

УДК 656.71.053.7(045)

Левченко Л.О., Глива В.А., Євтушок О.Я.¹

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ ПОБЛИЗУ АЕРОПОРТІВ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Вступ. Сучасною тенденцією розвитку авіаційного транспорту є розташування аеропортів у межах або у безпосередній близькості до населених пунктів, що обумовлюється зручністю для користувачів. Модернізація в Україні існуючої авіаційної інфраструктури, розташованої поблизу зон житлової забудови (наприклад, аеропорт «Київ», АНТК «Антонов», «Донецьк» тощо) для прийому далеко магістральних повітряних суден та збільшення кількості рейсів у цілодобовому режимі, пов'язані зі збільшенням негативного впливу на оточуюче середовище. Основним фактором такого впливу є авіаційний шум. Дослідження щодо зниження його рівнів виконується як в Україні, так і за кордоном [1, 2]. Проте експериментальне визначення безпечних зон не завжди можливе та економічно доцільне. Точність методів, побудованих на відповідних розрахунках не завжди задовільна через відсутність прив'язки до конкретного об'єкту [3]. Найбільш доцільним уявляється метод моделювання акустичного навантаження поблизу та в межах аеропорту з урахуванням специфіки і оточення окремого аеропорту.

Поряд з проблемами підтримки льотної придатності та економічної експлуатації, одною з основних проблем експлуатації цивільних повітряних суден є забезпечення відповідності екологічних характеристик літаків з встановленими національними і міжнародними вимогами і забезпечення вимог безпеки льотного та технічного персоналу в рамках забезпечення безпеки польотів.

Мета роботи. Метою даної статті є розробка принципів моделювання поширення шуму у межах аеропорту та прилеглих зонах житлової забудови.

Вихідні параметри. Для здійснення моделювання процесів, які відбуваються на території, що включає в себе аеропорт та прилеглі території, до вихідних параметрів можна віднести такі: парк літальних апаратів та їх акустичні характеристики для відповідних режимів на етапах зльоту та посадки; номінальні маршрути прильоту та вильоту повітряних суден з урахуванням процедур пілотування і діючих обмежень, що встановлюються інструкцією по проведенню польотів; інтенсив-

ність польотів повітряного транспорту конкретних типів, особливо шумних видів літальних апаратів в денну, вечірню і нічну частину доби; розташування місць випробування для проведення технічного обслуговування двигунів, час випробування двигунів у злітному та номінальному режимах, аеродромні засоби захисту, які застосовують для захисту від шуму (екрани, глушники шуму); розташування населених пунктів в околицях авіаприємства і чисельність населення, що проживає в них. Вплив на шумову обстановку також залежить від висоти розташування аеродрому, метеорологічних умов та характеру місцевості.

Щоб обчислити рівень звуку для кожного польоту повітряного судна і еквівалентних рівнів звуку, в тому числі комбінованих добових рівнів звуку для певної множини польотів, необхідна велика кількість даних, специфічно пов'язаних з акустичними і льотними характеристиками літальних апаратів, тому при дослідженні авіаційного шуму (АШ) використовують дещо спрощені моделі даних. Наприклад, інформація про характеристики шуму, який створюється на місцевості літаками і гелікоптерами при їх льотній та наземній експлуатації за результатами узагальнення даних по шуму при сертифікації, льотних випробуваннях і експлуатації основних типів повітряних суден представлена в базах даних таких організацій як Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) та Центр екологічної безпеки цивільної авіації. У випадку, якщо інформація по конкретному типу літального апарату відсутня, даний тип літального апарату замінюється найбільш близьким за технічними характеристиками. Загалом, точність методу розрахунку характеристик АШ залежить від того, наскільки точно представлені вихідні дані і наскільки точно модель відповідає умовам розглянутого сценарію в розрахунках. Для цього важливо якомога точніше представити процеси, які відбуваються в аеропорту та використовувати сучасну версію бази даних літальних апаратів ANP (The Aircraft Noise and Performance Database). База даних ANP з використанням стандарту SQL, яка використовується на даний момент для розрахунків має структуру, представлену на рис.1.

