітряних суден

За даними на рис. 2.1, встановлено, що функціонування двигунів базується на спалюванні авіаційного палива (яке здійснюється в камерах згоряння газотурбінних двигунів), внаслідок чого утворюються продукти згоряння, що безпосередньо і мають негативний вплив на довкілля [30 – 42].

Зокрема турбодвигуни літаків протягом періоду функціонування здійснюють викиди забруднюючих речовин, перелік та вплив яких визначено концепт-схемою на рис. 2.2 [30 – 42].

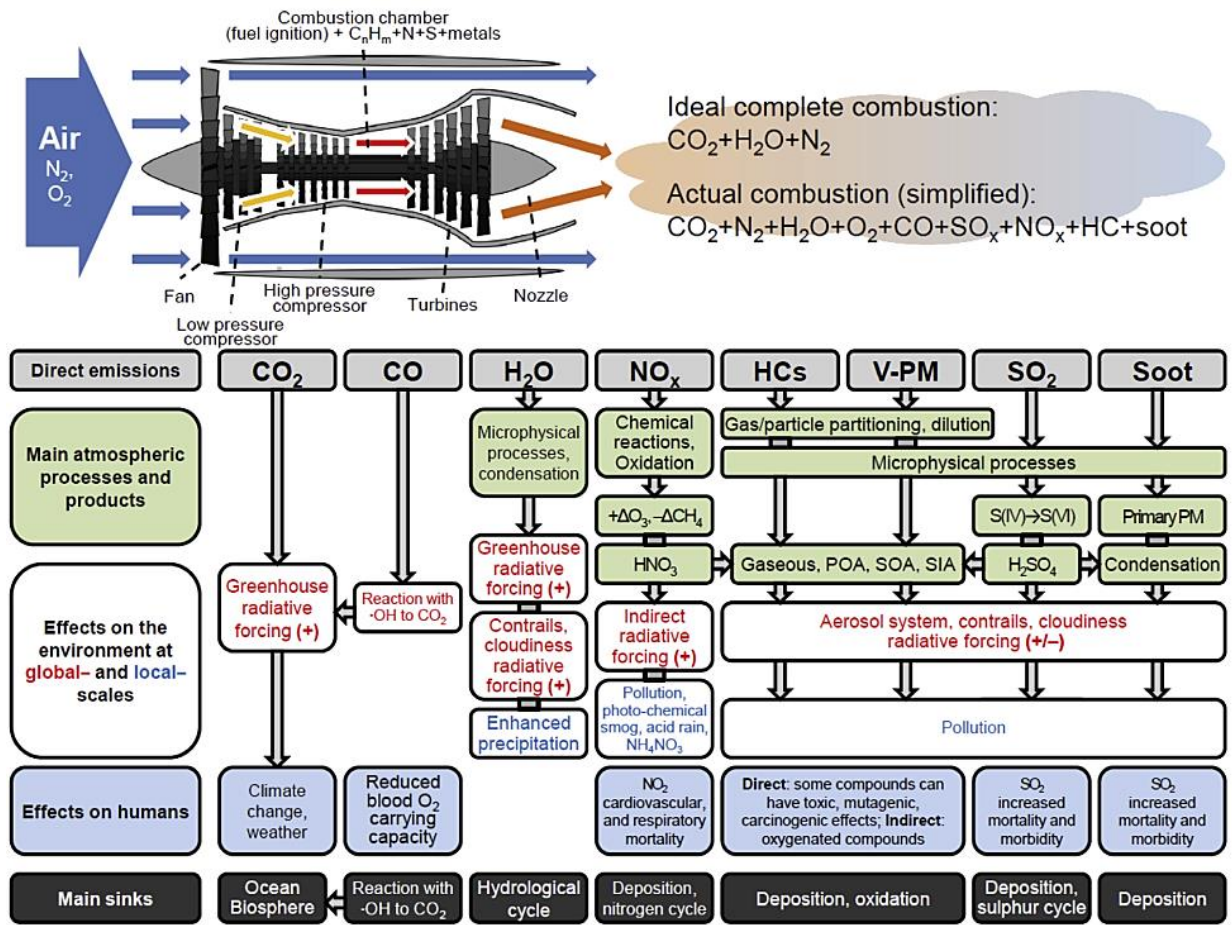


Рисунок 2.2 – Концепт-схема викиду забруднюючих речовин в процесі функціонування турбодвигунів повітряних суден та їх вплив на довкілля (шляхи умовної «абсорбції»)

Кількісна характеристика викидів забруднюючих речовин, що формуються при експлуатації турбодвигунів повітряних суден вказує на то, що найбільший потік складає  $CO_2$  – рис. 2.3 [30 – 42].

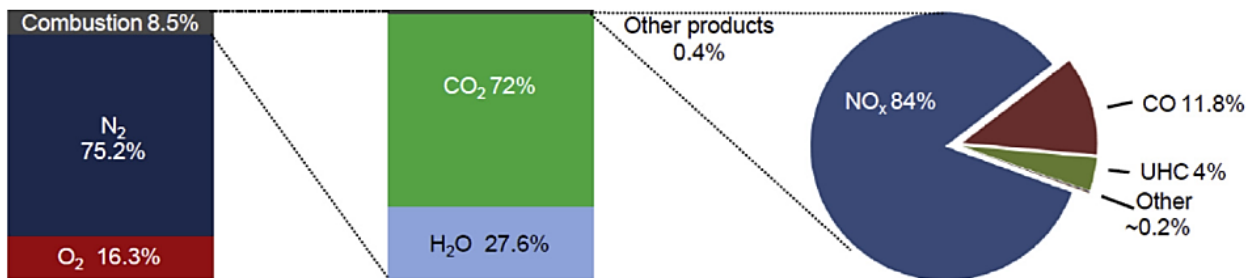


Рисунок 2.3 – Матеріальний баланс функціонування повітряних двигунів

Дослідниками [30 – 42] фіксується різний рівень викидів для авіаційних турбодвигунів провідних виробників, що приводиться до комплексних показників екологічного впливу.

Також проводились відповідні дослідження щодо впливу хімічного забруднення на приаеродромні території, зокрема встановлена кореляційна залежність екологічного впливу з інтенсивністю злітно-посадкової діяльності аеропортів і летовищ – рис. 2.4 [30 – 42].

Здебільшого (хоча є і виключення) спостерігається наступна залежність: більша кількість викидів зафіксована для аеропортів з більшою інтенсивністю льотних операцій.

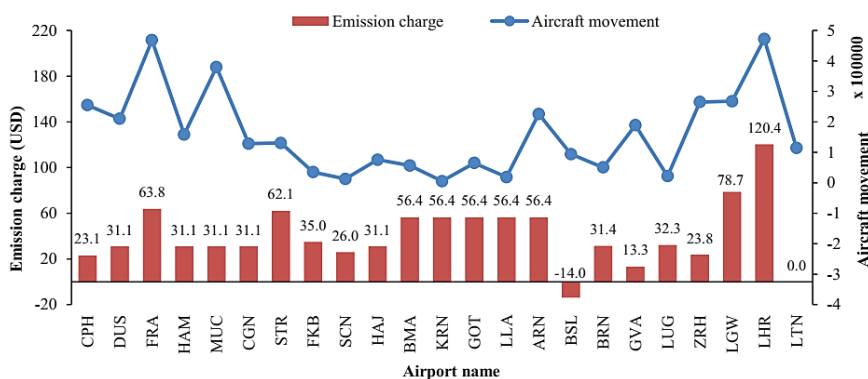


Рисунок 2.4 – Виявлення кореляційної залежності між інтенсивністю злітно-посадкової діяльності аеропортів та рівнем викидів забруднюючих речовин

## 2.2 Аналіз фізичних впливів аеродромів

Аналіз наукових праць і профільних публікацій [43 – 66] дозволяє дійти висновку, що акустичне звуко-шумове навантаження на довкілля, яке продукують елементи та системи авіаційного сполучення є найбільшим серед інших транспортних систем за рівнем шумового забруднення – рис. 2.5.

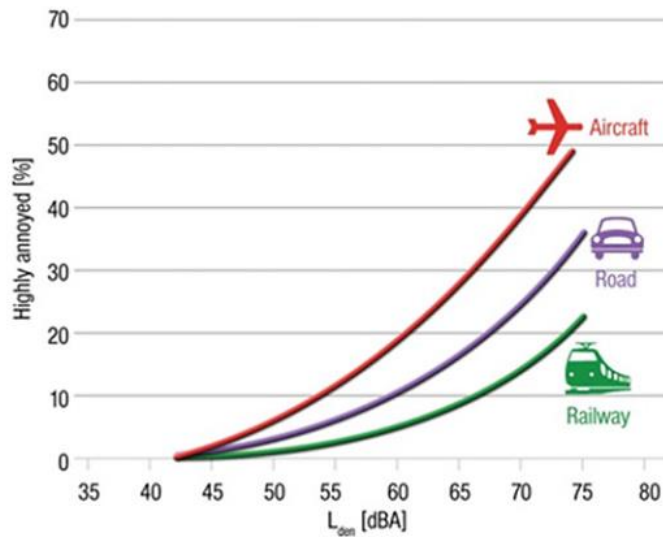


Рисунок 2.5 – Порівняння різних видів транспортних систем за рівнем шумового забруднення довкілля

Встановлено, що характерні елементи двигунів літаків мають відповідну диференціацію за власним внеском до загального шумового забруднення від турбодвигуна на різних етапах льотної операції – рис. 2.6 [43 – 66].

