

УДК 628.517(075)

ОЦІНЮВАННЯ ШУМОВОГО ВПЛИВУ ВІД ПОВІТРЯНИХ СУДЕН В РАЙОНІ АЕРОПОРТУ**О. І. Запорожець**

Національний авіаційний університет

просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна. E-mail: zap@nau.edu.ua

Л. О. Левченко

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

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: larlevch@ukr.net

Обґрунтовано необхідність розроблення системи моделювання рівнів авіаційного шуму з метою оцінювання його негативного впливу в районі аеропорту. Доведено обов'язковість урахування національних санітарно-гігієнічних нормативів щодо допустимих рівнів шуму на території авіапідприємства та міжнародних стандартів з експлуатації повітряних ліній при розробленні програмного забезпечення. Проаналізовано іноземні програмні засоби оцінювання шуму. Описано алгоритм розрахунку контурів авіаційного шуму, наведено структуру бази даних. Розроблено систему моделювання авіаційного шуму з урахуванням особливостей конкретного аеропорту та конкретних типів літаків, а також можливість застосування набору критеріїв оцінювання шуму. Проведено тестування системи на прикладі сценаріїв роботи аеропорту Бориспіль, отримано контури шуму.

Ключові слова: моделювання, авіаційний шум, критерії оцінювання, контури шуму, програмне забезпечення.

ОЦЕНКА ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РАЙОНЕ АЭРОПОРТА**А. И. Запорожец**

Национальный авиационный университет

просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина. E-mail: zap@nau.edu.ua

Л. А. Левченко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: larlevch@ukr.net

Обосновано необходимость разработки системы моделирования уровней авиационного шума для оценки его негативного влияния в районе аэропорта. Доказана обязательность учета национальных санитарно-гигиенических нормативов относительно допустимых уровней шума на территории авиапредприятия и международных стандартов по эксплуатации воздушных линий при разработке программного обеспечения. Проанализированы зарубежные программные средства оценки шума. Описан алгоритм расчета контуров авиационного шума, приведена структура соответствующей базы данных. Разработана система моделирования авиационного шума с учетом особенностей конкретного аэропорта и конкретных типов самолетов, а также возможность применения набора критериев оценки шума. Проведено тестирование системы на примере сценариев работы аэропорта Борисполь, получены контуры шума.

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

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Рівень розвитку авіаційного транспорту є одним з якісних показників науково-технічного потенціалу розвитку країни. Аеропорт є важливою складовою інфраструктури мегаполіса, в якому повітряний транспорт виконує різні функції. Основними з них є пасажирські та вантажні перевезення. Низку аеропортів було побудовано достатньо давно і на даний момент знаходяться у зоні житлової забудови. Найбільше шумове забруднення навколишнього середовища відбувається в зоні аеропортів під час посадки і зльоту літаків, а також під час прогріву їх двигунів. У таких аеропортах злітно-посадкова смуга знаходиться достатньо близько від житлових будинків, тому під впливом наземних робіт двигунів літаків рівень звукового тиску на території житлової забудови може значно перевищувати допустимий.

Проблема несприятливого впливу авіаційного шуму як на населення, яке мешкає навколо аеропорту, так і на довкілля, залишається актуальною. Підхід до вирішення проблеми авіаційного шуму в окремих аеропортах з урахуванням екологічних і економічних аспектів запропонований у 2004 році у документі Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) DOC 9828 «Інструктивний матеріал щодо

збалансованого підходу до управління авіаційним шумом». Друга редакція цього документа наведена у [1]. Сутність цього підходу полягає у тому, що кожний аеропорт повинен розробити програму збалансованого підходу, яка містить чотири складові: зниження шуму у джерелі, планування й організація землекористування, експлуатаційні прийоми зниження шуму та експлуатаційні обмеження щодо повітряних суден. Зниження шуму у джерелі передбачає запровадження встановлених ICAO Стандартів сертифікації по шуму, зняття з експлуатації повітряних суден відповідно до глави 2 Додатку 16 ICAO. Планування й організація землекористування встановлює зони і контури шуму для визначення граничних рівнів шумів, що виникають у ході експлуатаційної діяльності аеропорту. Це дозволяє визначити межі житлових районів, в яких заборонені або обмежені види діяльності, у результаті яких виникають критичні рівні шуму. Експлуатаційні прийоми зниження шуму передбачають визначення маршрутів мінімального шумового впливу (маршрути вильоту), застосування системи контролю траєкторії польоту і шумового впливу, удосконалення схем польоту. Експлуатаційні обмеження передбачають обмеження нічних польотів, а в певних на-

прямках заборона злетів і посадки в нічний час, відповідно заборона використання злітно-посадкових смуг у нічний час і маршрутів вильоту в нічний час.

Для запобігання несприятливого впливу шуму на здоров'я людини вирішальне значення мають заходи щодо розробки гігієнічних нормативів допустимих рівнів шуму і щодо усунення шуму. Саме тому необхідно здійснювати постійний моніторинг авіаційного шуму від літаків у зонах аеропортів, що потребує наявності відповідного програмного забезпечення, яке дозволяє оцінювати рівні авіаційного шуму та виявляти несприятливі умови, що призводять до перевищення нормативних значень рівнів шуму.