¹ Левченко Л.О., к.е.н., доц. (НТУУ «КПІ», м.Київ); Глива В.А., к.т.н. (КНУБА, м.Київ); Євтушок О.Я., магістрант, (НТУУ «КПІ», м.Київ).

Основним завданням зняття замірів та проведення розрахунків є побудова контурів АШ в околицях аеропорту для актуальних та можливих у майбутньому сценаріїв виконання польотів на території авіаційного підприємства. Першим етапом в виконанні розрахунків є визначення рівнів звуку в точках розрахунку. Потім визначається сумарний рівень значень рівнів звуку, а також обчислюється комбінований добовий рівень звуку за весь період спостереження. Після того, як ці дані отримані, визначається рівень звуку в точках розрахункової сітки і створюється їх графічне зображення, як правило, на карті місцевості з розташуванням аеропорту. Значення рівнів звуку чи рівнів дії шуму обчислюються для кожного польоту повітряного судна вздовж встановлених повітряних трас і для кожного випадку випробування двигунів на місцях випробування у вузлах розрахункової сітки, розміри якої визначаються в залежності від мінімальних значень рівнів шуму, для яких виконується побудова контурів.

Розрахунок контуру. Для того, щоб здійснити розрахунок контуру потрібно розраховувати значення рівня звуку в координатній сітці, яка розраховується в горизонтальній площині на рівні злітно-посадкової смуги, перону, місця випробування двигунів. Вісь абсцис направляєтсья вздовж основної злітно-посадкової смуги в напрямку головного курсу зльоту-посадки повітряного судна. Вісь ординат (OZ) розташовується перпендикулярно до неї в горизонтальній площині аеродрому таким чином, що утворюється правостороння система координат, а вісь аплікату (OY) розміщується перпендикулярно до горизонтальної поверхні аеродрому. Початок системи координат повинен бути розміщений в контрольній точці аеродрому. Якщо на аеродромі одно злітно-посадкова смуга, то як правило, контрольна точка розташована в центрі цієї смуги. Точки сітки розташовуються з кроком величиною не більше 1000 м. Для досягнення потрібної точності розрахунку рівнів і контурів шуму в зонах, розташованих близько до злітно-посадкових смуг і маршрутів польоту, зменшують крок розрахункової сітки. Критерієм того, що ми досягли потрібної точності є те, що значення стандартного відхилення між точками сітки не перевищує 0,5 дБ. Для побудови контуру, використовується інтерполяція відносно обчислених значень у вузлах сітки. Для того, щоб здійснити розрахунок рівню шуму враховується кожна шумова подія, її вплив визначається за допомогою залежності «шум - режим польоту - відстань» і параметрів траєкторії повітряного судна.

Шумова подія може бути описана двома способами: за таблицями згідно рекомендацій ICAO

або ж проводиться апроксимація за наступною формулою:

$$L_{A_{app}} = A + B \lg R_{ш} + C (\lg R_{ш})^2,$$

де A , B , C – коефіцієнти апроксимації, які визначаються для кожного типу літального апарату і кожного характерного режиму польоту, що використовується кожним судном під час зльоту або посадки; $R_{ш}$ – найкоротша відстань до контрольної точки. За відсутності експериментальних даних залежності «шум - режим польоту - відстань» використовуються аналітичні та емпіричні моделі для всіх акустичних джерел, які утворюють поле шуму досліджуваного судна на місцевості і з урахуванням всіх факторів, що впливають на характеристики шумового поля. Дані A , B , C отримують шляхом виконання досліджень на місцевості під час польоту літальних апаратів, які виконуються з дотриманням вимог до сертифікаційних випробувань.

Оскільки розрахунок рівня шуму залежить від траєкторії руху літального апарату, важливо точно розрахувати профіль польоту. Під профілем польоту розуміють геометричні характеристики траєкторій літального апарату в вертикальній площині, які визначаються методикою пілотування, а саме, його режимом польоту – режимом роботи двигунів, аеродинамічною конфігурацією і швидкістю руху судна. Профіль польоту зображують набором прямих відрізків, кінці яких – так звані точки профілю. Їх параметри обчислюються з використанням рівнянь для аеродинамічних та тягових характеристик, що включають велику кількість коефіцієнтів, які в свою чергу мають бути вибрані залежно від специфічної компоновки літака та двигуна.