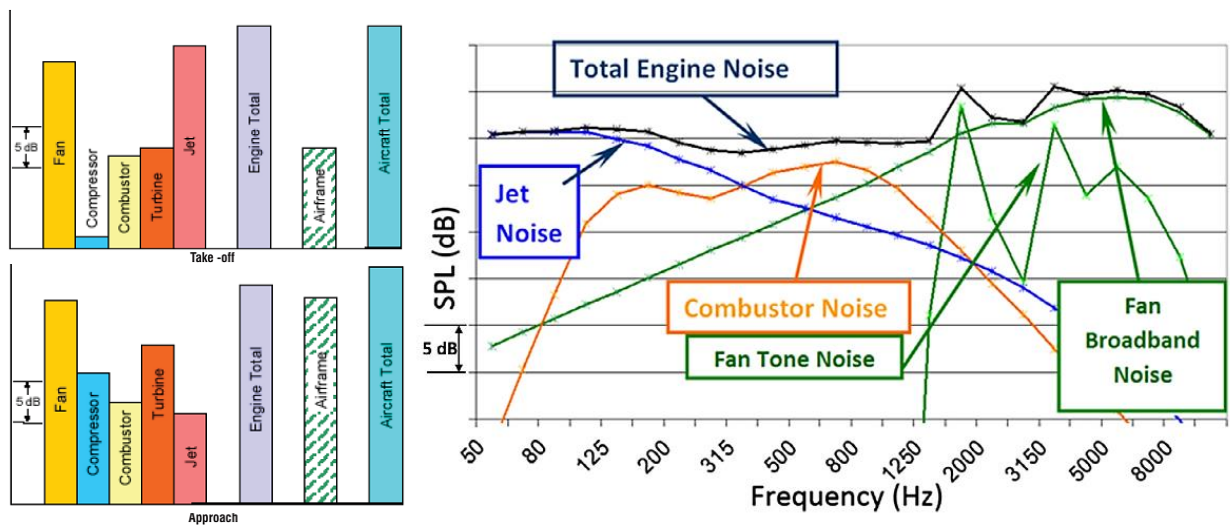


Рисунок 2.6 – Дослідження рівнів та характеру звуко-шумового забруднення складових авіадвигуна у загальному акустичному профілі літака

Особливості виникнення значного акустичного шуму, який продукує авіаційний двигун, пояснюються термодинамічними процесами в ході польоту літака, внаслідок яких утворюються такі шумогенераційні явища як реактивна тяга, обертання компресору, різні завихрення повітря на складових конструктивних елементах турбодвигуна – рис. 2.7 [43 – 66].

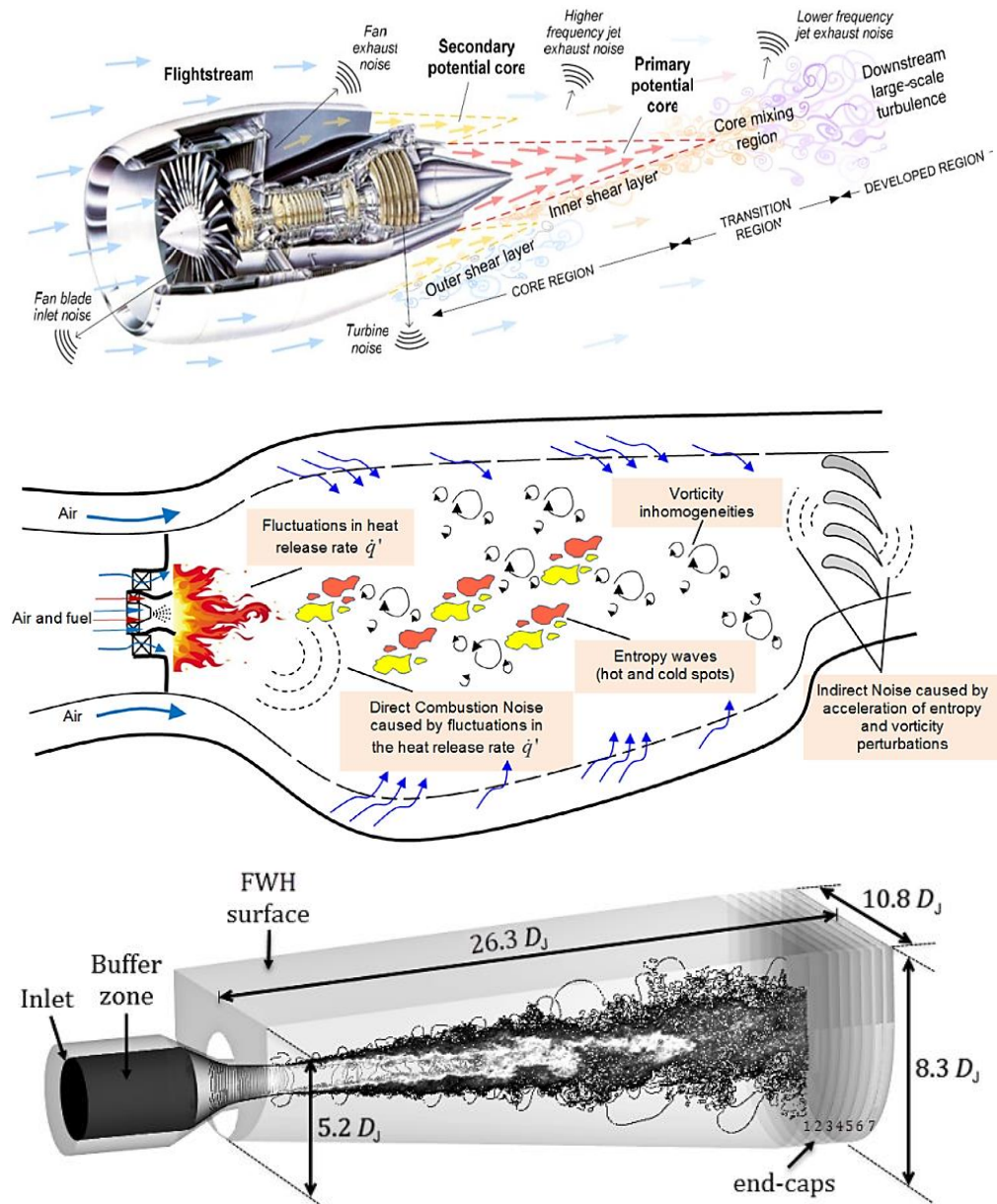


Рисунок 2.7 – Дослідження термодинамічних процесів авіадвигуна, що впливають на продукування звуко-шумового забруднення довкілля

Крім звуко-шумового забруднення технологічні елементи авіатранспортної системи в арсеналі фізичних впливів на довкілля мають електромагнітний вплив, що характеризується збуренням природного електромагнітного поля в процесі здійснення льотних операцій [43 – 66].

Виявлений ефект збуренням природного електромагнітного поля в процесі здійснення льотних операцій серед спектру фізичних впливів аеропортів і повітряних суден на довкілля має порівняно незначну вагу, найбільшу вагу має вплив звуко-шумового акустичного забруднення, внаслідок чого існує чітке нормативне регулювання параметрів цього фізичного впливу на державному рівні та на рівні міжнародних авіаційних регламентних організацій.

### **2.3 Оцінка ризиків на приаеродромній території внаслідок авіаційних подій**

Аналіз статистичних матеріалів профільних організацій [67 – 70], що здійснюють аналіз світових аварійних інцидентів з повітряними суднами цивільної авіації дозволяє встановити, що найбільша кількість відхилень від нормального функціонування льотних системи, що призвели до падінь літаків зафіксовано під час безпосереднього льотного етапу льотної операції – рис. 2.8 – 2.10.

В фокусі дослідження – аварійні інциденти, що здійснюються безпосередньо на летовищах. Згідно з результатами наведеного на рис. 2.8 – 2.10 аналізу зафіксовані аварійні інциденти, що здійснюються в межах злітно-посадкової смуги: на етапі зльоту, набору висоти, зниження та приземлення.

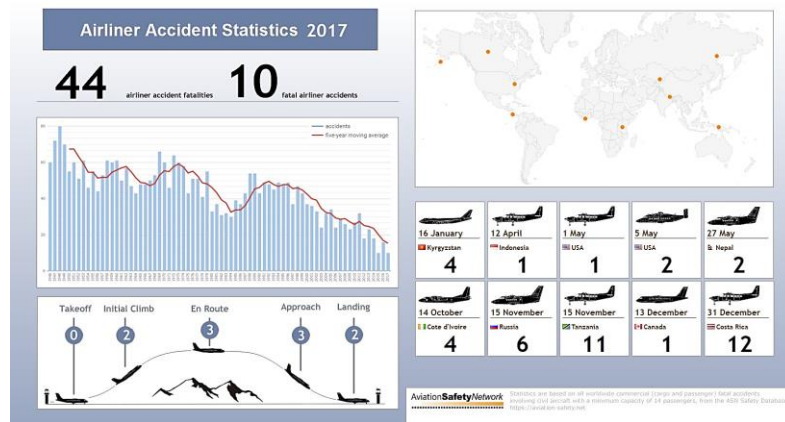


Рисунок 2.8 – Річний звіт щодо аварійних інцидентів з цивільною авіацією в 2017 за всесвітніми показниками