Мета роботи полягає в оцінюванні шумового впливу від повітряних суден у районі аеропорту шляхом моделювання з урахуванням національних санітарно-гігієнічних нормативів щодо впливу шуму та міжнародних стандартів, рекомендованих практики і процедур під час експлуатації міжнародних повітряних ліній.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На 7-й нараді Комітету з охорони навколишнього середовища від впливу авіації (CAEP/7) ICAO (Канада, г. Монреаль, 05–16 лютого 2007 р.) [2] були наведені результати моделювання авіаційного шуму в Європі. Для моделювання авіаційного шуму були запропоновані дві версії програмного забезпечення SONDEO (Spain) і ANCON (England). У Додатку Е до цього документу був рекомендований метод для моделювання контурів шуму навколо аеропортів. Це була перша версія документа, який у наступному році опублікувала ICAO – DOC 9911 Керівництво по рекомендованому методу розрахунку контурів шуму навколо аеропортів [3]. Слід зазначити, що Керівництво призначено для надання допомоги державам щодо розрахунку контурів шуму навколо аеропортів з використанням сучасних методів та міжнародної бази даних акустичних та льотно-технічних характеристик Aircraft and Noise Performances Data base (ANP) [4]. База ANP є стандартом ICAO, доступна в онлайн-режимі і містить типізовані дані щодо акустичного шуму та характеристик різних категорій (класу) повітряних суден. Дані для бази ANP надаються виробниками повітряних суден і вона постійно підтримується в актуальному стані Європейською організацією з безпеки аеронавігації (EUROCONTROL), Федеральним управлінням цивільної авіації США (ФАУ) та Міністерством транспорту США.

Також необхідно враховувати той факт, що на 38-й Сесії Асамблеї ICAO у жовтні 2013 року була прийнята резолюція «А–38–17» [5], у якій було прийнято норму щодо поступового зняття з експлуатації дозвукових реактивних повітряних суден, рівні шуму яких перевищують вимоги Т. I Додатку 16 до Конвенції з цивільної авіації [6]. Крім того, були введені нові обмеження щодо шуму для категорії «дозвукових реактивних повітряних суден», які на 10 EPNdB більш жорсткіші, ніж були раніше. Якщо раніше рівні шуму нормувалися у трьох різних сертифікованих точках, а саме: збоку від злітно-

посадкової смуги під час розбігу (режим злету двигунів), на наборі висоти та під час посадки, то тепер у Главі 4 рівень шуму літака нормується за сумою трьох сертифікованих точок – так званий кумулятивний рівень, за умови, що у кожній з цих трьох точок виконується як мінімум нормативне обмеження Глави 3.

На 9-й нараді Комітету з охорони навколишнього середовища від впливу авіації (CAEP/9) Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) (Канада, Монреаль, 04–15 лютого 2013 р.), був прийнятий узгоджений новий стандарт по шуму, який на 7 EPNdB нижчий за діючий стандарт, буде застосовуватися до повітряних суден нової конфігурації, що вводяться у експлуатацію у 2017 році, та до повітряних суден меншої ваги – до 2020 року [7]. Відповідно до цього стандарту у 2017 році гранично допустимі рівні шуму у дозвукових реактивних літаків для максимальної злітної ваги літака 27 200 кг становлять 95 дБ, для максимальної злітної ваги 34 000 кг – 85 дБ.

Таким чином, фахівці з моделювання авіаційного шуму різних країн самостійно повинні створювати для різних типів повітряних суден комп'ютерні програми з розрахунку рівнів авіаційного шуму, враховуючи логічну схему методології, наведеної в Керівництві, особливості конкретного аеропорту, точність розрахунків. Запропонована методологія застосовується тільки для розрахунку довготривалого середнього рівня впливу шуму і не враховує так званий «наземний шум» (шум від руління, випробування двигунів і т.п.). Основним видом розрахунку шуму у цій методології є визначення рівня звуку в окремій точці спостереження під час одиночного прольоту літака. Такий процес здійснюється для всіх прольотів літака у кожній із заданої множини точок, що входять до контуру шуму.

Основна ідея при розробленні програмного забезпечення для моделювання авіаційного шуму полягає у тому, що для кожного аеропорту модель повинна надати прогноз щодо визначення рівнів шуму для різних сценаріїв при експлуатації різних категорій літаків у аеропорту. Виходячи з отриманих результатів, необхідно надати пропозиції щодо зменшення негативного впливу шуму.

Окрім міжнародних стандартів та рекомендованих практик необхідно враховувати і національні вимоги щодо допустимих рівнів на території, враховуючи умови впливу авіаційного шуму, а саме, Державні санітарні норми і правила планування та забудови населених пунктів [8].

До програмних засобів оцінювання авіаційного шуму, розроблених за кордоном і визнаних експертами авіації, належать американські системи NOISEMAP, CDAs та INM («The Integrated Noise Model») [9], німецька система SoundPLAN v 7.4. [10], іспанська система SONDEO, яка розроблена компанією Anotec Consulting [11], англійська система ANCON2 [12], норвезька система NORTIM [12], російська система AcousticLAB-avia [13], українська система IsoBell'a [14]. Ці системи дозволяють проводити моніторинг рівнів шумового навантаження, а

також отримати значення максимального та еквівалентного рівнів звуку в окремих точках.

Всі ці програмні продукти належать іноземним розробникам і через це коштують досить дорого. Вітчизняний аналог IsoBell'a має низку недоліків. По-перше, це недостатньо зручний інтерфейс, яким користуються лише безпосередньо розробники. По-друге, головний розрахунковий модуль написано імперативною мовою Compact Visual Fortran. З одного боку, рішення використовувати цю мову для розробки було вірним, оскільки авіаційна сфера містить досить громіздкі обчислення і розробники програмного забезпечення надавали перевагу саме цій мові програмування. Крім того, даний модуль пройшов сертифікацію ICAO. Проте, з іншого боку, розробники мови Compact Visual Fortran заявили про припинення подальшої її підтримки. Оскільки даний модуль 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. Тому такий шлях вирішення проблеми є не досить раціональним. У зв'язку з цим було прийнято рішення розробити новий програмний продукт, який реалізується сучасними програмування, а саме, засобами мови програмування C# із використанням бази даних MySQL та середовища NPlot [15] для графічної візуалізації контурів шуму.

