

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 628.517(075)

Л.О. Левченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ

Авіаційний шум вважається найбільш небезпечним техногенним чинником щодо впливу на навколишнє середовище і населення, що проживає біля аеропорту. В роботі запропоновано концептуальний підхід до побудови системи моніторингу авіаційного шуму, яка враховує особливості міжнародних вимог щодо розрахунку рівнів авіаційного шуму, національних гігієнічних вимог щодо обмеження значень рівнів шуму. Визначено склад критеріїв оцінювання впливу шуму. Проаналізовано програмні засоби реалізації аналогічних закордонних систем.

Ключові слова: моніторинг, авіаційний шум, програмне забезпечення, критерії оцінки, рівні шуму, контури шуму,

Вступ

Авіаційний транспорт вважається одним з найбільш безпечних засобів пересування, який здійснює як транспортні так і пасажирські перевезення у світі. Поява нових моделей потужних літаків з декількома двигунами, збільшення інтенсивності польотів та обсягів перевезень призводить до збільшення акустичного навантаження як на довкілля, так і населення, що проживає біля зони розташування аеропорту.

Постановка проблеми. Авіаційний шум (АШ) є найбільш агресивним техногенним чинником. Тому питання оцінювання впливу авіаційного шуму в межах житлової і адміністративної забудови населених пунктів на приаеродромній території аеропортів з метою контролю дотримання нормативних показників авіаційного шуму залишається актуальним. Особливо це стосується наступних звукових подій: зльоту, набору висоти, вихід літака з району аеропорту, зниження та захід на посадку, випробування авіаційних двигунів. З метою контролю рівнів авіаційного шуму в районі аеропорту проводять натурні інструментальні вимірювання авіаційного шуму в періоди максимальної інтенсивності наземної та льотної експлуатації повітряних суден, а також застосовують систему інформаційного моніторингу, яка дозволяє здійснювати моделювання та прогноз акустичного навантаження при експлуатації повітряних суден.

Метою статті є розроблення концептуальних засад побудови системи інформаційного моніторингу авіаційного шуму відповідно до національних вимог та вимог Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) для розрахунку та оцінювання рівнів авіаційного шуму на етапах зльоту та посадки згідно заданих критеріїв, а також побудови контурів шуму.

Аналіз програмних засобів оцінювання авіаційного шуму. Існує ряд програмних систем, розроблених за кордоном, що здійснюють оцінку авіаційного шуму в районі аеропорту. До найбільш відомих з них належать такі, як американська система INM («The Integrated Noise Model»)[1], російська система AcousticLAB-avia [2], німецька система SoundPLAN v 7.4 [3], IsoBell'a тощо. Вони дозволяють проводити моніторинг рівнів шумового навантаження та отримати значення максимального та еквівалентного рівнів звуку в окремих точках. Особливостями американської програмної системи INM є:

- оцінювання поточного впливу АШ навколо аеропорту;
- оцінювання змін впливу АШ в результаті введення в експлуатацію нових або розширених злітно-посадкових смуг;
- оцінювання впливу АШ від нових оперативних процедур.

За програмою INM, з одного боку, можна в значно спрощеному (ідеалізованому) вигляді застосовувати методику розрахунку траєкторій зльоту / набору висоти за даними сертифікаційних випробувань, з іншого боку, отримані результати моделювання можуть значно відрізнитися від реальних умов експлуатації, зазначених в аеропорту під час вимірювань шуму.

В Росії та Україні реалізовано метод розрахунку контурів АШ засобами програми AcousticLAB-avia - метод АШ. Основною характеристикою АШ є оціночний еквівалентний рівень звукового тиску. Можуть бути використані інші характеристики, такі як максимальний коригований за шкалою "А" рівень звукового тиску і комбінований добовий рівень звуку, в залежності від виду розв'язуваної задачі - оцінки, контролю, зниження несприятливого впливу

АШ на населення, ін. Метод встановлює вимоги до:

- розрахунку рівнів АШ в обраних точках;
- розрахунку контурів рівних рівнів АШ, використовуваних для оцінки і регулювання несприятливого впливу АШ на навколишнє середовище;
- методики та умов проведення вимірювань рівнів АШ на місцевості з метою коригування вихідних даних акустичних і польотних характеристик повітряних суден та апробації результатів розрахунку характеристик АШ в околиці авіапідприємства [4].

