

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 628.517

О.І. Запорожець, д-р техн. наук, проф.
О.О. Картишев, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.
О.А. Чайковська, наук. співроб.

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД НАБЛИЖЕНОГО РОЗРАХУНКУ РІВНІВ І КОНТУРІВ ШУМУ ВІД ЛІТАКІВ

Наведено обґрунтування можливих спрощених методик визначення рівнів і контурів шуму від літаків на основі їх акустичних сертифікаційних даних. Розглянуто графоаналітичний метод визначення рівнів і контурів шуму. Проведено порівняння сертифікаційних рівнів шуму і розрахованих рівнів програмою INM для критерію EPNL.

The paper presents substantiation of methodologies for evaluation of aircraft noise levels and noise countures using their acoustical characteristics approved in the certificate of aircraft type. The graphic analytical method of noise levels and noise countures is analysed. The comparison of certified noise levels and noise levels calculated for EPNL criteria is done using INM software.

Постановка проблеми

Для регулювання несприятливого впливу авіаційного шуму [1] потрібне оцінювання рівнів (індексів) впливу і контурів шуму. З цією метою сьогодні використовуються комп'ютерні засоби, наприклад, всесвітньо розповсюджена інтегральна модель шуму INM [2] або вітчизняна IsoBella. Використання таких комп'ютерних програм вимагає певної кваліфікації фахівця, а також великого обсягу початкових даних для розрахунку. Крім того, збільшується час і трудовитрати на виконання розрахунків із комп'ютерними програмами типу INM.

У деяких ситуаціях потрібні спрощені методи, точність яких поступається методам, реалізованим в комп'ютерних програмах і інтегральних моделях, але вона має бути достатньою для проведення перевірочних розрахунків.

У цій роботі наведено обґрунтування можливих спрощених методик визначення рівнів і контурів шуму від літаків на основі їх акустичних сертифікаційних даних, доступних із багатьох джерел, наприклад, з бази даних ICAO або ФАА [3].

Узагальнену форму контуру шуму, симетричного осі злітно-посадкової смуги (ЗПС), показано на рис. 1.

Контур шуму навколо аеродрому (аеропорту) зазвичай визначається як регіон навколо аеродрому (аеропорту) з однією або декількома ЗПС, у межах яких експозиція шуму більша або дорівнює заданому (для контуру) рівню звуку (індексу шуму).

Визначення контуру шуму

Під час проведення різноманітних числових досліджень між критеріями площі контуру шуму заданого нормованого значення і рівнем шуму в контрольній точці (у вимірювальних сертифікаційних точках) під траєкторією польоту літака отримуємо майже лінійну залежність. Уперше цей прямий кореляційний зв'язок показано в роботі [4]. Як контрольне значення рівня шуму для визначення контурів шуму береться одне з характерних нормативних значень рівня шуму $EPNL$, L_{Amax} або $L_{Aекв}$, що використовуються, наприклад, для задач зонування території навколо аеропорту: 100 і 90 EPNдБ для $EPNL$, або 85 і 75 дБА для L_{Amax} , або 75 і 65 дБА для $L_{Aекв}$ [5]. Це дозволяє в деяких випадках здійснювати потрібне оцінювання і вирішувати завдання для одного з наведених критеріїв, а потім узагальнювати результати на всю існуючу (потрібну) множину цих критеріїв оцінювання шуму.

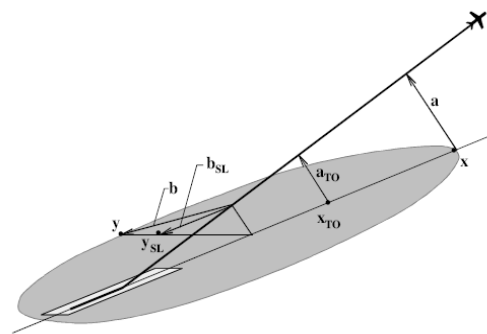
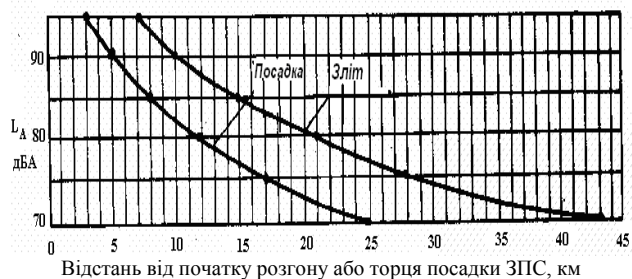


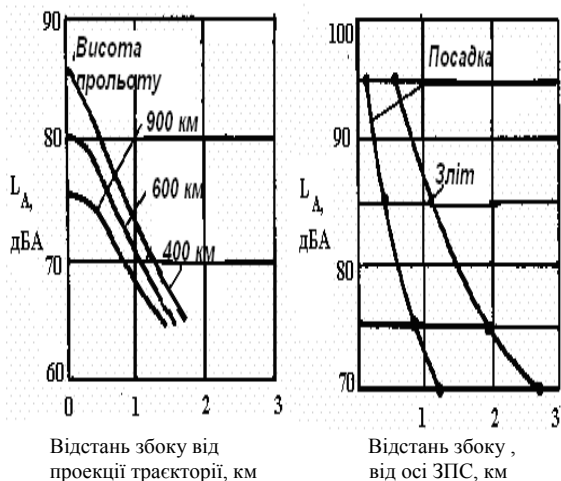
Рис. 1. Узагальнені геометричні характеристики для контуру шуму і вимірювальних сертифікаційних точок

Графоаналітичний метод визначення рівнів та контурів шуму

Найпростіший графоаналітичний метод визначення рівнів та контурів шуму полягає у використанні емпіричної залежності рівня звуку уздовж та поперек осі польоту (зльоту або посадки) літака, графік якої зображено на рис. 2.