Методологія оцінювання рівнів шуму, запропонована у документі DOC 9911, дозволяє оцінювати еквівалентні рівні шуму L_{Aeq} . Національний норматив передбачає додатково враховувати і максимальний рівень шуму L_{Amax} .

В Україні у 1987 році був затверджений графоаналітичний метод оцінювання авіаційного шуму, в якому траєкторія зльоту/посадки літака описана для кожного типу літака. Цей метод стосується п'яти характерних категорій літаків і дозволяє проводити оцінювання авіаційного шуму лише за двома критеріями – L_{Amax} (максимальне значення шуму) та L_{Aeq} (еквівалентний рівень шуму). Однак оскільки Україна увійшла у Європейську спільноту в системах моделювання авіаційного шуму європейських країн та інших країн світу закладені ще інші критерії оцінювання шуму, то й Україна не повинна і бути прив'язана лише до двох критеріїв, закладених в Україні. Тому прийнято рішення застосовувати в системі наступні критерії: L_{AeqD} – еквівалентний рівень шуму вдень, L_{AeqN} – еквівалентний рівень шуму вночі, $L_{Aден}$ – добовий еквівалентний рівень звуку, SEL – рівень звукової експозиції, EPNL – ефективний рівень шуму, що сприймається, L_{Amax} – максимальний рівень шуму.

Алгоритм розрахунку контурів авіаційного шуму полягає у наступному. Кожна окрема операція літака (прибуття або виліт) визначається з точки зору геометрії його траєкторії польоту і шуму, генерованого літаком при проходженні цієї траєкторії. Профіль польоту описує «процедурні етапи», тобто ті етапи, які виконує пілот при виконанні польоту. Методологія моделювання розрахунку авіаційного шуму передбачає використання методу сегментації

для різних етапів польоту, тобто траєкторія кожного окремого етапу польоту літака представляється у вигляді ряду суміжних прямолінійних ділянок [3].

Профіль польоту літака розбивається на декілька етапів: а) розбіг, б) зльот і початковий набір висоти на 1500 футів, в) підйом із 1500 футів початкової крейсерської висоти до обраної швидкості польоту і обраної висоти за маршрутом, г) політ на обраній висоті, д) зниження з обраної висоти до висоти 1500 футів, е) підготовка до посадки, ж) посадка.

Так, під час зльоту літак розганяється на ділянці від точки звільнення гальм (названої початком розбігу) і до точки відриву, де протягом 1500–2500 м (4921–8202 футів) швидкість різко змінюється від нуля до 80–100 м/с.

Таким чином, розбіг поділяється на ділянки різної довжини, на кожній з яких швидкість літака змінюється на величину певного збільшення ΔV , що становить приблизно 10 м/с (20 вузлів). Таких ділянок може бути від 8 до 10. На рис. 1 наведено приклад для дистанції розбігу для зльоту $S_{TO} = 1600$ м, швидкості $V_{TO} = 75$ м/с, значення параметра n_{TO} – вісім ділянок довжиною від 25 м до 1600 м [3].

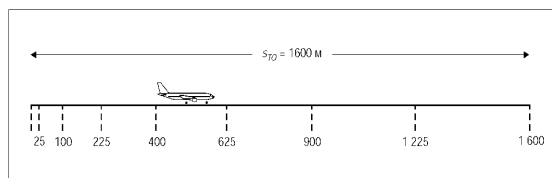


Рисунок 1 – Сегментація ділянки розбігу (вісім ділянок)

На ділянці початкового набору висоти геометрія швидко змінюється особливо щодо місця розташування спостерігачів, які перебувають збоку від лінії шляху, де кут візування швидко змінюється під час набору висоти літаком. При використанні граничної зміни бічного затухання в 1,5 дБ на кожному підділянці, ділянку початкового набору висоти слід розбити на підділянки з використанням наступного ряду значень висоти:

$$z = \{18,9; 41,5; 68,3; 102,1; 147,5; 214,9; 334,9; 609,6; 1289,6\} \text{ м.}$$

Пробіг на посадці по суті є операцією, протилежною розгону при зльоті, тому необхідно особливо враховувати реверс тяги, який іноді вмикають для гальмування літака, а також літаки, що звільняють злітно-посадкову смугу (ЗПС) після гальмування. На відміну від дистанції розбігу, яка визначається параметрами льотно-технічних характеристик літака, дистанція гальмування S_{stop} (тобто дистанція пробігу від точки приземлення до точки, де літак звільняє ЗПС), не є у повній мірі специфічним параметром тих чи інших літаків. Хоча мінімальну дистанцію гальмування можна визначити на основі даних про масу літака, льотно-технічні характеристики (і наявності реверсу тяги), фактична дистанція гальмування залежить також від місця розташування руліжних доріжок, ситуації у повітряному русі і діючих у даному аеропорту конкретних правил користування реверсом тяги.

При побудові траєкторії руху повітряного судна

використовується система збалансованого руху літака [16]. Рівняння руху літального апарату записують у швидкісній системі координат, проектуючи сили, які діють на літак, на осі ОХ і ОУ. Ці рівняння описують рух центру мас літака у вертикальній площині.