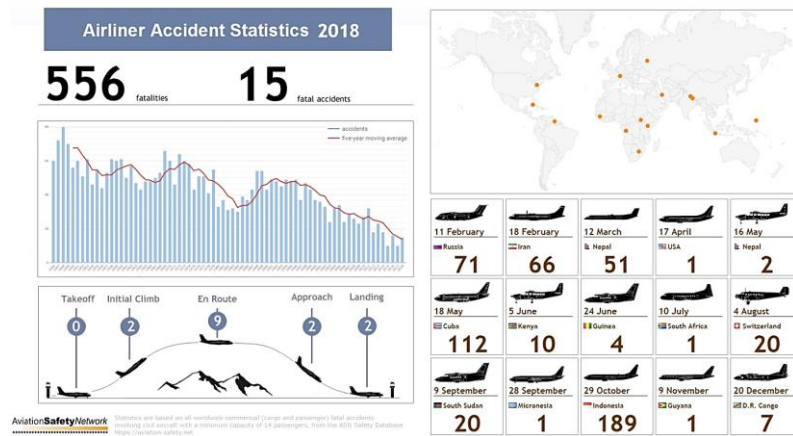


Рисунок 2.9 – Річний звіт щодо аварійних інцидентів з цивільною авіацією в 2018 за всесвітніми показниками

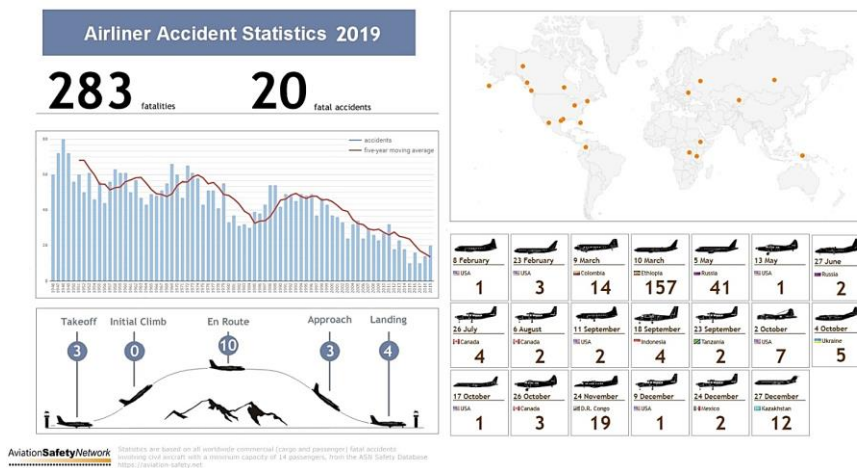


Рисунок 2.10 – Річний звіт щодо аварійних інцидентів з цивільною авіацією в 2019 за всесвітніми показниками



Виконаємо опис найбільших аварійних інцидентів, що трапились в межах приаеродромної території [67 – 70] – табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Опис найбільших аварійних інцидентів, що трапились в межах приаеродромної території

Хроно-метрична точка	Опис аварійного інциденту
1	2
2014	РФ. Літак Dassault Falcon 50 Фрвнції. Зазнав аварії під час зльоту в аеропорту Внуково. На борту був голова французького нафтогазового концерну Total Крістоф де Маржері. Кількість жертв - 4.
2015	Судан. Літак Ан-12 Судану. Вантажний літак зазнав аварії після зльоту за 800 м від аеропорту Джуба. Кількість жертв - 39
2016	РФ. Літак Boeing-737 РФ. Погані погодні умови. Розбився під час посадки в аеропорту. Кількість жертв - 62.
2018	РФ. Літак Ан-148 РФ пропав з екранів радарів за кілька хвилин після зльоту з аеропорту Домодедово. Кількість жертв - 71.
2018	Україна. Літак McDonnell Douglas MD-83 України під час посадки в аеропорту викотився за межі злітно-посадкової смуги. Без жертв.
2019	РФ. Літак SSJ-100 РФ здійснив жорстку посадку в аеропорту і загорівся. Кількість жертв - 41.

За результатами аналізу аварійних інцидентів, що сталися у межах приаеродромної території, встановлено, що для населення, що мешкає та перебуває в цих суміжних зонах існує загроза падіння літака, що призведе до прямого фізичного впливу динамічного удару падіння, тиску вибухової хвилі та термічного ушкодження внаслідок загорянь та пожеж.

### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ НА ПРИАЕРОДРОМНІЙ ТЕРИТОРІЇ ВІД ВПЛИВУ ПОЛЬОТІВ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН**

#### **3.1 Аналіз сучасних досягнень у сфері захисту навколишнього середовища і населення від негативних впливів функціонування аеропортів та летовищ**

Аналіз наукових праць та профільних публікацій [71 – 78] дозволяє виокремити характер і наслідки впливу акустичного звуко-шумового забруднення (в комплексі з іншими досліджуваними в р. 2 цієї роботи впливів, що мають менше значення в протипагу шумо-акустичної дії інфраструктурних елементів повітряного сполучення) на мешканців суміжних з аеропортами і летовищами територій, що в результаті призводить до погіршення здоров'я населення у досліджуваному секторі. Принцип шумо-акустичного впливу інфраструктурних елементів авіаційного сполучення алгоритмізований за схемою на рис. 3.1. Дослідження стану здоров'я визначеної групи мешканців встановило невтішну картину, що проявляється у стійкому погіршенні функціонування внутрішніх систем та органів як для дорослого, так і для дитячого населення.

Серед заходів, що спрямовані на зниження та нормування звуко-шумового забруднення від функціонування інфраструктурних елементів повітряного сполучення визначають техніко-конструктивні та технолого-організаційні, а також сукупність застосування останніх.

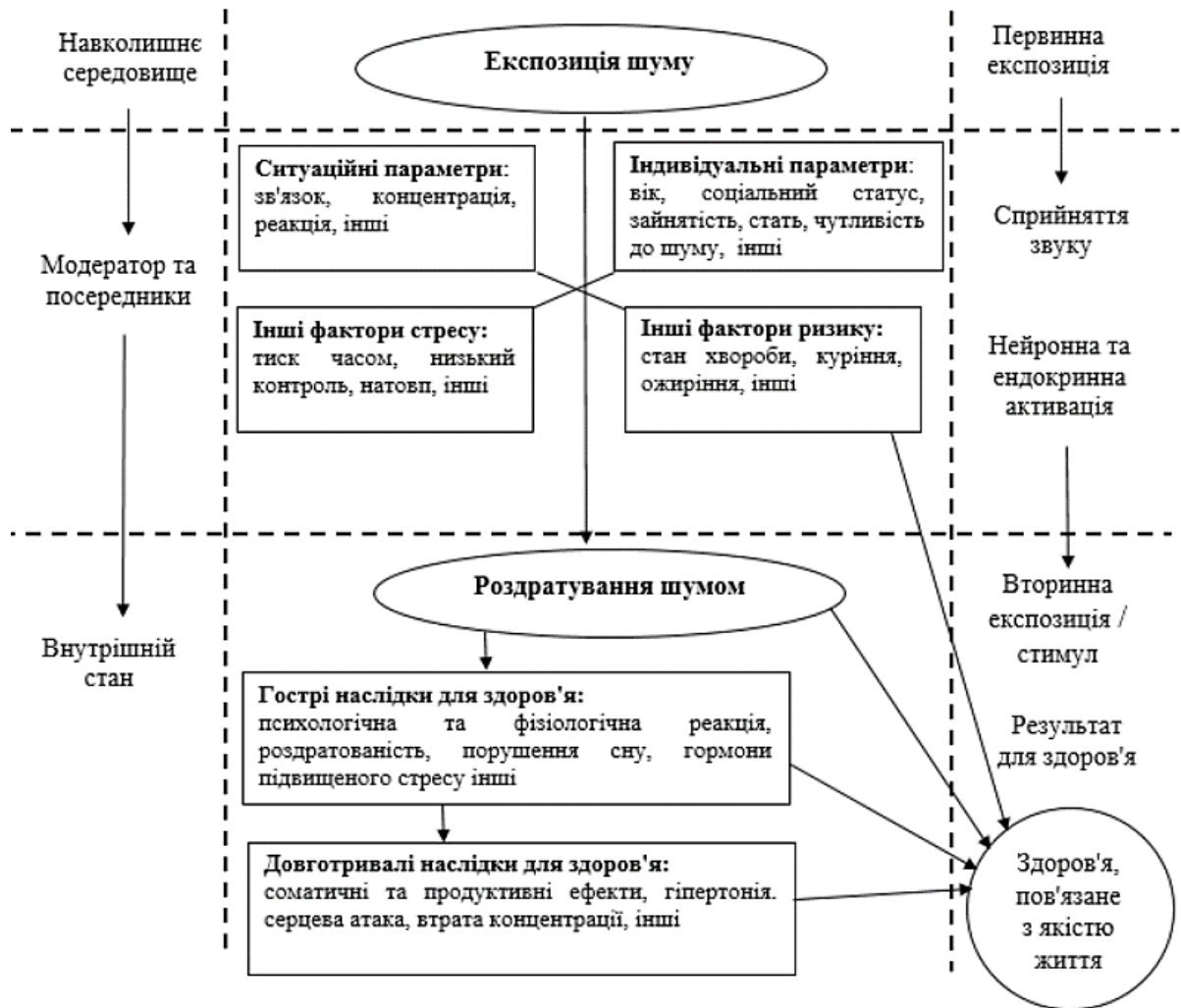


Рисунок 3.1 – Алгоритм шумо-акустичного впливу інфраструктурних елементів авіаційного сполучення на населення, що розташовується на суміжних територіях

Питанням нормалізації та зниження звуко-шумового забруднення від функціонування інфраструктурних об'єктів і елементів авіаційного транспорту опікуються на державному рівні провідні країни з розвинуеною авіацією, залучаючи до цього провідні наукові організації, що виливається у створення стратегічних доктрин, зафіксованих в динаміці на рис. 3.2 [71 – 78].