В Німеччині створена система моделювання АШ SoundPLAN v 7.4. Це потужне програмне забезпечення, яке здійснює моделювання поширення шуму і оцінювання забруднюючих речовин. В цій програмі враховуються акустичні впливи, кліматичні умови, що дозволяє змінювати розмір акустичних бар'єрів з урахуванням акустичних впливів. В якості джерела шуму можуть використовуватися транспортні засоби, залізниця, аеропорт.

Таким чином, усі програмні продукти, що перераховані вище, належать іноземним розробникам і через це коштують досить дорого. Крім того, такі програмні комплекси не враховують особливості національних критеріїв щодо впливу шуму, а саме, встановлених гігієнічних нормативів щодо обмеження рівнів авіаційного шуму.

Виклад основного матеріалу

В Україні був створений програмний продукт, який є аналогом програми INM і реалізований імперативною мовою Compact Visual Fortran та пройшов сертифікацію ICAO[2]. Однак він має ряд недоліків, а саме:

- оскільки був створений достатньо давно, на сьогоднішній день відбулося ряд новацій у міжнародних вимогах цивільної авіації, які в ньому не враховані,
- відсутній інтерфейс для введення вихідних даних для розрахунку сценарію, вони задаються у наборі файлів,
- оскільки даний програмний продукт працює з достатньою кількістю різних файлів, які в процесі реалізації сценарію необхідно часто зчитувати та перезаписувати, то час, який витрачається на відкриття, зчитування, перезаписування та закриття файлу є достатньо великим,
- розробники мови Compact Visual Fortran заявили про припинення подальшої її підтримки.

У зв'язку з цим виникає потреба у розробленні нового програмного забезпечення, яке:

- враховує зміни, які відбулися у міжнародних вимогах цивільної авіації щодо зниження негативного впливу АШ з урахуванням національних вимог та міжнародної БД ANP [5] акустичних та льотно-технічних характеристик повітряних суден,
- реалізується сучасними засобами програмування з наявністю зручного інтерфейсу для моде-

лювання відповідного сценарію оцінювання рівнів АШ,

- враховує особливості експлуатації у конкретному аеропорту та тип конкретного повітряного судна,
- забезпечує використання набору критеріїв оцінювання АШ,
- здійснює графічну візуалізацію контурів шуму,
- забезпечує виявлення несприятливого впливу АШ від турбореактивних та турбогвинтових літаків.

При розробленні системи інформаційного моніторингу авіаційного шуму необхідно дотримуватися методології, логічна схема якої наведена в Керівництві документу ICAO Doc [6], Державних санітарних норм і правила планування та забудови населених пунктів [7] та міжнародної бази даних акустичних та льотно-технічних характеристик Aircraft and Noise Performances Database (БД ANP) [5], яка створювалася протягом багатьох років виробниками повітряних суден. Крім того, в роботі [8] розглянуто заходи, які мінімізують еколого небезпечний вплив функціонування повітряних суден, їх також необхідно враховувати при розробленні системи інформаційного моніторингу авіаційного шуму.

Авіаційний шум утворюється повітряним судном або його елементами і розглядається як подинка звукова подія та визначається як шкідливий чинник щодо впливу на навколишнє середовище. При цьому шум може змінюватися або бути відсутнім на значній частині регламентованого часового інтервалу під час вимірювання. Рівень звуку (вимірюється в дБА) повинен бути зкоригований за частотною шкалою «А» стандартного вимірювача звуку і віднесено до значення стандартного порогу звукового тиску величиною 20 мкПа. Він являє собою сумарний середньоквадратичний рівень звуку $L_{A(t)}$ для моменту часу t з інтервалом 1 с.