Рівняння руху центру мас літака має вигляд:

$$m \frac{d\vec{V}_k}{dt} = \vec{R}_a + \vec{P} + \vec{G},$$

де m – маса літака; V_k – швидкість літака, t – поточний час польоту.

Головний вектор аеродинамічних сил \vec{R}_a може бути розкладений по осях швидкісної системи координат з наступними складовими: X_a – сила лобового опору; Y_a – аеродинамічна підйомна сила; Z_a – аеродинамічна бокова сила.

Сила тяги \vec{P} зазвичай лежить у площині симетрії літака ОХУ і складає деякий відомий кут φ_p (кут встановлення двигуна) з протилежним напрямком осі ОХ.

Сила тяжіння $\vec{G} = m \vec{g}$ прикладена у центрі мас літака та спрямована по місцевій вертикалі вниз. Слід зазначити, що за відсутності вітру наземна швидкість літака співпадає з його повітряною швидкістю, і на більшій частині траєкторії політ здійснюється без ковзання або воно є незначним.

Для розгляду етапів набору висоти і зниження літака перед посадкою використовується система із чотирьох диференціальних рівнянь, яка має наступний вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \frac{P}{m} \cos(v - \Theta - \varphi) - C_{Xa} \frac{\rho v^2 S}{2m} - g \sin \Theta; \\ \frac{d\Theta}{dt} = \frac{P}{mv} \sin(v - \Theta - \varphi) + C_{Ya} \frac{\rho v^2 S}{2m} - \frac{g}{v} \cos \Theta; \\ \frac{dx}{dt} = v \cos \Theta; \\ \frac{dy}{dt} = v \sin \Theta. \end{cases}$$

Перше рівняння описує прискорення при розбігу літака на злітно-посадковій смузі. Друге рівняння описує етап розбігу. Третє рівняння описує висоту польоту, четверте – поточну дальність польоту.

У наведеній системі диференціальних рівнянь використовуються наступні фазові траєкторні змінні: швидкість польоту v , кут нахилу траєкторії Θ , поздовжня координата x , вертикальна координата y ; і параметри управління рухом літака: тяга двигунів P , кут відхилення закрилків δ і кут тангажу $v = (\alpha + \Theta - \varphi)$, де α – кут атаки, φ – кут установки двигунів, C_{Xa} – коефіцієнт сили лобового опору, C_{Ya} – коефіцієнт аеродинамічної підйомної сили, m – маса літака, ρ – щільність повітря, g – прискорення вільного падіння, S – площа крила літака.

Маса літака у процесі польоту може помітно змінюватись, тому до динамічних рівнянь слід

додати рівняння, що описує зміну маси літака у процесі польоту [17]:

$$\dot{m} = -\mu_c,$$

де μ_c – посекундна витрата маси палива.

Рух літака досліджується в інтервалі часу від 0 до T , де T – час моделювання. При цьому також контролюється кут нахилу траєкторії, який не повинен перевищувати гранично допустимий θ_k .

Система диференціальних рівнянь розв'язується методом Рунге–Кутта четвертого порядку з адаптивним кроком [18].

Основна мета проведення розрахунків рівнів звуку авіаційного шуму полягає у побудові контурів авіаційного шуму в районі аеропорту для поточних і перспективних сценаріїв виконання польотів повітряних суден.

Процес побудови контурів шуму складається з наступних етапів:

– визначення геометрії траєкторій польотів, профілів швидкості та тяги;

– розрахунку рівня шуму окремого польоту;

– сумарні дані про польоти;

– розрахунок контурів шуму;

– подальша обробка та експорт даних.

Основним видом розрахунку шуму в рамках даної методології є визначення рівня звуку в окремій точці спостереження при одиничному прольоті літака. Зазначений процес повторюється для всіх прольотів літака у кожній із заданої множини точок (вузлів розрахункової сітки), що охоплюють передбачувану протяжність необхідних контурів шуму. У кожній точці рівні шуму одиничного впливу підсумовуються або осереднюються для отримання «сумарного рівня» або значення індексу шуму.

Розрахункова координатна сітка формується наступним чином. Район аеропорту поділяється на координатну сітку, крок між вузлами сітки має постійне значення, наприклад 500 м. Центр координатної сітки розташовують у точці старту повітряних суден під час розбігу по злітній смузі. Вісь абсцис системи координат спрямовують за основним курсом руху повітряних суден в районі аеропорту. Визначаються координати вузлів сітки, у яких передбачається розрахунок рівнів шуму від повітряних суден, що рухаються по окремих маршрутах у районі аеропорту, а також нормативні значення шуму відповідно до діючих нормативних документів щодо контурів шуму.

Маршрут руху повітряного судна формується як масив проєкцій прямих відрізків на поверхні землі, які поєднуються послідовно між собою, утворюючи окремий маршрут прильоту або вильоту в районі аеропорту. Для кожного типу повітряного судна визначаються координати вертикального профілю траєкторій руху повітряного судна відповідно до його аеродинамічних та тягових характеристик, а також методики пілотування. Визначаються відстані від точки розрахунку (вузла координатної сітки) до літака, яка використовується для оцінки рівнів шуму за допомогою залежностей шум–потужність–відстань (ШПВ). Ця відстань є мінімальною

відстанню від даної точки до траєкторії руху літака, положення якої у просторі визначається координатами затверджених маршрутів руху повітряних суден у районі аеропорту (горизонтальна площина) та координатами профілів зльоту чи зниження перед посадкою повітряних суден (вертикальна площина).