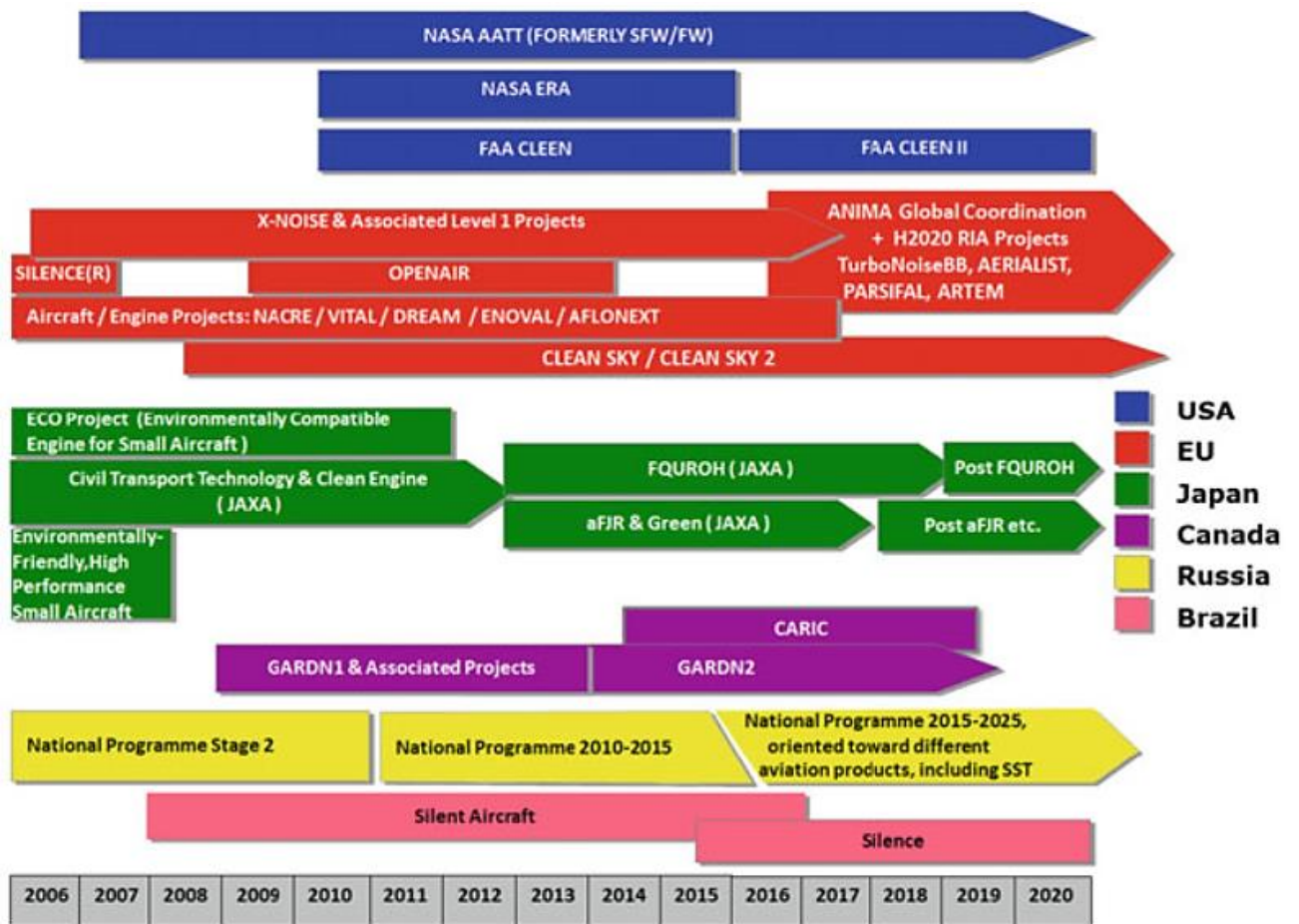


Рисунок 3.2 – Державні стратегії з нормування та зниження звуко-шумового забруднення від функціонування інфраструктурних об’єктів і елементів авіаційного транспорту країн з численними авіафлотами цивільної авіації

Найлогічнішим є вплив безпосередньо на джерело підвищеного шуму – на нормалізацію та зниження рівня шуму від функціонування повітряних суден (що встановлено за результатами вишукувань в п. 2.2 цієї праці).

### 3.2 Розробка комплексних заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден

Аналіз наукових праць та профільних публікацій [79 – 82] дозволяє сформулювати загальну парадигму боротьби з звуко-шумовим забрудненням,

що виникає внаслідок функціонування об'єктів та елементів повітряно-транспортної інфраструктури – рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Парадигма боротьби з авіаційним шумом

Як зазначено на рис. 3.3, з урахуванням вектору дослідження, що реалізується в рамках цієї праці, доцільно розглянути функціонування системи технічного контролю звуко-шумового забруднення, що виконується у вигляді автоматичних систем.

Процедура автоматичного вимірювання продукування шуму для кожного повітряного судна здійснюється під час виконання злітно-посадкових льотних операцій – рис. 3.4 [79 – 82].

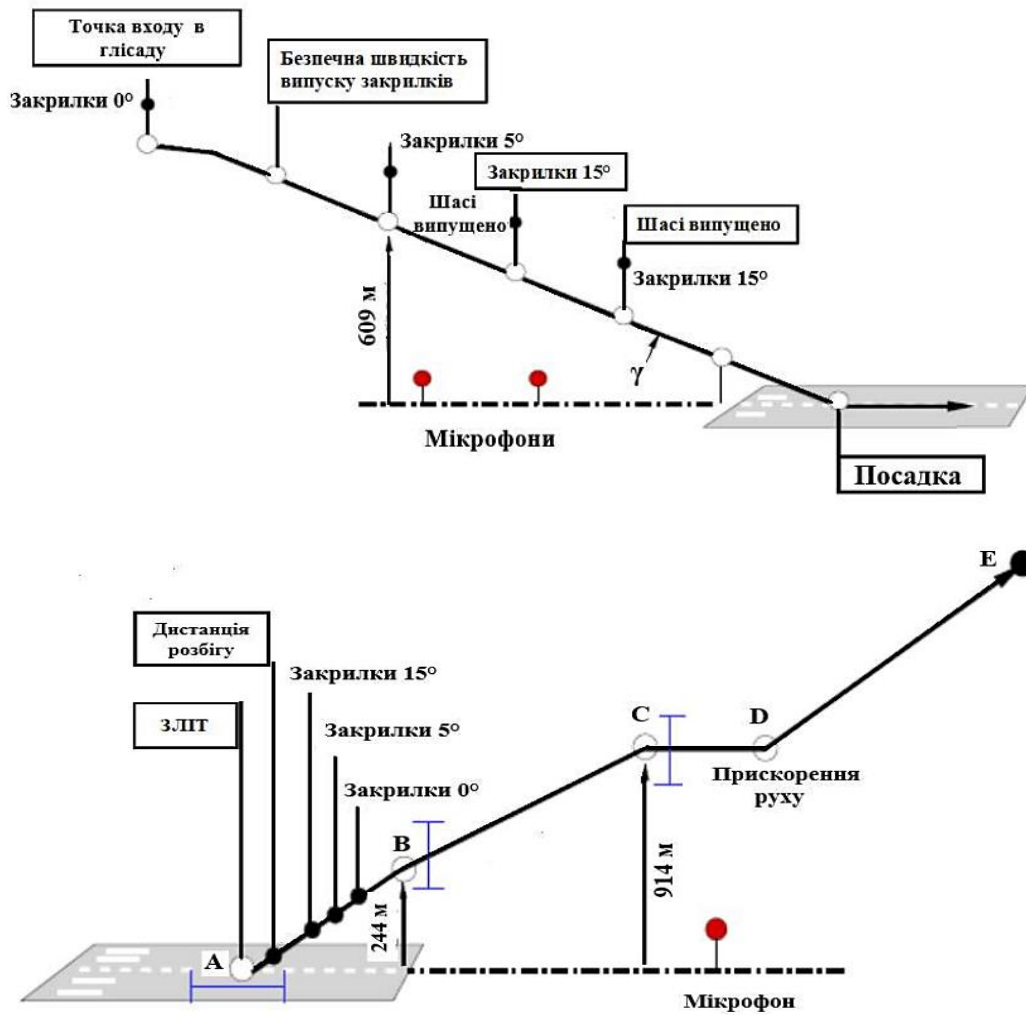


Рисунок 3.4 – Вимірювання шуму при здійсненні злітно-посадкових льотних операцій повітряним судном

Стационарні засоби шумового моніторингу встановлюються у відповідних точках території аеропорту – рис. 3.5, 3.6 [79 – 82].