Рівень впливу звуку (або шуму) при одиничній події обчислюється за наступною формулою [6]:

$$L_E = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{L(t)/10} dt \right),$$

де t_0 – початковий момент часу, $L(t)$ – рівень звуку в момент часу без визначення шкали.

Інтегральний інтервал $[t_1, t_2]$ вибирається таким чином, щоб забезпечити охоплення всього істотного звуку при даній шумовій події. В межах цього інтервалу рівень звуку $L(t)$ знаходиться в межах 10 дБ від значення максимального рівня шуму L_{max} . Рівні впливу звуку (шуму), які наводяться виробниками повітряних суден в міжнародній базі ANP, це значення, які є до 10 дБ нижче максимального рівня шуму.

Рівень звукової експозиції L_{AE} (Sound Exposure Level - SEL) є рівень постійного звуку з тривалістю 1 с, який повинен забезпечити кількість звукової

енергії, що дорівнює енергії події, яка розглядається. Тобто це міра фізичної енергії події шуму, яка враховує як інтенсивність, так і тривалість події шуму. Рівні звукової експозиції вимірюються при кожному впливі з наступним підсумовуванням вимірних рівнів окремо для денного та нічного часу доби. Рівень звукової експозиції в загальному вигляді виражається формулою [6]:

$$L_{AE} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L_A(t)} dt \right]$$

де t_0 — вихідна тривалість, що дорівнює 1 с; $t_2 - t_1$ — вибраний часовий інтервал; $L_{A(t)}$ — поточне миттєве значення рівня звуку, зкориговане за частотною шкалою «А».

Максимальний рівень звуку - це максимальне значення рівня звуку протягом загального часу випромінювання шуму акустичним джерелом. Еквівалентний рівень звуку - значення тривалого постійного шуму $L_{Aекв}$, який в межах регламентованого інтервалу часу має таке саме середнє квадратичне значення рівня звуку, що й спостережуваний шум, рівень звуку $L_{A(t)}$ якого змінюється у часі t протягом регламентованого інтервалу спостереження і вимірюється в дБА. Розрахунок еквівалентного рівня здійснюється за формулою:

$$L_{Aекв} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{AEi}} \right]$$

При моделюванні рівнів шуму застосовується концепція сегментації [6], сутність якої полягає у тому, що при одиночному прольоті літака траєкторія польоту являє собою набір суміжних прямолінійних ділянок, кожна з яких розглядається як кінцева частина безкінечної траєкторії, для якої відомі значення кривих залежності шум-потужність-відстань (Noise-Power-Distance – NPD) та бічні коригування в базі даних ANP. За максимальний рівень даної звукової події вибирається максимальне значення з відповідних величин по окремих ділянках. Інтегрований у часі рівень звуку усієї шумової події обчислюється шляхом додавання значень рівня шуму від тих ділянок, внесок яких є найбільш суттєвим.

Максимальний рівень шуму, який створюється ділянкою траєкторії польоту $L_{max,seg}$ у загальному вигляді може бути розрахований за формулою [6]:

$$L_{max,seg} = L_{max}(P, d) + \Delta_I(\phi) - \Lambda(\beta, \ell),$$

де P – режим потужності; d – дальність поширення звуку.

Частка шуму в L_E від однієї ділянки траєкторії польоту буде виражена наступною формулою:

$$L_{E,seg} = L_{E\infty}(P, d) + \Delta_V + \Delta_I(\phi) - \Lambda(\beta, \ell) + \Delta_F,$$

де Δ_V – поправка на тривалість, яка враховує зміну рівня впливу L_E , якщо фактична шляхова швидкість V на ділянці відрізняється від вихідної швидкості літака (від V_1 до V_2), з якою пов'язані основні дані NPD;

$\Delta_I(\phi)$ – ефект місця встановлення двигуна (ϕ – кут схилення, параметр бокової спрямованості), він враховує відмінності у параметрі ϕ , що пов'язані з ефектами захисного екрану заломлення та відбиття, які утворюються літаком і супутніми полями швидкостей потоку;

$\Lambda(\beta, \ell)$ – бічне затухання шуму на шляху повітря-земля, який враховує ефект земної поверхні та ефект атмосферних неоднорідностей, де β кут візування, ℓ – відстань до землі);

Δ_F – поправка на кінцеву довжину, яка враховує кінцеву довжину ділянки, що генерує менше шуму, ніж нескінченна ділянка.