Окремо слід зазначити, що в реальних умовах експлуатації у конкретному аеропорту спостерігаються відхилення літаків від затверджених (номінальних) маршрутів руху у припустимих межах (коридорах), томі при розрахунку рівнів шуму необхідно враховувати розподіл реальних траєкторій руху літаків у згаданих коридорах. Також на окремих етапах траєкторій руху для оцінки відповідних рівнів шуму у вузлах розрахункової сітки необхідно здійснювати корекцію щодо значень рівнів шуму, отриманих на основі ШПВ-залежностей, із використанням поправок, які враховують:

- ефект спрямованості випромінювання шуму на етапі розбігу зльотною смугою (назад, вперед і загальне випромінювання),
- ефект впливу землі або бічного затухання.

Ці роботи планується виконати у подальших дослідженнях.

Вихідними даними для розрахунку рівнів шуму у вузлах координатної сітки та контурів шуму є:

– акустичні і типові характеристики парку повітряних суден, які визначають параметри траєкторій руху відповідних типів повітряних суден, а саме: режими роботи двигуна, аеродинамічні конфігурації, маса літака тощо;

- характеристики повітряних суден;
- характеристики аеропортів;
- характеристики злітно-посадкових смуг;
- характеристики спектральних класів;
- коефіцієнти реактивних і гвинтових двигунів;
- номінальні маршрути прильоту та вильоту повітряних суден з урахуванням процедур пілотування і діючих обмежень (встановлюються інструкцією по проведенню польотів);
- маршрути руху повітряних суден у районі аеропорту;
- профілі польоту окремих літаків (або окремих типів літаків) у вигляді координат висоти та відстані до злітної смуги, швидкості руху;
- метеорологічні параметри (температура, тиск, вологість повітря, швидкість на напрямок вітру);
- інтенсивність польотів повітряного транспорту конкретних типів, особливо шумних видів літаків в денну, вечірню і нічну частини доби.

З урахуванням вищенаведених вихідних даних розроблено структуру бази даних (рис. 2), яка містить необхідну інформацію для функціонування програмної системи.

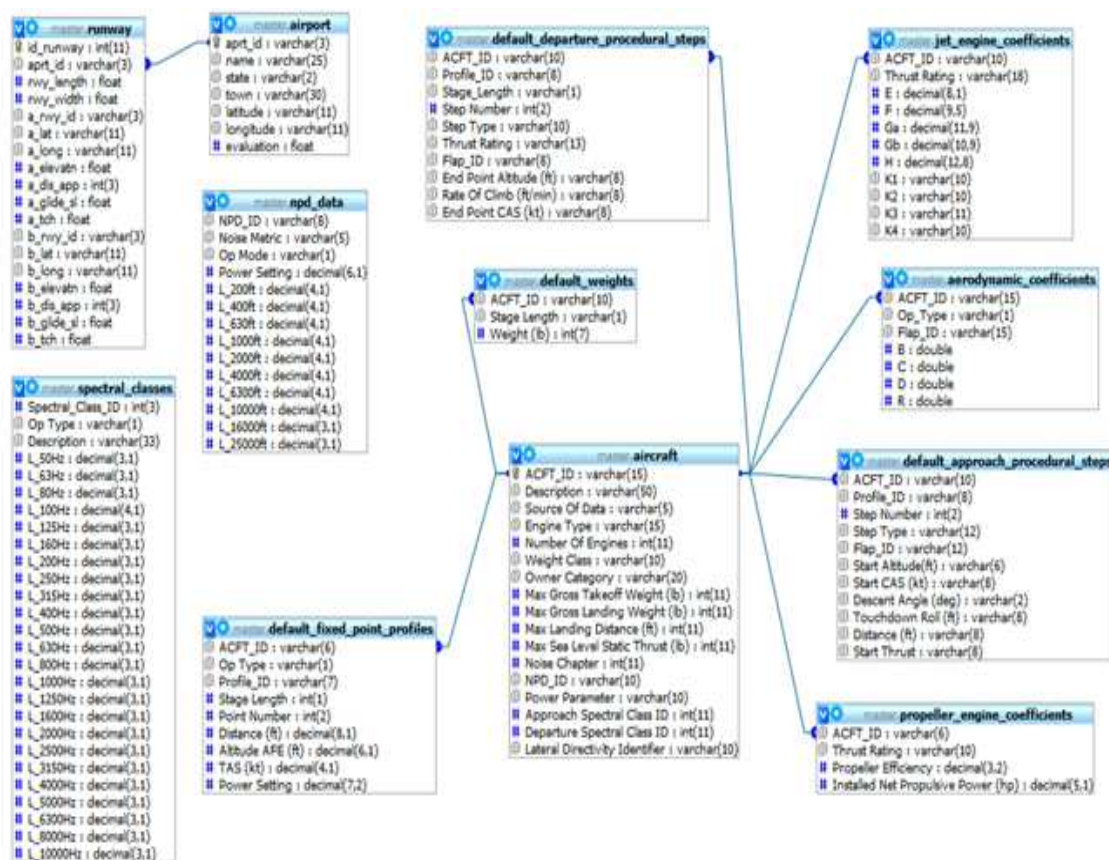


Рисунок 2 – Структура бази даних системи

Моделювання рівнів авіаційного шуму проводиться для аеропорту Бориспіль, в якому основними типами літаків на сьогоднішній день є Боїнг-737, Як-42 та А-320 на середніх магістралях, Боїнг-767

– на дальніх магістралях, але ще використовуються літаки типу Ту-134, Ту-154 та Іл-62М відповідно, та Ан-24 та Як-40 – на місцевих повітряних лініях. Аеропорт має чотири пасажирські термінали, дві

зльотно-посадкових смуги зі штучним покриттям довжиною 4000 і 3500 м, шириною 60 і 63 м відповідно, розміщені паралельно одна до одної, та мають два напрямки виконання польотів. Рельєф місцевості рівнинний. Коефіцієнт рельєфу місцевості дорівнює 1. Перевищення над рівнем моря складає 130 м для контрольної точки аеродрому (КТА, 50.345000N, 30.894722E). Слід зазначити, що інтенсивність експлуатації повітряних суден невпинно збільшується. Крім того, поступово вводяться у експлуатацію нові типи повітряних суден із значно покращеними акустичними характеристиками.

