

УДК 656.71.053.7(045)

Л.О. Левченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ, УТВОРЮВАНОВОГО ПОВІТРЯНИМИ СУДНАМИ

Проблема шкідливого впливу шумового навантаження, утворюваного повітряними суднами, потребує проведення певних заходів з метою оцінки акустичного чинника як одного з найбільш вагомих показників стану навколишнього середовища. В роботі запропоновано методичний підхід щодо оцінювання шумового навантаження у зоні аеропорту з урахуванням національних гігієнічних нормативів. Наведено схему компонентів програмного забезпечення для моделювання шумового навантаження в районі аеропорту. Представлено результати розрахунку сценарію етапу зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни».

Ключові слова: моделювання, шумове навантаження, повітряні судна, критерії оцінювання, програмне забезпечення.

Вступ

Проблема боротьби з акустичним забрудненням навколишнього середовища від повітряних суден в зоні аеропорту та прилеглих територіях залишається загальною та актуальною.

Постановка проблеми. Поява нових видів літаків, вибір режимів зльоту і посадки, поява нових та реконструкція старих аеропортів, збільшення інтенсивності пасажирських та вантажних перевезень потребує вирішення проблеми шкідливого впливу авіаційного шуму як на людей, які безпосередньо проживають біля зони аеропорту, а саме місця, де знаходиться парк повітряних суден, так і фахівців, які його обслуговують. *Мета роботи* – розроблення методичного підходу щодо оцінювання шумового навантаження у зоні аеропорту шляхом моделювання з урахуванням санітарно-гігієнічних нормативів впливу шуму відповідно до національних та міжнародних законодавчих актів.

Виклад основного матеріалу

Процес забруднення навколишнього середовища характеризується наявністю інформації про його стан, об'єкти, що його забруднюють. До такої інформації відносяться: результати спостережень щодо шкідливого впливу авіаційного шуму; результати аналізу та оцінки фактичного стану навколишнього середовища; результати прогнозу показників стану навколишнього середовища та надання відповідної оцінки.

Таким чином, визначено склад підсистем системи моніторингу, яка забезпечує спостереження, оцінку та прогноз стану навколишнього середовища.

Розрізняють інструментальні системи моніторингу та інформаційні. В інструментальних системах моніторингу підсистема спостереження щодо акустичного фактору ґрунтується на системі датчиків, розташованих в районі та біля аеропорту, що є забруднювачем навколишнього середовища. Інформаційна система отримує та оперує інформацією, що

надходить в процесі звітності підприємства про стан та відповідні показники функціонування об'єктів – забруднювачів. Головною задачею інструментальної та функціональної підсистем є забезпечення об'єктивною та достовірною інформацією.

Системи контролю шуму встановлені у багатьох аеропортах. Їх різновиди достатньо широкі – від простих систем, які вимірюють рівні шуму індивідуальних прольотів, до складних комплексних систем, які накопичують, аналізують дані щодо рівнів шуму, контролюють траєкторії польоту літаків, мають ГІС-системи для візуалізації просторових даних на карті. Для систем моніторингу авіаційного шуму, які функціонують в районі аеропорту, визначені такі цілі

- контроль відповідності показників шуму визначеним законодавством вимогам,
 - визначення методів зниження шуму,
 - отримання інформації щодо визначення компенсації, платежів або штрафів за збитки, завдані шумом,
 - накопичення об'єктивних статистичних даних про рівні авіаційного шуму в районі аеропорту та його околицях,
 - використання отриманих даних про рівні шуму для планування і забудови земельних ділянок,
 - підтвердження результатів моделювання та розрахунків рівнів авіаційного шуму в аеропорту вимірюваним значенням протягом тривалого часу.
- Для досягнення поставлених цілей розроблені міжнародні стандарти та рекомендовані практики, національні стандарти, які визначають вимоги щодо процедур вимірювання, складу вимірювальної апаратури, процедур обробки акустичних сигналів, відображення результатів вимірювання. До основних нормативних документів Міжнародної організації цивільної авіації (ІСАО), пов'язаних з авіаційним шумом в аеропортах і яких необхідно дотримуватися є:
- «Керівництво по проектуванню аеропортів» [1],
 - «Інструктивний матеріал по збалансованому у підходу до управління авіаційним шумом» [2],

- «Керівництво з виконання польотів» [3],
- «Керівництво з рекомендованого методу розрахунку контурів шуму навколо аеропорту» [4],
- «Додаток 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Авіаційний шум» [5],
- «Методика сертифікації повітряних по шуму» [6].

До основних директив Євросоюзу, які стосуються шумового забруднення, відносяться:

- «Встановлення правил і процедур впровадження експлуатаційних обмежень, пов'язаних з шумом на аеродромах» [7],
- «Оцінка та контроль шуму навколишнього середовища» [8].