При побудові профілю польоту шляхом застосування набору процедурних кроків, відрізки розташовуються один за одним таким чином, щоб досягнути потрібних умов в кінцевій точці профілю польоту. Відрізок профілю польоту описується наступними параметрами: s – дистанція вздовж маршруту польоту, z – висота польоту літака, V – проекція швидкості центру мас літака, P – пов'язаний з шумом параметр тяги / потужності, ϵ – кут нахилу.

Крім аеродинамічних параметрів літака і параметрів роботи двигуна, які можуть бути отримані з бази даних технічних характеристик літальних апаратів (рис. 1), ці рівняння також потребують специфікації ваги літака, кількості двигунів, температури повітря, висоти розташування

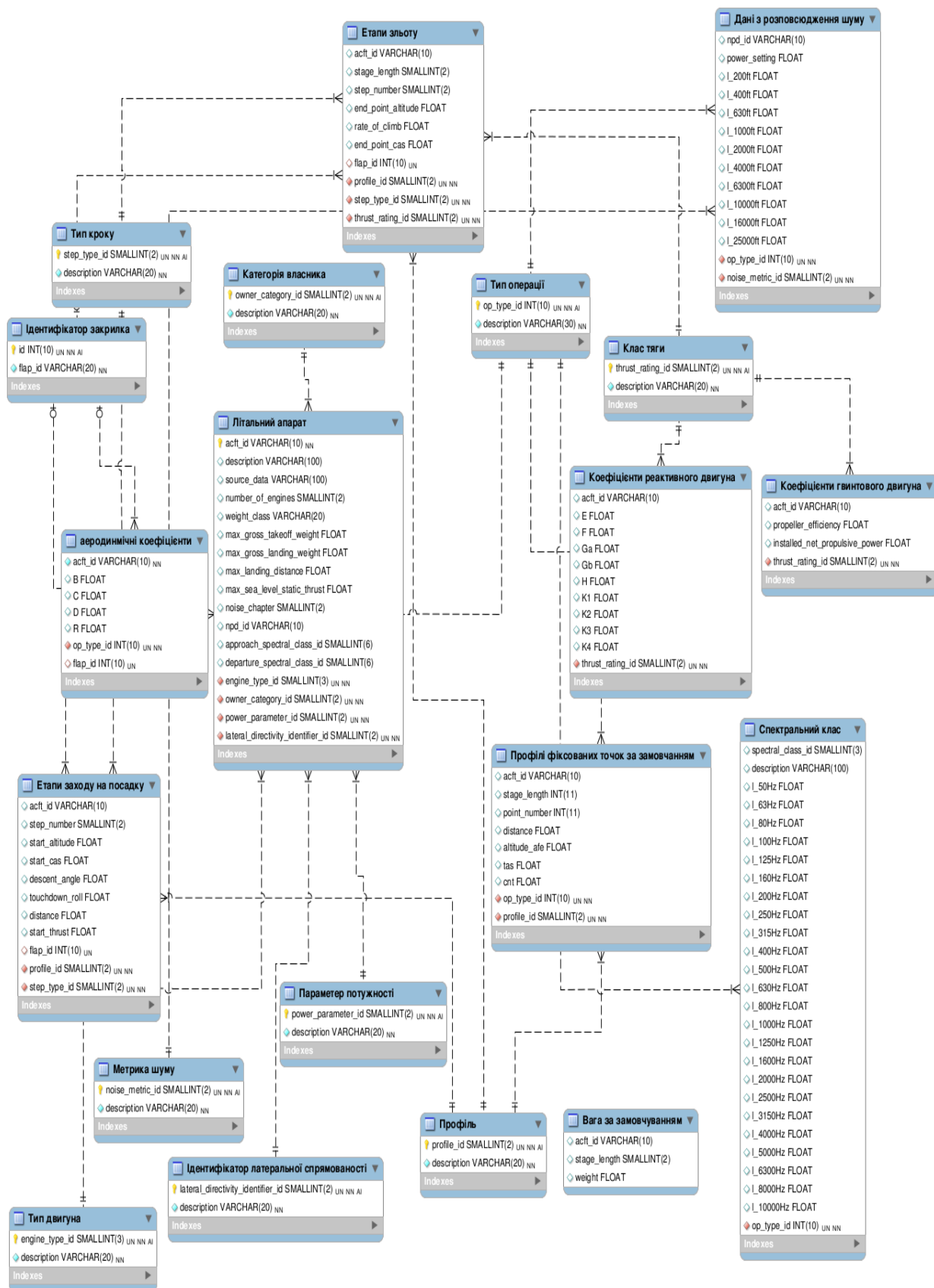


Рис. 1. Структура бази даних характеристик літальних апаратів.

злітно-посадкової смуги, процедурних кроків для кожного відрізка набору висоти або посадки літака.

Кожен відрізок має класифікуватись як розбіг по злітно-посадковій смугі, набір висоти з постійною швидкістю, набір висоти з прибиранням закрилків, зниження або заключна посадка чи пробіг по злітно-посадковій смугі. Аеродинамічні параметри і коефіцієнти тяг двигунів є адекватними для температур повітря до 43°C, висоти розташування аеродрому до 1220 м і діапазону ваги літака, конкретизованого в базі даних ANP.