На рис. 3 наведено інтерфейс введення даних для аеропорту Бориспіль.

На рис. 4 наведено сценарій моделювання рівнів авіаційного шуму для літака Boeing 737-300/CFV56-3B-1, а саме:

737300 D DEFAULT 3 08R TABAV2A 15d.

Це означає, що літак з ідентифікатором 737300 (тобто Boeing 737-300/CFV56-3B-1) здійснює виліт по процедурі за замовчуванням з ваговим коефіцієнтом 3 зі злітно-посадкової смуги 08R за траєкторією TABAV2A удень, і таких подій буде 15.

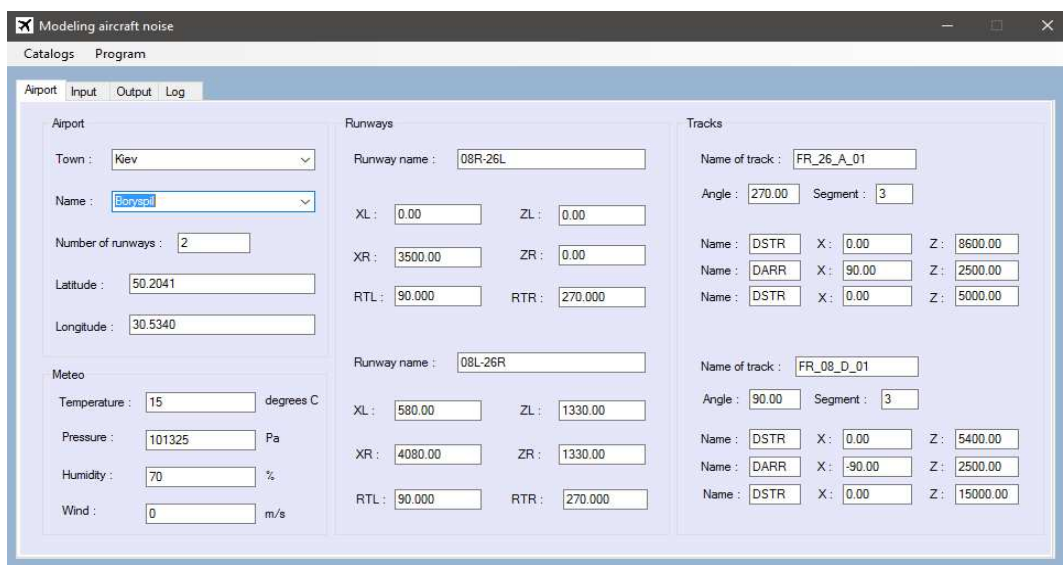


Рисунок 3 – Головне вікно програми, вкладка Аеропорт

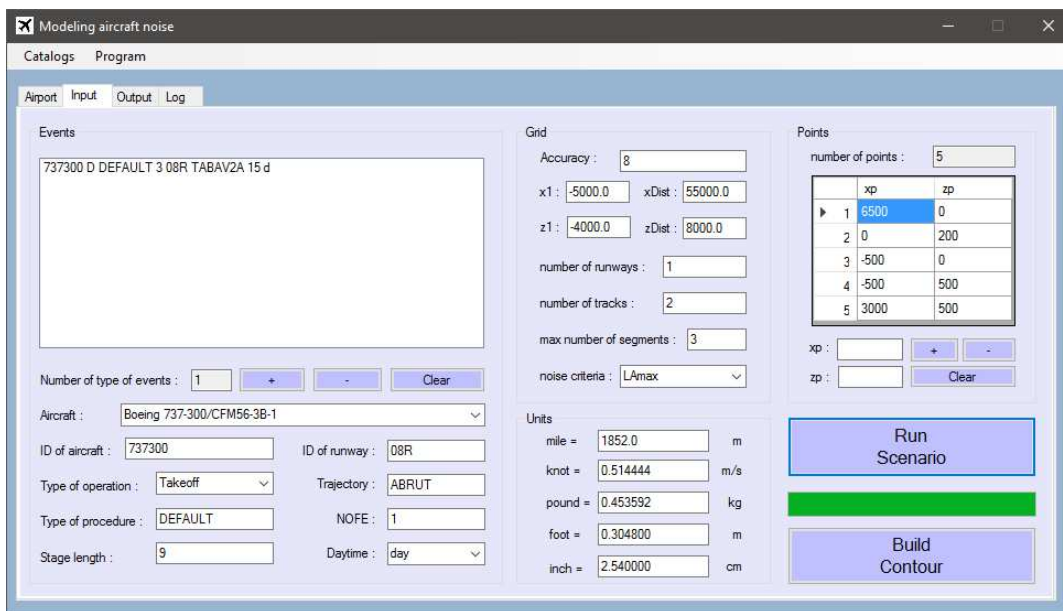


Рисунок 4 – Головне вікно програми, вкладка Input, параметри сценарію моделювання

Розглянемо детальніше опис події:

- 737300 – ідентифікатор літака;
- D – тип події (D – виліт, A - прибуття);
- DEFAULT – тип процедури;
- 3 – ваговий коефіцієнт;
- 08R – назва зльотно-посадкової смуги;

- TABAV2A – траєкторія польоту;
- 15 – кількість таких подій;
- d – час доби (d – день, e – вечір, n – ніч).