Важливими міжнародними документами також є:

- ISO 1996/1 R "Акустика. Опис та вимірювання шуму навколишнього середовища» [9],
- «Рівні шуму для сертифікованих США та іноземних повітряних суден», [10],
- «Попередньо затверджений список заміни літаків» [11].

До основних національних нормативних документів належать:

- Повітряний кодексу України [12],
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря» [13],
- Постанова Кабінету міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» [14],
- Закону «Про екологічну експертизу» [15],
- Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [16],
- Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (далі - Правила) [17],
- ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення [18],
- ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги [19].

На 38-й Сесії Асамблеї ІКАО у жовтні 2013 року прийнято резолюцію «А-38-17» [20] - новий узгоджений стандарт зі зниження шуму, який на 7 ЕPNдБ нижче за діючого стандарту. Цей стандарт буде застосовуватися до повітряних суден нової конфігурації, що вводяться у експлуатацію у 2017 році та до повітряних суден меншої ваги – до 2020 року.

Слід зазначити, що основним документом, яким повинні керуватися розробники різних країн при моделюванні рівнів авіаційного шуму, є DOC 9911 [4], який розглядає етапи зльоту, посадки літаків, але не враховує наземні операції руління, використання допоміжних силових, «гонок» авіаційних двигунів.

Основними методами, які використовуються при реалізації алгоритму розрахунку рівнів шуму є метод сегментації для побудови моделі поширення контурів авіаційного шуму та метод розрахунку рівня звуку при одиночному прольоті літака для оцінювання рівня шуму. Рівні шуму визначаються на основі

використання критеріїв, які визначені у національних та міжнародних гігієнічних нормативах. В Україні застосовуються два критерії щодо рівнів шуму з урахуванням зон забудови (А - територія без обмежень для будівництва споруд будь-якого призначення, Б та В - території з обмеженнями, Г - непридатна територія до житлової забудови)[17], а саме:

- L_{Amax} – максимальний рівень шуму з коригованою частотною смугою відповідно до шкали «А» стандартного вимірювача шуму;

- L_{Aeq} – еквівалентний рівень шуму.

На відміну від національного нормативу по шуму в міжнародному документі DOC 9911 використовується тільки один критерій - L_{Amax} . Так в Україні для денного періоду (від 07.00 до 23.00) для зони А встановлені нормативи - $L_{Aeq} \leq 60$ дБА, $L_{Amax} \leq 80$ дБА, для нічного періоду (від 23.00 до 07.00) - $L_{Aeq} \leq 50$ дБА, $L_{Amax} \leq 70$ дБА. Для порівняння з іншими країнами нормативні максимальні рівні шуму від окремих прольотів літаків у денний / нічний періоди становлять для: США – 99/89 дБА, Великобританії – 97/89 дБА, Нідерландів – 98/98 дБА, Швейцарії – 100/95 дБА, України та Росії – 85/75 дБА.

Для здійснення моделювання процесів, які відбуваються на території аеропорту та прилеглих територіях, вихідними параметрами є:

- парк літальних апаратів та їх акустичні характеристики для відповідних режимів на етапах зльоту та посадки (режими роботи двигуна, аеродинамічні конфігурації, маса літака тощо, база даних характеристик повітряних суден);

- номінальні маршрути прильоту та вильоту повітряних суден з урахуванням процедур пілотування і діючих обмежень (встановлюються інструкцією по проведенню польотів), база даних маршрутів повітряних суден;

- 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 літаючих апаратів в денну, вечірню і нічну частину доби;

- розташування місць випробування для проведення форм 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 авіапідприємства і чисельність населення, що проживає в них.

Вихідна інформація по характеристиках шуму, що створюється на місцевості літаками і вертольотами при їх льотній і наземній експлуатації за наслідками узагальнення даних по шуму при сертифікації представлена в базі даних Aircraft and Noise Performances (ANP) Database (база даних

літаків і вертольотів зарубіжного виробництва для методу розрахунку контурів шуму) та бази даних ЦЕБ ГА(база даних літальних апаратів, зібраних на території СНД) [21]. Ця база містить поточні значення залежностей Noise-Power-Distance (NPD) - «Шум-Режим-Відстань» літаків. Рівні шуму обчислюються у вузлах координатної сітки, яку наносять на досліджувану поверхню на околиці аеропорту з фіксованим кроком між вузлами. Центр координатної сітки розташовується у точці старту

повітряних суден під час розбігу по злітній полосі. Вісь абсцис системи координат направляють за основним курсом руху літака в районі аеропорту.

Розрахунковий алгоритм оцінювання шуму здійснюється відповідно до Рекомендацій ICAO Візуалізація результатів розрахунку здійснюється у середовищі NMPLOT [21], яке відповідає за побудову контуру авіаційного шуму відповідно отриманих розрахунків. Схему компонентів програмного забезпечення наведено на рис. 1.