Після того, як всі дані уже зібрані, виконується розрахунок максимального рівня шуму для відрізка:

$$L_{max,відр} = L_{max}(P, d) + \Delta I(\varphi) - \Lambda(\beta, \ell)$$

Частка впливу цього відрізка на загальний рівень дії звуку всього польоту:

$$L_{E,відр} = L_{E\infty}(P, d) + \Delta V + \Delta I(\varphi) - \Lambda(\beta, \ell) + \Delta F$$

В базі даних ANP значення L_{max} і L_E представлені як функції відстані d розповсюдження хвилі і тяги (потужності) двигунів P . Інші компоненти – поправки для врахування наступних ефектів: $\Delta I(\varphi)$ – ефект установки двигунів (описує зміни поперечного розповсюдження шуму завдяки ефектам екранування та відбивання звуку); $\Lambda(\beta, \ell)$ – ефект поперечного затухання звуку (істотний для умов розповсюдження звуку при малих кутах падіння хвилі на поверхню землі); ΔV – поправка на тривалість шумової події; ΔF – сегментна поправка.

Після порівняння розрахованих характеристик шуму відповідних типів повітряних суден з результатами замірів (рис. 2) проводиться коректування, що може повторюватись до досягнення результатів, які узгоджуються з експериментальними показниками.