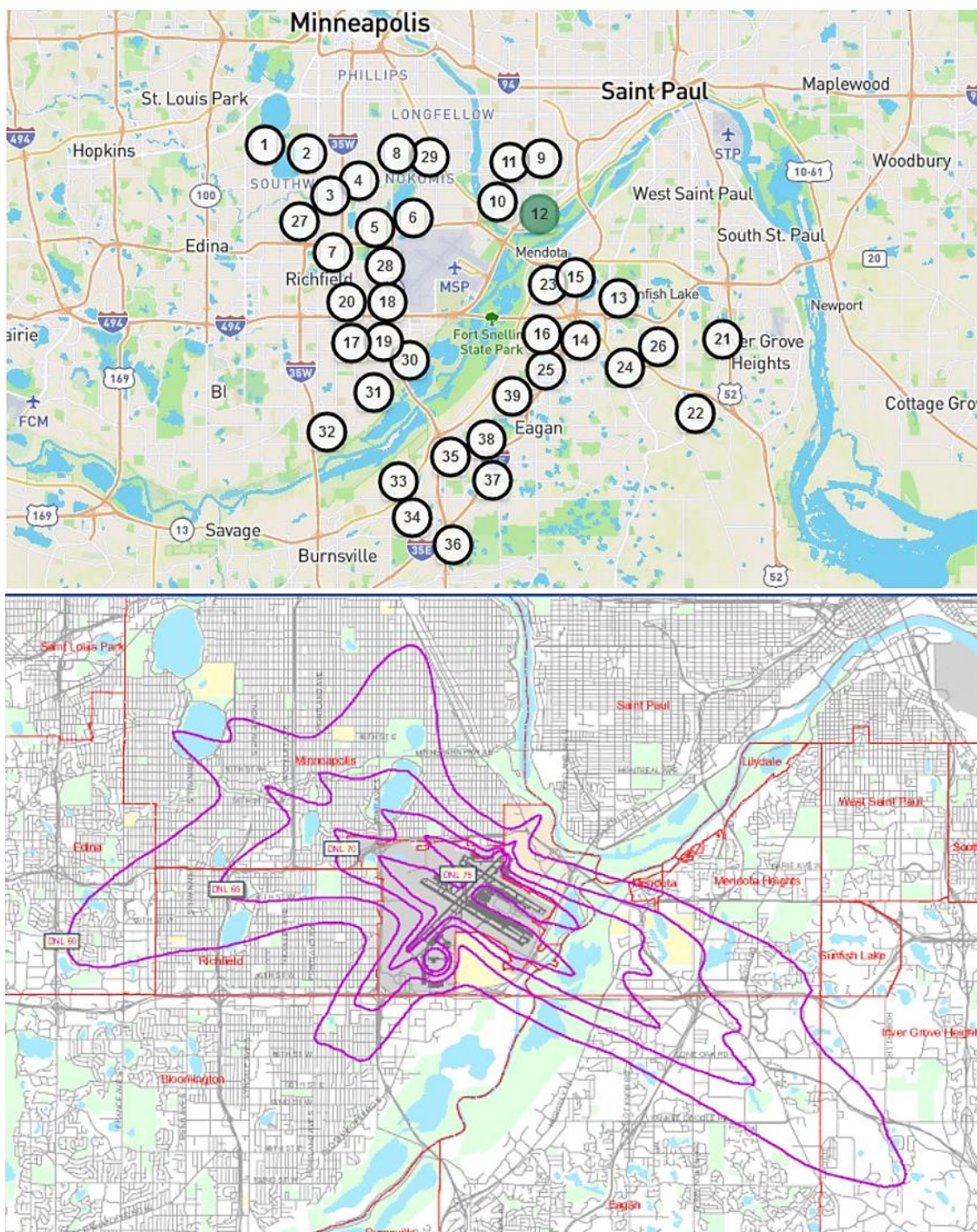


Рисунок 3.5 – Встановлення засобів технічного вимірювання рівня шуму системи моніторингу шумового забруднення аеропорту Міннеаполіс-Сент-Пол

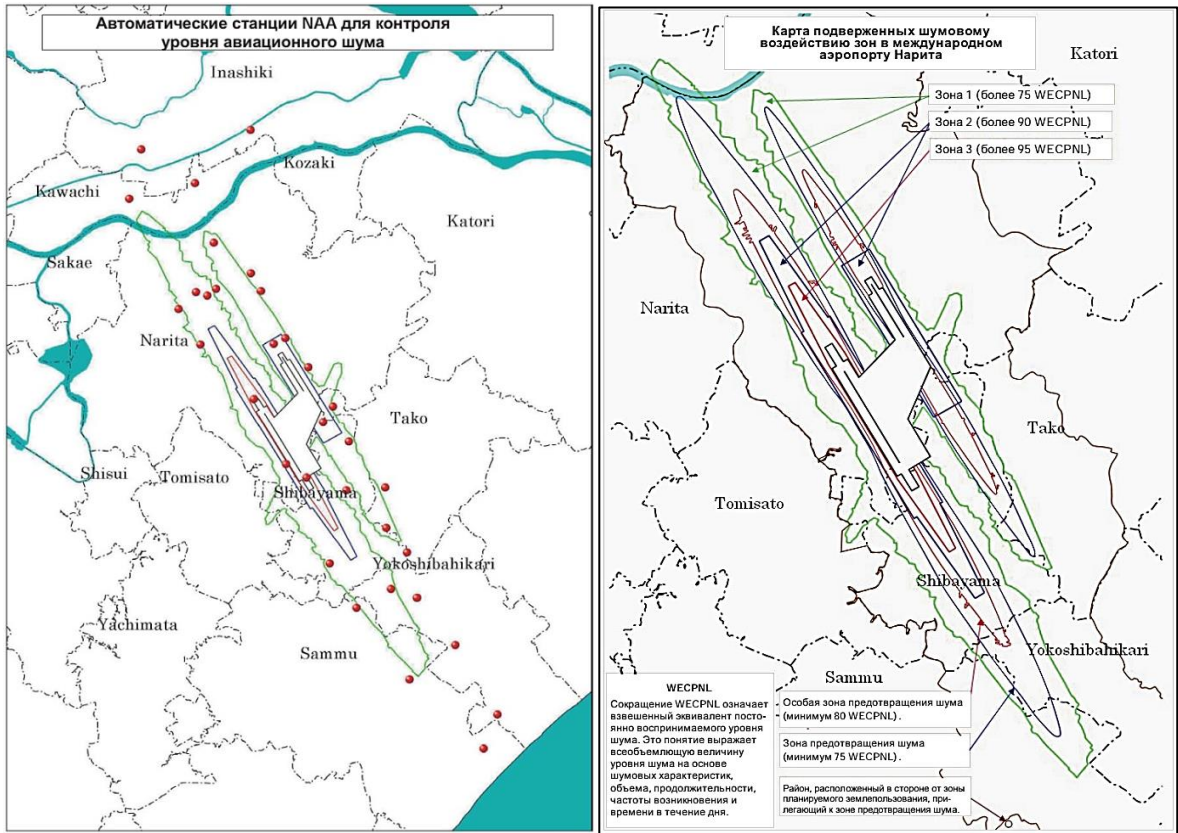


Рисунок 3.6 – Встановлення засобів технічного вимірювання рівня шуму системи моніторингу шумового забруднення аеропорту Нарита

Засоби вимірювання шуму пов'язані з системою моніторингу, концепція якої вказана на рис. 3.7 [79 – 82].

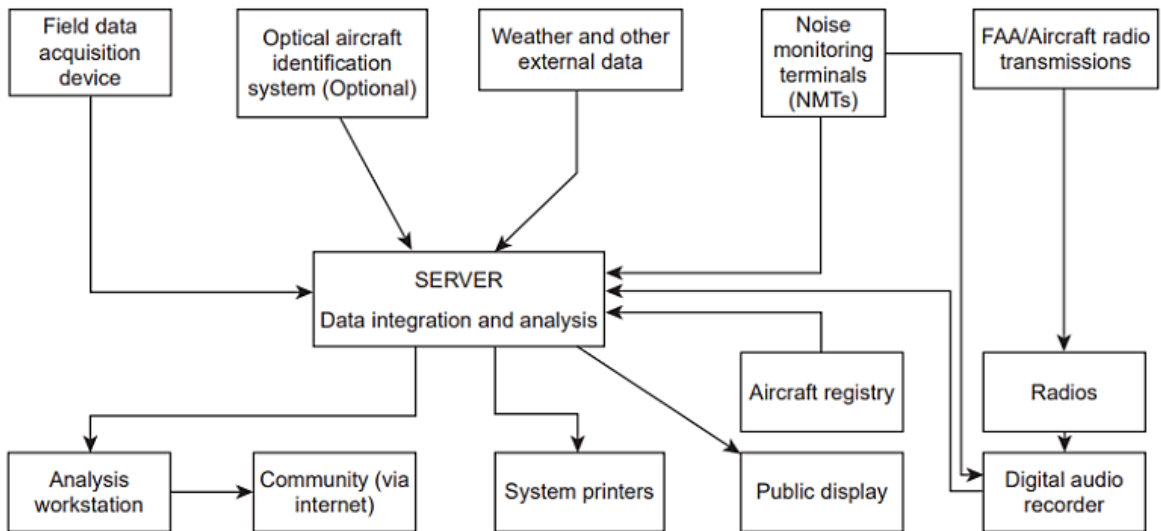


Рисунок 3.7 – Структурна схема системи автоматичного контролю шуму



### 3.3 Оцінка ефективності заходів захисту населення на приаеродромній території від впливу польотів повітряних суден. Формування рекомендацій з впровадження

Представлена концепція доповненої системи автоматичного моніторингу звуко-шумового забруднення від функціонування аеропорту має достатньо високий рівень корелятивної ідентифікації – рис. 3.8.