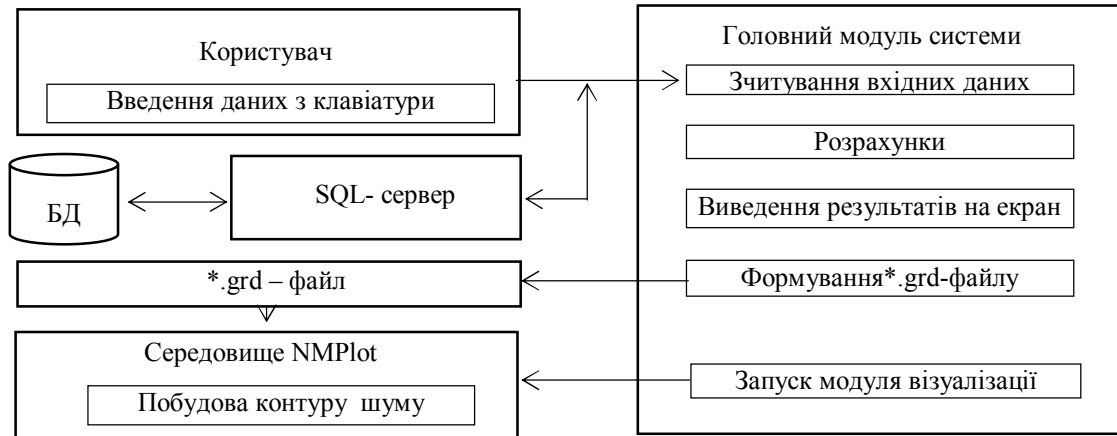


Рис. 1. Схема компонентів програмного забезпечення

У якості операційної системи обрано сімейство Windows (Windows XP, Windows 7, Windows 8, Windows 10). Як СКБД обрано MySQL (версія 5.5.8), для доступу до сервера MySQL необхідно встановити інтегрований сервер пакет для Apache та MySQL – mysql-connector-net-6.7.4. Головним програмним середовищем розробки обрано інтегроване

середовище Microsoft Visual Studio 12.0. Програмну систему було реалізовано мовою C#. Для побудови контурів шуму обрано середовище NMPLOT.

Сценарій етапу зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни» наведений на рис. 2. Контури шуму, отримані в результаті розрахунку вище наведеного сценарію, представлені на рис. 3.

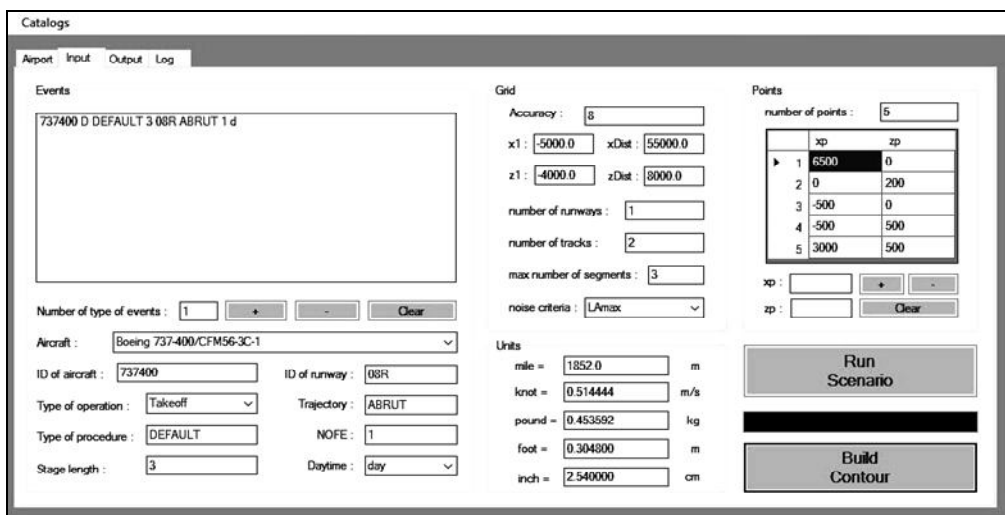


Рис. 2. Сценарій зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни»

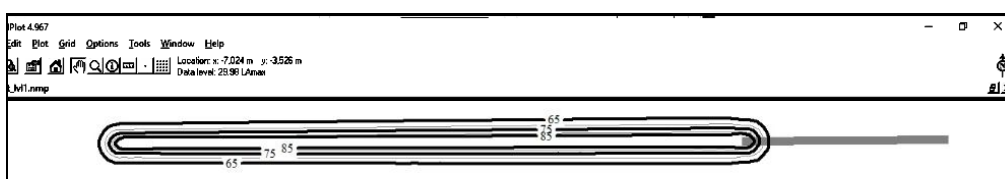


Рис. 3. Контури шуму при зльоті літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни»

Висновки

1. Запропоновано методичний підхід щодо оцінювання шумового навантаження у зоні аеропорту з урахуванням національних гігієнічних нормативів.
2. Визначено схему компонентів програмного забезпечення для моделювання шумового навантаження у зоні аеропорту.
3. Наведено результати розрахунку сценарію етапу зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни».