На рис. 5 наведено результати побудови контурів шуму для вищенаведеного сценарію моделювання.

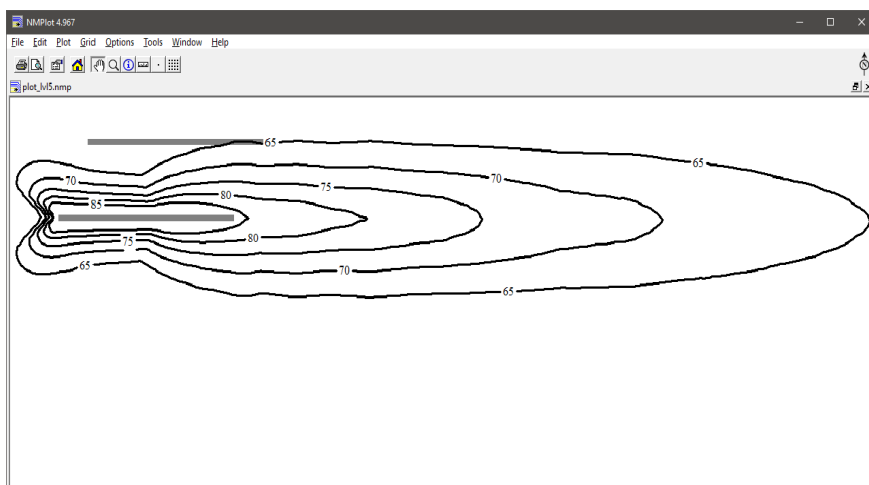


Рисунок 5 – Контури рівнів авіаційного шуму літака Boeing 737–300/CFV56–3B–1 для операції вильоту

Графічне середовище NMPLOT дозволяє зберегти результати моделювання для подальшого аналізу та прийняття рішень щодо отриманих рівнів авіаційного шуму та нанесення на карту місцевості.

ВИСНОВКИ.

1. Удосконалено метод оцінювання авіаційного шуму, який напрацьовується в Україні та відповідає вимогам ICAO і національним санітарним нормам та вимогам до шуму навколишнього середовища за рахунок розробки моделі розрахунку рівня звуку при одиничному прольоті літака при прямолінійному зльоті та посадці.

2. Запропоновано окрім національних критеріїв оцінювання шуму L_{Aeq} та L_{Amax} застосовувати додаткові критерії оцінювання шуму (L_{AeqD} – еквівалентний рівень шуму вдень, L_{AeqN} – еквівалентний рівень шуму вночі, $L_{Aден}$ – добовий еквівалентний рівень звуку, SEL – рівень звукової експозиції, EPNL – ефективний рівень шуму, що сприймається), які використовуються в інших країнах світу і рекомендуються ICAO та іншими міжнародними організаціями в процедурах оцінки впливу шуму довкілля на населення.

3. Розроблено нову архітектуру, базу даних, програмне забезпечення з інтерфейсом користувача для моделювання авіаційного шуму з урахуванням особливостей конкретного аеропорту та конкретних типів літаків.

4. Проведено тестування системи (алгоритмів і програмного забезпечення) моделювання авіаційного шуму та отримано контури шуму для аеропорту Бориспіль.

5. Подальші напрацювання з метою вдосконалення системи моделювання авіаційного шуму передбачаються в частині оцінки впливу окремих механізмів утворення (залежно від типової конструкції літака, типу встановлених двигунів, режимів їх роботи на окремих етапах руху літака) та розповсюдження звуку в умовах чинної експлуатації в аеропортах цивільної авіації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Doc 9829, AN/451 Инструктивный материал по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом. – 2008. – 130 с.

2. Doc 9886 Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации. Седьмое совещание. Монреаль, 05–16 февраля 2007 г. – ИКАО, 2007. – 578 с.

3. Doc 9911 Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов. – ИКАО, 2008. – 131 с.

4. Aircraft and Noise Performances (ANP) Database, access of mode: <http://www.aircraftnoisemodel.org>.

5. Резолюция Ассамблея – 38-я сессия, Монреаль, 24 сентября–04 октября 2013 года. – ИКАО, 2013. – 140 с.

6. Конвенция о международной гражданской авиации. Приложение 16: Охрана окружающей среды. Т. I: Авиационный шум. – 7-е изд.; июль 2014. – Канада, Монреаль: ИКАО, 2014. – 258 с.

7. Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации: девятое совещание; Доклад; реком. № 3/2, реком. № 3/4; 04–15 февраля 2013 г., Канада, Монреаль. – 260 с.

8. 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.

9. 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.

10. SoundPLAN noise software v 7.4, GmbH, March 2015 [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.soundplan.eu/english/products/soundplan-software/>

11. Aviation and the Environmental Noise Directive: an analysis of difficulties and gaps in the implementation. SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29–31 May 2007.

12. Noise Mapping in the EU: Models and Procedures, Gaetano Licitra Editor CRC Press Taylor & FrancasGroup. – 2013. – 412 p.

13. Картышев О.А., Запорожец А.И. Метод расчета контуров авиационного шума. – ФГУП ГосНИИ ГА, ЗАО ЦЭБ ГА, 2008. – 20 с.