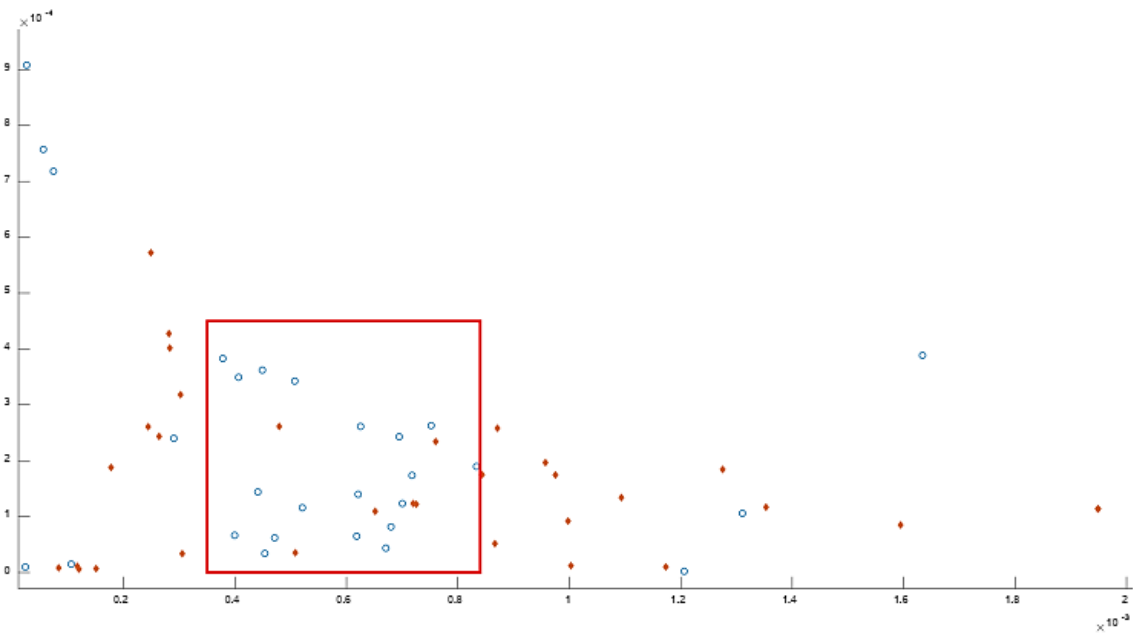


Рисунок 3.8 – Графік корелятивної ідентифікації повітряного судна за звуко-шумовою сигнатурою (за параметрами щільності потужності на виході фільтру 400 Гц (вісь  $O_x$ ) до щільності потужності на виході фільтру 1250 Гц (вісь  $O_y$ )).

Таким чином маємо позитивний результат, що виражається у оперативній ідентифікації літака порушника, до якого можуть бути застосовані відповідні організаційно-технологічні санкції з метою недопущення розвитку акустичного інциденту та понаднормового перевищення звуко-шумового фону аеропорту, що в результаті є дієвим методом захисту населення, розміщеного на приаеродромній території.

## ВИСНОВОК

У відповідності поставленої мети та задач у рамках досліджуваного вектору боротьби з акустичним звуко-шумовим забрудненням від функціонування повітряних суден та аеропортів з метою захисту населення, що розташовується на приаеродромних територіях, сформовані відповідні тези:

– встановлені основні базові поняття дослідження, а саме: виявлено, що аеродром є складним об'єктом інженерного супроводу безпеки польотів; виявлено, що приаеродромна територія являє собою технолого-функціональну зону, в межах якої здійснюються льотні операції та операції з інженерного супроводу авіаційної безпеки. Виходячи з складності технологічних процесів, що реалізуються на базі аеродромів, доцільно розглянути техногенний вплив досліджуваних об'єктів на приаеродромні території;

– встановлено, що приаеродромні території зазнають найбільшого техногенного впливу від здійснення технолого-функціональних процесів злітно-посадкових операцій та операцій інженерного супроводу авіаційної безпеки на базі аеропортів та летовищ;

– виявлено, що чинні НТД встановлюють вимоги щодо улаштування аеропортів та летовищ, відповідно до яких встановлюються обмеження, що стосуються безпосередньо приаеродромної території, зокрема встановлюються зони заборони розміщення житлових будинків, СЗЗ з високим рівнем звукошумового (акустичного) навантаження на довкілля, СЗЗ з високим електромагнітним випромінюванням, тощо. Відповідно до результатів аналізу аеродромів та летовищ у якості техногенних об'єктів, встановлено, що досліджувані об'єкти чинять комплексний багатofакторний техногенний вплив на довкілля, при чому найбільшого навантаження зазнають приаеродромні території, відтак актуальним і доцільним є розробка і впровадження заходів з

убезпечення від негативного впливу технолого-функціональних операцій льотної справи на населення, що розміщується на суміжних територіях;

– за результатами аналіз хімічного впливу аеродромів і летовищ на приаеродромні території встановлено, що основним джерелом шкідливих викидів є авіаційні турбодвигуни, градування інтенсивності викидів яких варіюється за матеріально-конструктивним виконанням (а відповідно і ефективністю функціонування), злітно-посадковими режимами (з безпосереднім зв'язком з летовищем) та прямим (і одночасно пов'язаним) параметром – інтенсивністю витрати палива. Також зафіксований негативний екологічний вплив у довгостроковій перспективі, а саме вплив на інтенсивність планетарних кліматичних змін – глобальне потепління;

– виявлений ефект збуренням природного електромагнітного поля в процесі здійснення льотних операцій серед спектру фізичних впливів аеропортів і повітряних суден на довкілля має порівняно незначну вагу, найбільшу вагу має вплив звуко-шумового акустичного забруднення, внаслідок чого існує чітке нормативне регулювання параметрів цього фізичного впливу на державному рівні та на рівні міжнародних авіаційних регламентних організацій;

– за результатами аналізу аварійних інцидентів, що сталися у межах приаеродромної території, встановлено, що для населення, що мешкає та перебуває в цих суміжних зонах існує загроза падіння літака, що призведе до прямого фізичного впливу динамічного удару падіння, тиску вибухової хвилі та термічного ушкодження внаслідок загорянь та пожеж. Однак, за сумарними результатами оцінки впливу аеропортів, летовищ та, власне, повітряних суден на приаеродромні території доходимо висновку, що найбільший і тривалий вплив на досліджувані суміжні зони та мешканців, що на них перебувають має акустичне звуко-шумове забруднення, що, попри державний контроль та контроль зі сторони міжнародних авіаційних компаній, має локальні

перевищення відносно встановлених нормативно-лімітованих значень, а відтак, потребує невідкладного вирішення, шляхом впровадження відповідних техніко-технологічних рішень щодо захисту мешканців, які перебувають у секторах впливу досліджуваного об'єкту;

– встановлено, що існує визначена кількість заходів та відповідних інструментарії щодо обмеження, зниження та нормування звуко-шумового акустичного забруднення від функціонування повітряних суден та аеропортів, застосування яких визначається локальною кон'юнктурою окремого об'єкту повітряно-транспортної інфраструктури з урахування сучасних досягнень в даному векторі розвитку цивільної авіації.

Заборонована оптимізація функціонування діючої системи моніторингу шумового фону аеропорту, що дозволить діяти на упередження та нівелювати розвиток акустичного інциденту, а також, супутньо, виявляти повітряні судна, що потребують позачергової технічної діагностики і технічного обслуговування.

Таким чином маємо позитивний результат, що виражається у оперативній ідентифікації літака порушника, до якого можуть бути застосовані відповідні організаційно-технологічні санкції з метою недопущення розвитку акустичного інциденту та понаднормового перевищення звуко-шумового фону аеропорту, що в результаті є дієвим методом захисту населення, розміщеного на приаеродромній території.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Транспорт і зв'язок [Електронний ресурс] : Статичні звіти / Державна служба статистики України. – Офіційний сайт Державної служби статистики України – Режим доступу [сайт] : [ukrstat.gov.ua](http://ukrstat.gov.ua), 2022.

2 Статистичні дані в галузі авіатранспорту [Електронний ресурс] : Статичні звіти / Державна авіаційна служба України. – Офіційний сайт Державної авіаційна служби України – Режим доступу [сайт] : [avia.gov.ua](http://avia.gov.ua), 2022.

3 Статистичні дані в галузі авіатранспорту [Електронний ресурс] : Статичні звіти / Міністерство інфраструктури України. – Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України – Режим доступу [сайт] : [mtu.gov.ua](http://mtu.gov.ua), 2022.

4 Державна цільова науково-технічна програма розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 1 вересня 2021 р. № 951 «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки» / Міністерство з питань стратегічних галузей промисловості України. – Офіційний сайт Кабінету Міністрів України – Режим доступу [сайт] : [kmu.gov.ua](http://kmu.gov.ua), 2022 // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу [сайт] : [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua), 2022.

5 Повітряний Кодекс України № 3393-VI (у редакції від 19.02.2022) [Електронний ресурс] : Кодекс законів / Верховна Рада України. – Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу [сайт] : [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua), 2022.

6 ДСТУ 3228-95 Аеродроми цивільні. Терміни та визначення [Електронний ресурс] : ДСТУ (Державний стандарт України) / Київський міжнародний університет цивільної авіації. – Київ: Держстандарт України / Режим доступу [сайт] : [online.budstandart.com](http://online.budstandart.com), 2022.

7 Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 6 грудня 2017 р. № 954 «Про затвердження Положення про використання повітряного простору України (в редакції від 05.01.2022)» / Кабінет Міністрів України. – Офіційний сайт Кабінету Міністрів України – Режим доступу [сайт] : [kmu.gov.ua](http://kmu.gov.ua), 2022 // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу [сайт] : [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua), 2022.