Максимальний рівень L_{max} представляє собою просто найбільше серед значень $L_{max,seg}$ для ділянок:

$$L_{max} = \max(L_{max,seg}),$$

де значення по кожній ділянці визначається на основі даних NPD для потужності P і відстані d . Рівень впливу L_E розраховується як сума значень рівнів шуму $L_{E,seg}$ в децибелах від кожного істотного по шуму ділянки траєкторії польоту [6]:

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

Зазначений процес підсумовування здійснюється поетапно по всіх ділянках траєкторії польоту.

Існують різні критерії оцінки шуму в залежності від виконуваних задач, а саме [10, 11]:

- ефективних рівнів впливів шуму SEL, EPNL (Effective Perceived Noise Level – тон-скоригований шум, який утворюється одиничною подією ефективного рівня шуму, що сприймається, з контрольною швидкістю у 160 вузлів) – для окремих випадків руху літаків та випромінювання шуму;

- еквівалентних рівнів впливу шуму $L_{Aекв}$ (L_{Aeq}), L_{night} (L_{eq} , розрахований у нічний час з 23:00 до 7:00 ранку), $L_{дн}$ (L_{eq} , розрахований з корекцією на день і ніч з 7:00 до 23:00 годин і з 23:00 до 7:00 годин), $L_{двн}$ (L_{eq} , розрахований з корекцією на день, вечір і ніч з 7:00 до 19:00 годин, з 19:00 до 23:00 годин і з 23:00 до 7:00 годин), ECPNL (Equivalent continuous perceived noise level - еквівалентний рівень шуму, який сприймається неперервно) - для заданих проміжків часу доби;

- максимальних рівнів шуму L_{Amax} , PNLM (Maximum Perceived Noise Level - максимальне значення рівня шуму, що сприймається, при прольоті літака) - для окремих випадків руху літаків та випромінювання шуму.

Слід враховувати, що існуючі програмні системи розраховані лише на один або два критерія оцінювання шуму, а саме, L_{Amax} - максимальний та L_{Aeq} - еквівалентний рівні звуку. Проте для більш точного моделювання інколи необхідно проводити розрахунки й за іншими критеріями шуму: L_{AeqN} – еквівалентний рівень шуму вночі, L_{AeqD} – еквівалентний рівень шуму вдень, L_{Aden} – добовий еквівалентний рівень звуку, SEL – рівень звукової експозиції, EPNL – ефе-

ктивний рівень шуму, що сприймається. Після того, як Україна увійшла в Європейську спільноту, ми не маємо бути прив'язані до певного критерію.

Обов'язковою умовою при розрахунках рівнів шуму є подання вихідних даних у програмному комплексі спектрів шуму в треть-октавних смугах частот у діапазоні від 50 Гц до 10 000 Гц, прив'язаних до поточного часу з інтервалом 0,5 с. Це відповідає вимогам Додатку 16 ІКАО, Том 1 «Авіаційний шум».

Прийнято рішення в якості мови програмування обрати С#, яка є об'єктно-орієнтованою з безпечною системою типізації для платформи .NET. Середовищем розробки обрано інтегроване середовище Microsoft Visual Studio 12.0.

В якості бази даних обрано реляційну базу даних MySQL. В якості середовища для графічної візуалізації контурів шуму обрано NMPLOT [9].

Висновки

1. Проведено аналіз програмних засобів оцінювання авіаційного шуму. Доведено необхідність розроблення національної системи інформаційного моніторингу авіаційного шуму.

2. Встановлено обов'язковість дотримання методології розрахунку рівнів авіаційного шуму, логічна схема якої наведена в Керівництві документу ІКАО Doc [6], Державних санітарних норм і правила планування та забудови населених пунктів [7] та використання міжнародної бази даних акустичних та льотно-технічних характеристик Aircraft and Noise Performances Database (БД ANP).