14. Zaporozhets O., Tokarev V., Attenborough K. AIRCRAFT NOISE: assessment, prediction and control. – Glyph International, Taylor and Francis, 2011. – 480 pp.
 15. <http://wasmerconsulting.com/nmplot.htm>
 16. Динамика полёта самолёта / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др.; под ред.

академика РАН Г.С. Бюшгенса. – М.: Изд-во Машиностроение, 2011. – 776 с.
 17. Балакин В.Л., Лазарев Ю.Н. Динамика полёта самолёта. Устойчивость и управляемость продольного движения. – Самара: СГАУ, 1999. – 48 с.
 18. Верлань А.Ф., Лук'яненко С.О. Числові методи розв'язання диференційних рівнянь. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 172с.

EVALUATION NOISE IMPACT FROM AIRCRAFT IN THE AIRPORT AREA

O. Zaporozhets

National Aviation University
 prosp. Komarova, 1, Kiev, 03058, Ukraine. E-mail: zap@nau.edu.ua

L. Levchenko

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
 prosp. Peremohy, 37, Kyiv, Ukraine, 03056. E-mail: larlevch@ukr.net

Purpose. To evaluate the noise impact from aircraft in the airport vicinity by modeling, taking into account national sanitary and hygienic regulations of noise exposure and international standards, recommended practices and procedures for the exploitation of international airlines. **Methodology.** Mathematical modeling has been applied to determine the sound level at a separate point of observation during a aircraft single flight. This process is carried out for all the flown aircraft in each of the given set of points included the noise contour. **Results.** A new architecture, the database, software, interface for modeling aircraft noise taking into account the specific features of the airport and the specific types of aircraft have been developed. The system (algorithms and software) testing, aircraft noise modeling and received noise contours for Borispol Airport have been performed. **Originality.** Software has been implemented with modern programming tools, namely – C # programming language, using MySQL database and NMP lot environment for graphical visualization of noise contours. **Practical value.** The method of evaluating aircraft noise in Ukraine that meets the ICAO requirements and national sanitary standards and requirements to the noise environment has been developed. The models to calculate the sound level during single span rectilinear of the aircraft at takeoff and landing has been elaborated. References 18, figure 5.

Key word: modeling, aircraft noise, the evaluation criteria, the noise contours software.

REFERENCES

1. ICAO DOC 9829 (2008). *Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management*, Ed. 2, 130 p.
 2. ICAO DOC 9886 (2007). *CAEP – Committee on Aviation Environmental Protection Report on the Seventh Meeting*, Montreal, 05–16 February, 578 p.
 3. ICAO DOC 9911 (2008). *Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports*, Ed. 1, 131 p.
 4. *Aircraft and Noise Performances (ANP)*, Database: <http://www.aircraftnoisemodel.org>.
 5. (2013). *Resolutions of the Assembly – 38 th SESSION*, Montreal, 24 September–4 October 2013, ICAO, 140 p.
 6. (2014). *Convention on International Civil Aviation*. Annex 16: Environmental protection, vol. 1: Aircraft noise, 7 thed., July 2014, ICAO, Montreal, 258 p., Canada.
 7. (2013). *The Committee for Environmental Protection on Aviation: the ninth meeting*; Report; recomm. Number 3/2, recomm. Number 3/4; 04–15 February 2013, Montreal, 260 p., Canada.
 8. (2002). *State sanitary norms and rules of planning and building settlements*. Order of the Ministry of Health of Ukraine from 19.06.96, № 173, 59 p.
 9. (2015). *Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 Technical Manual*. FAA–AEE–100. Office of Environment and Energy. Department of Transportation, National Transportation Systems Center (Volpe Center) Acoustics Facility, and the ATAC Corporation, May, USA.
 10. (2015). *Sound PLAN noise software v 7.4*, GmbH, March, access mode:

<http://www.soundplan.eu/english/products/soundplan-software/>
 11. (2007). *Aviation and the Environmental Noise Directive: analysis of difficulties and gaps in the implementation*. SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest, 29–31 May, Rumunia.
 12. (2013). *Noise Mapping in the EU: Models and Procedures*, Gaetano Licitra Editor CRC Press Taylor & Francas Group, 412 p.
 13. Kartyshov, O. A., Zaporozhets, A. I. (2008). *Metod rascheta konturov aviatsionnogo schuma* [The method of calculating contours of aircraft noise], FGUP GosNI, ZAO TSEB GA, Moscow, Russia.
 14. Zaporozhets, O., Tokarev, V., Attenborough, K. (2011). *Aircraft Noise: assessment, prediction and control*, Glyph International, Taylor and Francis, 480 pp.
 15. <http://wasmerconsulting.com/nmplot.htm>
 16. Efremov, A. V., Zakharchenko, V. F., Ovcharenko, V. N. et al. (2011). *Dinamika poleta samoleta* [The dynamics of the aircraft flight], pod. red. akademi-ka RAN Buaschensa, Maschinostroenie, Moscow, Russia.
 17. Balakin, V.L., Lazarev, Y.N. (1999). *Dinamika poleta samoleta. Ustoichivost i upravlyaemost prodolnogo dvischenya* [The dynamics of the aircraft flight. Stability and control of longitudinal motion], SGAU, Samara, Russia.
 18. Verlan, A.F., Lukyanenko, S.O. (2014). *Chislennye metody dla reschenya differentsialnykh uravnenii* [Numerical methods for solving differentiale quations], "KPI", Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла 04.01.2017.