8 Правила виконання польотів державної авіації України [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства оборони України від 05.01.2015 № 2 «Про затвердження Правил виконання польотів державної авіації України (в редакції від 06.10.2017)» / Міністерство оборони України. – Офіційний сайт Міністерства оборони України – Режим доступу [сайт] : [mil.gov.ua](http://mil.gov.ua), 2022 // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу [сайт] : [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua), 2022.

9 Дмитриченко, М. Ф. Експлуатація аеродромів [Текст] : Підручник, для студентів вищих закладів освіти / М. Ф. Дмитриченко [та інш.]. – НТУ, Кафедра аеропортів. – Київ: НТУ, 2018. – 420 с.

10 Дмитриченко, М. Ф. Авіаційна безпека [Текст] : Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.06010105 «Автомобільні дороги та аеродроми», спеціалізації «Будівництво і експлуатація аеродромів» / М. Ф. Дмитриченко [та інш.]. – НТУ, Кафедра аеропортів. – Київ: НТУ, 2013. – 102 с.

11 Харченко, В. П. Обслуговування повітряного руху на цивільних аеродромах України [Текст] : Навчальний посібник / В. П. Харченко, Г. Ф. Аргунов, О. Є. Луппо. – Київ: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2013. – 250 с.

12 Міхеєв, Д. С. Оцінювання екологічного впливу мобільних техногенних об'єктів на стан довкілля на прикладі газотурбінних двигунів [Текст] :

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека (06 Техногенна безпека, технічні науки) / Д. С. Міхеєв. – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Міністерство енергетики та захисту довкілля, Київ, 2020. – 244 с.

13 Бондар, О. І. Системний підхід щодо оцінювання екологічного впливу авіаційної техніки на стан довкілля [Текст] / О. І. Бондар, О. А. Машков, В. С. Міхеєв // Екологічні науки. – 2020. – № 1 (28). – С. 191 – 200.

14 Боярська, З. І. Екологічні аспекти безпеки цивільної авіації в Україні [Текст] / З. І. Боярська // Юридичний вісник. – 2012. – № 3 (24). – С. 10 – 15.

15 Маруніч, С. В. Масштабування процесу зменшення негативного впливу авіаційного шуму [Текст] / С. В. Маруніч // Вісник Національного транспортного університету. – 2020. – № 1 (46). – С. 201 – 211.

16 Попелиш, І. І. Екологічні аспекти застосування аеродромних антиожеледних хімреагентів [Текст] / І. І. Попелиш, О. В. Семенченко, С. О. Корітчук // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2020. – № 107. – С. 90 – 96.

17 Запорожець, О. Проблеми забруднення атмосферного повітря при експлуатації аеропортів цивільної авіації [Текст] : Брошура / О. Запорожець [та інш.]. – Київ: НЕЦУ, 2018. – 20 с.

18 Краснова, Ю. А. Нормативно-правове забезпечення екологічної безпеки при шумовому забрудненні авіаційним транспортом [Текст] / Ю. А. Краснова, О. А. Саченко // Право і суспільство. – 2017. – № 3. – С. 95 – 99.

19 Латишева, О. В. Визначення негативного впливу діяльності аеропорту на довкілля та розробка заходів для його зниження [Текст] / О. В. Латишева // Економічний аналіз. – 2014. – № 3. – Т. 15. – С. 57 – 63.

20 Robinson, W. J. Implications of incorporating geosynthetics in airfield pavements [Text] / W. J. Robinson, I. L. Howard // *Transportation Geotechnics*. – 2021. – Vol. 28. – pp. 1 – 10.

21 Feldhoff, E. Examining legal requirements for a ground infrastructure at airfields as part of an automated, emission-free airfreight transport chain [Text] / E. Feldhoff, N. Metzner // *Transportation Research Procedia*. – 2021. – Vol. 52. – pp. 461 – 468.

22 Greer, F. Airports and environmental sustainability: a comprehensive review [Text] / F. Greer, J. Rakas, A. Horvath // *Environmental Research Letters*. – 2020. – № 10. – Vol. 15. – pp. 1 – 24.

23 Said, I. M. Iterative Framework for Performance and Environmental Impacts of Airfields [Text] / I. M. Said, I. L. Al-Qadi // *Transportation Research Record*. – 2019. – Vol. 2673(9). – pp. 179 – 187.

24 Xiong, C. The Different Impacts of Airports on the Ecological Environment under Distinct Institutional Contexts [Text] / C. Xiong [et al.] // *Land*. – 2022. – № 11. – Vol. 291. – pp. 1 – 18.

25 Grampella, M. Determinants of airports' environmental effects [Text] / M. Grampella [et al.] // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2017. – Vol. 50. – pp. 327 – 344.

26 ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів [Електронний ресурс] : ДПС (Державні санітарні правила) / Міністерство охорони здоров'я України (МОЗ). – Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу [сайт] : [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua), 2022.

27 ДСанПіН 7.7.3.-014-99 Аеровокзали цивільної авіації [Електронний ресурс] : ДСанПіН (Державні санітарні правила і норми) / Міністерство охорони здоров'я (МОЗ). – Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу [сайт] : [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua), 2022.



28 ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій : [Електронний ресурс] : ДБН (Державні будівельні норми) / Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромiсто» імені Ю. М. Білоконя. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019 // Режим доступу [сайт] : [online.budstandart.com](http://online.budstandart.com), 2022.

29 ДБН Б.1.1-22:2017 Містобудування. Склад та зміст плану зонування території : [Електронний ресурс] : ДБН (Державні будівельні норми) / Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромiсто» імені Ю. М. Білоконя. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018 // Режим доступу [сайт] : [online.budstandart.com](http://online.budstandart.com), 2022.

30 Shiva, N. S. Urban Air Quality Monitoring, Modelling and Human Exposure Assessment [Text] : Monograph / N. S. Shiva [et al.]. – Springer, 2021. — 454 p.

31 Brewer, T. Transportation Air Pollutants: Black Carbon and Other Emissions [Text] : Monograph / T. Brewer. – Springer, 2021. – 107 p.

32 Rehman, Kh. S. A. Carbon Capture [Text] : Monograph / Kh. S. A. Rehman. – ITexLi, 2021. – 90 p.

33 Schifftner, K. C. Air Pollution Control Equipment Selection Guide [Text] : Monograph / 3rd edition. – CRC Press, 2021. – 379 p.

34 Riley, K. A systematic review of the impact of commercial aircraft activity on air quality near airports [Web resource] / K. Riley [et al.]. // City and Environment Interactions. – 2021. – Vol. 11. – pp. 1 – 9. // Access mode [site] : [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com), 2022.

35 Filippone, A. Evaluation of commuter airplane emissions: A European case study [Web resource] / A. Filippone, B. Parkes // Transportation Research Part D:

Transport and Environment. – 2021. – Vol. 98. – pp. 1 – 11. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

36 Zhang, T. Substitution induced tunable emission of an airplane-like pyrene-based fluorophore: First-principles study [Web resource] / T. Zhang [et al.]. // Chemical Physics Letters. – 2019. – Vol. 734. – pp. 1 – 12. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

37 Zhang, C. Mitigation effects of alternative aviation fuels on non-volatile particulate matter emissions from aircraft gas turbine engines: A review [Web resource] / C. Zhang [et al.]. // Science of The Total Environment. – 2022. – Vol. 820. – pp. 1 – 14. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

38 Xu, H. Characterizing aircraft engine fuel and emission parameters of taxi phase for Shanghai Hongqiao International Airport with aircraft operational data [Web resource] / H. Xu [et al.]. // Science of The Total Environment. – Vol. 720. – pp. 1 – 18. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

39 Kinsey, J. S. Assessment of a regulatory measurement system for the determination of the non-volatile particulate matter emissions from commercial aircraft engines [Web resource] / J. S. Kinsey [et al.]. // Journal of Aerosol Science. – 2021. – Vol. 154. – pp. 1 – 21. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

40 Zaporozhets, O. Improvements on aircraft engine emission and emission inventory asesessment inside the airport area [Web resource] / O. Zaporozhets, K. Synylo // Energy. – 2017. – Vol. 140. – p. 1350 – 1357. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

41 Filippone, A. Validation of an integrated simulation model for aircraft noise and engine emissions [Web resource] / A. Filippone, M. Zhang, N. Bojdo // Aerospace Science and Technology. – 2019. – Vol. 89. – pp. 370 – 381. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

42 Chen, D. Fuel and emission reduction assessment for civil aircraft engine fleet on-wing washing [Web resource] / D. Chen, J. Sun // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2018. – Vol. 65. – pp. 324 – 331. // Access mode [site] : [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com), 2022.

43 Fidell, S. Guide to U.S. Aircraft Noise Regulatory Policy [Text] : Monograph / S. Fidell, V. A. Mestre. – Springer, 2020. – 151 p.

44 Левченко, Л. О. Застосування ГІС–технології для візуалізації результатів моделювання поширення авіаційного шуму [Електронний ресурс] / Л. О. Левченко, О. С. Сідько // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2018. – № 2 (48). – С. 120 – 125. // Режим доступу [сайт] : [journals.nupr.edu.ua](http://journals.nupr.edu.ua), 2022.

45 Запорожець, О. І. Удосконалення складової оцінювання авіаційного шуму для випадку його випромінювання у задній сектор [Електронний ресурс] / О. І. Запорожець, Л. О. Левченко // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2017. – № 2 (103). – С. 54 – 63. // Режим доступу [сайт] : [kdu.edu.ua](http://kdu.edu.ua), 2022.