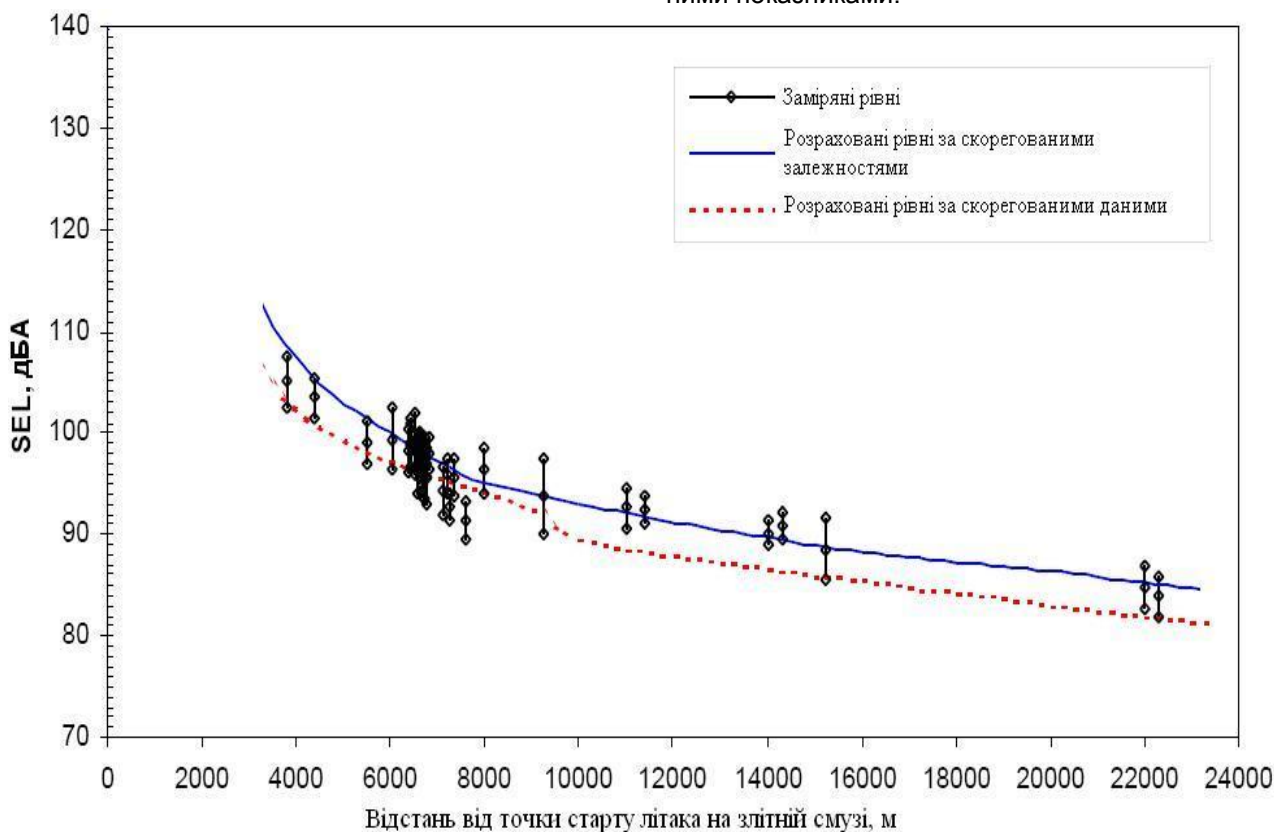


Рис. 2. Порівняння заміряних рівнів впливу шуму розрахованих за вихідними і скорегованими залежностями.

Максимальний рівень шуму L_{max} визначається, як найбільше серед значень $L_{max,відр}$:

$$L_{max} = \max(L_{max,відр})$$

Рівень впливу (експозиції) шуму L_E обчислюється, як енергетична сума вкладів $L_{E,відр}$ кожного суттєвого відрізка профілю польоту:

$$L_E = 10 \cdot \lg \left(\sum 10^{L_{E, \text{відп}} / 10} \right)$$

Після того, як всі розрахунки виконані і побудовано профілі впливу та максимального рівня шуму, можна побудувати контури шуму (рис. 3).