3. Визначено перелік критеріїв, за якими здійснюється оцінка рівнів авіаційного шуму в залежності від поставлених задач.

4. Визначено програмний інструментарій для реалізації системи інформаційного моніторингу авіаційного шуму. Функціональний склад системи, структура бази даних, алгоритм реалізації будуть наведені у наступній статті

Список літератури

1. *Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 Technical Manual. FAA-AEE-100. Office of Environment and Energy, the U.S. Department of Transportation, National Transportation Systems Center (Volpe Center) Acoustics Facility, and the ATAC Corporation, May 2015.*
2. *Картышев О.А. Метод расчета контуров авиационного шума / О.А. Картышев, А.И. Запорожец. - ФГУП ГосНИИ ГА, ЗАО ЦЭБ ГА, 2008. - 20 с.*
3. *SoundPLAN noise software v 7.4. GmbH, March 2015 [Electronic resource] — Access mode: <http://www.soundplan.eu/english/products/soundplan-software/>.*
4. *Картышев О.А. Новые методические подходы по установлению размеров санитарно-защитной зоны и санитарных разрывов аэропортов гражданской авиации / О.А. Картышев // Гигиена и санитария. - 2013. - № 1. - С. 89-92.*
5. *Aircraft and Noise Performances (ANP) Database <http://www.aircraftnoisemodel.org>.*
6. *Doc 9911, Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов. ИКАО. - 2008. - 131 с.*
7. *Державні санітарні норми і правила планування та забудови населених пунктів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96 № 173. - К.: Укрбудінформ, 2002. - 59 с.*
8. *Левченко Л.О. Заходи мінімізації еколого небезпечного впливу діяльності авіаційного транспорту / Л.О. Левченко, С.Г. Карпенко, А.О. Шпак. - С.136 - 142. // Економічна безпека держави: стратегія, енергетика, інформаційні технології : монографія / [Мунтіян В. І., Прокопенко О. В., Петрушенко М. М. та ін.]; за наук. ред. д.т.н., проф. Лук'яненко С. О., к.е.н., доц. Караєвої Н. В. - К. : Тамподек ХХ, 2014. — 283 с.*
9. *NMPLOT [Electronic resource] – Access mode: <http://www.wasmerconsulting.com/>.*
10. *Директива 2002/49/ЕС Європейського Парламенту і Ради от 25.06.2002 г. Относительно оценки и контроля шума окружающей среды.*
11. *Draft Environmental Impact Report no. 617. John Wayne Airport. Settlement Agreement Amendment. «Appendix C. Noise Analysis Technical Report». April 2014.*

Надійшла до редколегії 26.01.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Запорожець, Національний авіаційний університет, Київ.

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА АВИАЦИОННОГО ШУМА

Л.А. Левченко

Авиационный шум считается наиболее опасным техногенным фактором касательно влияния на окружающую среду и население, которое проживает возле аэропорта. В работе предложен концептуальный подход к созданию системы мониторинга авиационного шума, которая учитывает особенности международных требований по расчёту уровней авиационного шума, национальные гигиенические требования по ограничению значений уровней шума. Определён состав критериев оценивания влияния шума. Проанализированы программные средства реализации аналогичных зарубежных систем.

Ключевые слова: мониторинг, авиационный шум, программное обеспечение, критерии оценки, уровни шума, контуры шума.

CONCEPTUAL APPROACH TO THE CONSTRUCTION OF MONITORING AIRCRAFT NOISE

L.O. Levchenko

Aircraft noise is considered to be the most dangerous technogenic factor on impact on the environment and the population living near the airport. This paper proposes a conceptual approach to the creation of aircraft noise monitoring system that takes into account the international requirements for the calculation of the levels of aircraft noise, the national hygiene requirements for limiting values of noise levels. The composition of the criteria of assessment of noise influence has been defined. The software of the implementation of similar foreign systems have been analyzed.

Keywords: monitoring, aircraft noise, the software, evaluation criteria, noise levels, noise contours.