46 Бжезовська, Н. В. Проблеми впливу авіаційного шуму на людину і навколишнє середовище та засоби їх вирішення [Електронний ресурс] / Н. В. Бжезовська, А. О. Наконечна // *Проблеми розвитку міського середовища*. – 2018. – № 2 (21). – С. 26 – 34. // Режим доступу [сайт] : [er.nau.edu.ua](http://er.nau.edu.ua), 2022.

47 Запорожець, О. І. Оцінювання шумового впливу від повітряних суден в районі аеропорту [Електронний ресурс] / О. І. Запорожець, Л. О. Левченко // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2017. – № 1 (102). – С. 121 – 128. // Режим доступу [сайт] : [visnikkrnu.kdu.edu.ua](http://visnikkrnu.kdu.edu.ua), 2022.

48 Liu, X. Development and progress in aeroacoustic noise reduction on turbofan aeroengines [Web resource] / X. Liu [et al.]. // *Progress in Aerospace Sciences*. – 2022. – Vol. 130. – pp. 1 – 6. // Access mode [site] : [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com), 2022.

49 Murphy, E. Environmental Noise Pollution [Web resource] : Monograph / E. Murphy, E. A. King. – Second Edition. – Elsevier, 2022 // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

50 Camara, T. Management of acoustic risks for buildings near airports [Web resource] / T. Camara [et al.]. // Ecological Informatics. – 2018. – Vol. 44. – pp. 43 – 56. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

51 Torija, A. J. Airport noise modelling for strategic environmental impact assessment of aviation [Web resource] / A. J. Torija, R. H. Self, I. H. Flindell // Applied Acoustics. – 2018. – Vol. 132. – pp. 49 – 57. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

52 Alonso, G. The efficiency of noise mitigation measures at European airports [Web resource] / G. Alonso, A. Benito, L. Boto // Transportation Research Procedia. – 2017. – Vol. 25. – pp. 103 – 135. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

53 Habdas, M. Airport Noise as Public Bads: Comparative Remarks on Legal Challenges in Resolving the Neighbor Conflict Between the Airport and Landowners [Web resource] / M. Habdas // Journal of air law and commerce. – 2022. – Vol. 87. – pp. 91 – 95. // Access mode [site] : scholar.smu.edu, 2022.

54 Athirah, B. Aircraft Noise Exposure and Effects on the Health of Nearby Residents: A Review [Web resource] / B. Athirah, M. S. N. Shahida // Human-Centered Technology for a Better Tomorrow. – 2021. – pp. 361 – 378. // Access mode [site] : link.springer.com, 2022.

55 Gianmarco, A. A General and Simplified Methodology to Define Airport Noise-Influenced Zones and a Measurement of Related Social Costs [Web resource] / A. Gianmarco [et al.]. // SSRN. – 2022. – pp. 1 – 36. // Access mode [site] : papers.ssrn.com, 2022.

56 Leylekian, L. Aviation Noise Impact Management: Technologies, Regulations, and Societal Well-being in Europe [Web resource] : Monograph / L. Leylekian, A. Covrig, A. Maximova. – Cham : Springer, 2022. – 326 p.

57 Pietroniro, A. G. Modelling coaxial jets relevant to turbofan jet engines [Text] : Master of Science Thesis / A. G. Pietroniro. – Stockholm : KTH Department of Mechanics, 2016. – 92 p.

58 Bu, H. An overview of testing methods for aeroengine fan noise [Web resource] / H. Bu, Huang, X., Zhang, X // Progress in Aerospace Sciences. – 2021. – Vol. 124. – pp. 1 – 15. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

59 Sutliff, D. L. A 20 Year Retrospective of The Advanced Noise Control Fan – Contributions to Turbofan Noise Research [Text] : Monograph / D. L. Sutliff. – Ohio : Glenn Research Center, 2019. – 102 p.

60 Leylekian, L. An overview of aircraft noise reduction technologies [Web resource] / L. Leylekian, M. Lebrun, P. Lempereur // AerospaceLab. – 2015. – Iss. 7. – pp. 1 – 16. // Access mode [site] : hal.archives-ouvertes.fr, 2022.

61 Dowling, A. P. Combustion noise [Web resource] / A. P. Dowling, Y. Mahmoudi // Proceedings of the Combustion Institute. – 2015. – Iss. 35. – pp. 65 – 100 // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

62 Merino-Martínez, R. A review of acoustic imaging methods using phased microphone arrays [Web resource] / R. Merino-Martínez [et al.]. // CEAS Aeronautical Journal. – 2019. – Vol. 10. – pp. 197 – 230. // Access mode [site] : link.springer.com, 2022.

63 Delfs, J. Aircraft Noise Assessment – From Single Components to Large Scenarios [Web resource] / J. Delfs [et al.]. // Energies. – 2018. – Vol. 11 (429). – pp. 1 – 25. // Access mode [site] : mdpi.com, 2022.

64 Greco, G. F. A computational investigation of jet-plate interaction noise using a Lattice-Boltzmann based method [Text] : Thesis for: Master of science /

G. F. Greco. – Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, 2018. – 172 p.

65 Bertsch, L. Aircraft noise generation and assessment: executive summary [Web resource] / L. Bertsch [et al.]. // CEAS Aeronautical Journal. – 2019. – Vol. 10. – pp. 3 – 9. // Access mode [site] : [link.springer.com](http://link.springer.com), 2022.

66 Zaporozhets, A. Accuracy of Noise-Power-Distance Definition on Results of Single Aircraft Noise Event Calculation [Web resource] / A. Zaporozhets, L. Levchenko // Aerospace. – 2021. – Vol. 8. – pp. 1 – 24. // Access mode [site] : [mdpi.com](http://mdpi.com), 2022.

67 Countries and regions with the highest number of fatal civil airliner accidents from 1945 through February 28, 2022 [Web resource] / Statista. – Access mode [site] : [statista.com](http://statista.com), 2022.

68 Aviation and Plane Crash Statistics [Web resource] / Panish. – Access mode [site] : [psbr.law](http://psbr.law), 2022.

69 Statistics [Web resource] / The Aviation Safety Network. – Access mode [site] : [aviation-safety.net](http://aviation-safety.net), 2022.

70 Accident Statistics [Web resource] / ICAO. – Access mode [site] : [icao.int](http://icao.int), 2022.

71 Dobruszkes, F. Multiple-airport systems: The (re)development of older airports in view of noise pollution issues [Web resource] / F. Dobruszkes [et al.]. // Transport Policy. – 2021. – Vol. 114. – pp. 298 – 311. // Access mode [site] : [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com), 2022.

72 Salata, F. A first approach to the optimization of landing and take-off operations through intelligent algorithms for compliance with the acoustic standards in multi-runway airports [Web resource] / F. Salata [et al.]. // Applied Acoustics. – 2021. – Vol. 181. – pp. 1 – 21. // Access mode [site] : [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com), 2022.

73 Smith, M. G. On the feasibility of measuring physiologic and self-reported sleep disturbance by aircraft noise on a national scale: A pilot study around Atlanta airport [Web resource] / M. G. Smith [et al.]. // Science of The Total Environment. – 2020. – Vol. 718. – pp. 1 – 18. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

74 Tremper, A. H. Sources of particle number concentration and noise near London Gatwick Airport [Web resource] / A. H. Tremper [et al.]. // Environment International. – 2022. – Vol. 161. – pp. 1 – 26. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

75 Liu, X. Development and progress in aeroacoustic noise reduction on turbofan aeroengines [Web resource] / X. Liu [et al.]. // Progress in Aerospace Sciences. – 2022. – Vol. 130. – pp. 1 – 28. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

76 Vienneau, D. Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: 15-years of follow-up in a nationwide prospective cohort in Switzerland [Web resource] / D. Vienneau [et al.]. // Environment International. – 2022. – Vol. 158. – pp. 1 – 12. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

77 Murphy, E. Chapter 7 - Noise Mitigation Approaches [Web resource] / E. Murphy, E. A. King // Environmental Noise Pollution (Second Edition). – 2022. – pp. 211 – 255. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

78 Murphy, E. Chapter 4 - Strategic Noise Mapping [Web resource] / E. Murphy, E. A. King // Environmental Noise Pollution (Second Edition). – 2022. – pp. 88 – 125. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

79 Pretto, M. Mixed analysis-synthesis approach for estimating airport noise from civil air traffic [Web resource] / M. Pretto, P. Giannattasio, M. De Gennaro // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2022. – Vol. 106. – pp. 1 – 32. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

80 Zhang, J. Recognition of void defects in airport runways using ground-penetrating radar and shallow CNN [Web resource] / J. Zhang [et al.]. // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 138. – pp. 1 – 14. // Access mode [site] : sciencedirect.com, 2022.

81 Miljković, D. Active Noise Control in Light Aircraft Cabin Using Multichannel Coherent Method [Web resource] / D. Miljković // Automatika. – 2016. – Vol. 57 (4). – pp. 1056 – 1069. // Access mode [site] : tandfonline.com, 2022.

82 Bukała, M. Noise monitoring for improvement of operational performances of the aircraft in vicinity of airports [Web resource] / M. Bukała, O. Zaporozhets, A. Chyla // In book: Selected aspects of providing the chemmotological reliability of the engineering. – 2019. – pp. 271 – 279. // // Access mode [site] : researchgate.net, 2022.