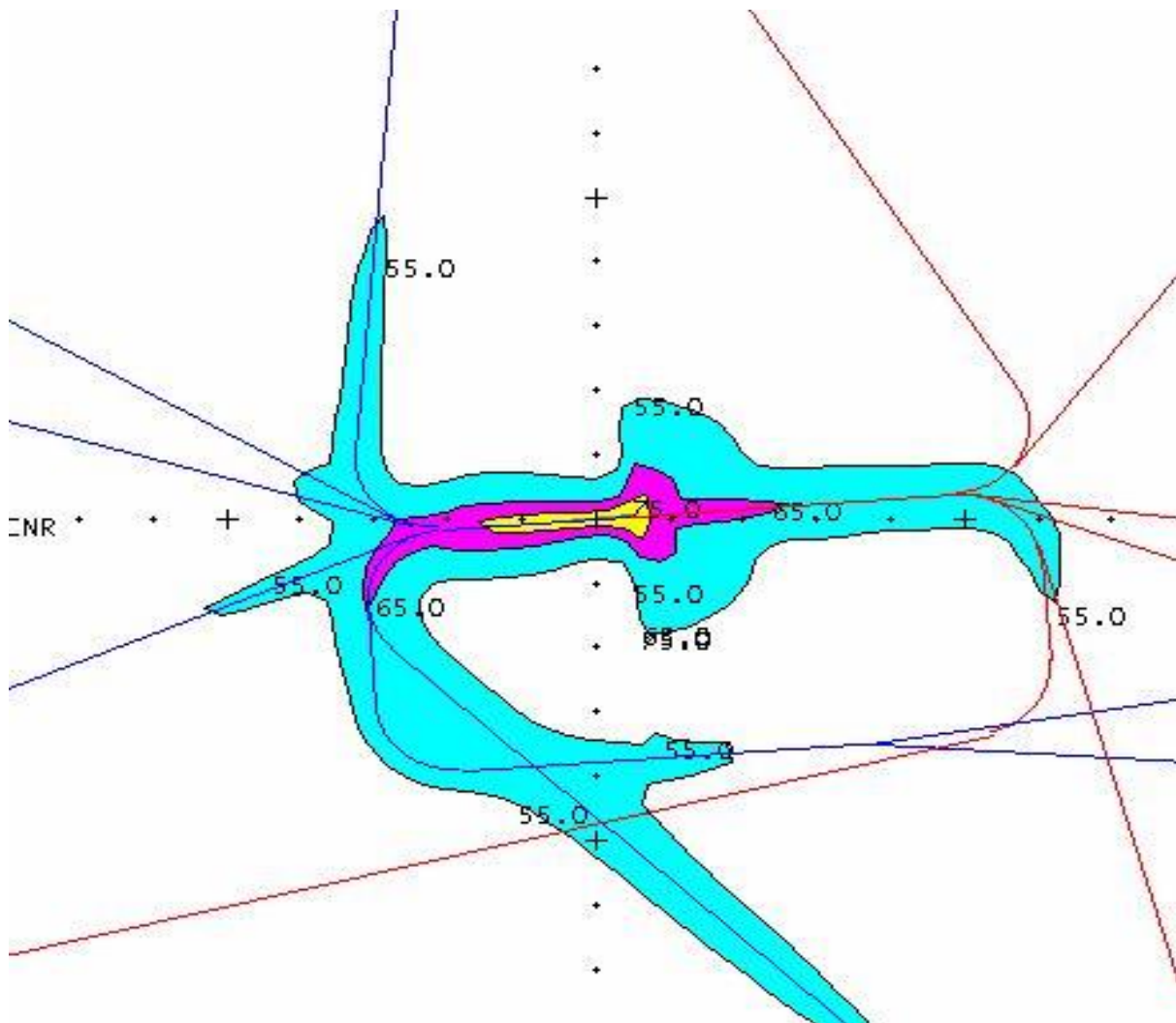


Рис. 3. Результати розрахунків представлені в графічному вигляді.

Висновки

Розрахунок контурів рівня звуку для аеропорту, що проводиться у всіх напрямках виходу з злітної смуги / заходу на посадку / для денного і нічного часу доби, дозволяє розрахувати вплив шуму на оточуюче середовище, здійснювати грамотне планування графіку і траєкторій польотів. Це дозволить знизити шкідливий вплив шуму на оточуюче середовище. Отримані результати придатні для планування житлової забудови аеропортів з урахуванням перспектив їх розвитку.

Література

1. Токарев В.И. Снижение шума при эксплуатации пассажирских самолётов / В.И.Токарев, А.И.Запорожец, В.В.Страхолес. – К.: Техника, 1990. – 127 с.
2. Коновалова О.В. Особенности проектирования аеропорту з урахуванням екологічних критеріїв за шумом / О.В.Коновалова // Вісник НАУ. – 2004. – Вип.3. – С.111 – 115.
3. Картышев О.А. Метод расчета контуров авиационного шума / О.А. Картышев, А.И. Запорожец . – М.: ГосНИИГА, 2008. – 42 с.