Список літератури

1. Руководство по проектированию аэропортов. Ч.2: Использование земельных участков и контроль над окружающей средой. - Монреаль: ИКАО, Doc. 9184-AN/902/3, изд. 3, 2004. - 35с.
2. Інструктивний матеріал по сбалансованому підходу к управлению авиационным шумом ИКАО Doc. 9829 AN/451, 2-е изд., 2008. - 64с.
3. Руководство по выполнению полетов. OPS. Т.1: Процедуры выполнения полетов. - Монреаль: ИКАО, Doc.8168-1, 4-е изд., 1993. - 116 стр.
4. Doc 9911, Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов. ИКАО. - 2008. - 131 с.
5. Environmental protection. Annex 16 to the convention on international civil aviation. Aircraft noise. - Montreal: ICAO, Vol. 1, 1993.
6. Техническое руководство ИКАО по окружающей среде, регламентирующее использование методик при сертификации воздушных судов по шуму. - Монреаль: ИКАО, Doc. 9501-AN/929, изд.2, 1995. - 112с.
7. Директива 2002/30/ЕС Європейського Парламенту і Ради від 26 березня 2002 р. із встановлення правил і процедур впровадження експлуатаційних обмежень, пов'язаних з шумом на аеродромах Співтовариства (Directive 2002/30/EC of the European Parliament and of the Council of 26 March 2002 on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Community airports).
8. Директива 2002/49/ЕС Європейського Парламенту і Ради від 25.06.2002 г. стосовно оцінки та контролю шуму навколишнього середовища (Directive

2002/49/EC Of The European Parliament and of The Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise).

9. ISO R 1996/1 "Acoustics - Discription and measurement on environmental noise. Part 1. Basic quantities and procedures". Part 2: "Acquisition of data pertinent to land use". Part 3: "Application to noise limits", 1987.
10. Advisory Circular 36-1G, Noise Levels for U.S. Certificated and Foreign Aircraft, dated 8/27/97.
11. INM Pre-approved List of Aircraft Substitutions. March 10, 1998. P.P. 1 – 6.
12. Закон України «Повітряний кодекс України». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 48-49, ст.536 зі змінами від 23.12.2015.
13. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, N 50, ст.54 зі змінами від 16.10.2012.
14. Постанова Кабінету міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку».
15. Закон України «Про екологічну експертизу». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, N 8, ст.54 зі змінами від 16.10.2012.
16. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546 зі змінами від 2016.
17. 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.
18. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення.
19. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги.
20. Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации: девятое совещание; Доклад; реком. № 3/2, реком. № 3/4; 4-15 февраля 2013 года – Канада, Монреаль. – 260 с.
21. Aircraft and Noise Performances (ANP) Database <http://www.aircraftnoisemodel.org>.
22. NMPlot [Electronic resource] – Access mode:

Надійшла до редколегії 26.06.2015

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ, СОЗДАВАЕМОЙ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ

Л.А. Левченко

Проблема вредного воздействия шумовой нагрузки, создаваемого воздушными судами, требует проведения определенных мероприятий для оценки акустического фактора как одного из наиболее весомых показателей состояния окружающей среды. В работе предложен методический подход к оценке шумовой нагрузки в зоне аэропорта с учетом национальных гигиенических нормативов. Приведена схема компонентов программного обеспечения для моделирования шумовой нагрузки в районе аэропорта. Представлены результаты расчета сценария этапа взлета самолета Boeing 737-400 в аэропорту «Киев-Жуляны».

Ключевые слова: моделирование, шумовая нагрузка, воздушные суда, критерии оценки, программное обеспечение.

MODELING OF THE NOISE LOAD CREATED BY AIRCRAFT

L.O. Levchenko

The problem of the harmful effects of noise pollution generated by aircraft, requires certain measures to assess the acoustic factor as one of the most tangible indicators of the environment. The paper presents a methodical approach to the evaluation of noise pollution in the area of the airport in accordance with national hygiene standards. The software component scheme for modeling the noise pollution in the vicinity of the airport is showed. The results of the calculation of the take-off stage of the script Boeing 737-400 aircraft at the airport "Kiev - Zhulyany" are presented.

Keywords: modeling, noise pollution, aircraft, evaluation criteria, software.