а



б

в

Рис.2. Графіки для визначення максимальних рівнів звуку на місцевості для літаків групи 2:
 а – під траєкторією зльоту і посадки;
 б – при польоті в режимі очікування посадки;
 в – біля ЗПС

Отримані за графіком значення відповідають рівням звуку для літаків групи 2, для літаків інших груп використовуються додатки (табл. 1). Точність графоаналітичного методу визначення максимальних рівнів звуку перевищує 5 дБА і не завжди є доречною для використання в задачах охорони оточуючого середовища від впливу авіаційного шуму. Але цей підхід не дозволяє поєднати результати визначення рівнів звуку та контурів шуму з результатами сертифікації літаків на відповідність нормам шуму на місцевості [6].

Залежності між сертифікаційними рівнями шуму і площею контуру шуму

У цій роботі залежності між рівнями шуму в точках вимірювання шуму від літаків під час їх сертифікації та площею контуру шуму подані на основі простого геометричного аналізу відстаней до сертифікаційних точок для умов зльоту і набору висоти. Точка 1 розміщена найчастіше, на відстані 450 м збоку від ЗПС, точка 2 – на відстані 6500 м від точки старту під час розгону літака уздовж ЗПС [6].

Рівень шуму у всіх точках на контурі дорівнює значенню L . Сертифікаційні рівні шуму в точках 1 і 2 становлять L_{SL} і L_{TO} відповідно. Передбачається, що потужність (тяга) двигунів літака і відповідно шум уздовж цих етапів зберігаються постійними.

Оскільки звуковий тиск змінюється обернено пропорційно до відстані, то різниця між сертифікаційним рівнем L_{TO} і рівнем L у кінцевій точці контуру (уздовж осі зльоту/набору висоти) може бути подана як

$$L_{TO} - L = C \lg(a/a_{TO}),$$

де C – константа величини загасання звуку в атмосфері (20 – для сферичного поширення звукової хвилі);

a – мінімальна відстань від траєкторії польоту літака до кінцевої точки контуру (рис. 1);

a_{TO} – мінімальна відстань від траєкторії польоту літака до сертифікаційної точки 2 під час набору літаком висоти.

Оскільки відстані від точки початку руху літака під час розгону по ЗПС до вимірювальної точки під час набору висоти x_{TO} і до кінцевої точки контуру шуму x порівняно більші від дистанції розгону, то можна припустити, що

$$a/a_{TO} = x/x_{TO}$$

Таблиця 1

Групи шумності літаків

Група	Типи літаків	Δ_1 , дБА
1	Реактивні Ил-86, ДС-8	+5
	Гвинтові Ан-22, С-130	
2	Реактивні Ил-62Б, Ил-62М, Ил-76Т, Ту-154Б, Ту-134, В-732	0
	Гвинтові L 188	
3	Реактивні Як-42, Ту-334	-5
	Гвинтові Ан-12, Ил-18	
4	Реактивні Як-40, Lear Jet	-10
	Гвинтові Ан-24, Ан-26, Saab 340	
5	Реактивні Falcon, Beech Jet	-15
	Гвинтові Ан-28, Л-410, Saab 2000	

і відповідно

$$L_{TO} - L = C \lg(x/x_{TO}). \quad (1)$$

Таким чином, рівень шуму в сертифікаційній точці під час набору висоти для цього типу літака безпосередньо пов'язаний з довжиною контуру шуму у вигляді простого логарифмічного співвідношення.

Різниця між рівнем шуму літака в сертифікаційній точці збоку від траєкторії зльоту і рівнем для цього контуру шуму приблизно дорівнює

$$L_{TO} - L = C \lg(b/b_{SL}).$$

Оскільки

$$b/b_{SL} = y/y_{SL},$$

то

$$L_{SL} - L = C \lg(y/y_{SL}). \quad (2)$$

Перетворивши формули (1), (2) в експоненціальну форму, отримаємо:

$$x = x_{TO} \left\{ \frac{10^{L_{TO}/C}}{10^{L/C}} \right\}; \quad (3)$$

$$y = y_{SL} \left\{ \frac{10^{L_{TO}/C}}{10^{L/C}} \right\}. \quad (4)$$

Припускаючи, що площа контуру взагалі пропорційна множенню радіусів контуру x і y , множення формули (3) на формулу (4) дає

$$S \cong (x_{TO} y_{SL}) \left\{ \frac{10^{(L_{TO} + L_{SL})/C}}{10^{2L/C}} \right\}. \quad (5)$$

Перетворивши вираз (5) у логарифмічну форму, отримаємо

$$\log(S) = \frac{1}{C} (L_{TO} + L_{SL}) + D_L, \quad (6)$$

де D_L – константа, залежна від типу критерію і його значення для певного контуру шуму.

Прямий маршрут польоту вздовж осі ЗПС було розглянуто для кожного типу літака.

Сертифікаційні точки розміщені під час набору висоти на поздовжній осі ЗПС на відстані 6500 м від точки зрушування при розгоні літака на ЗПС, під час зльоту – на відстані 450 м збоку від осі ЗПС і на відстані 1000 м від точки зрушування літака вздовж осі ЗПС.

Рівні шуму в обох точках – сертифікаційні та передбачені програмою INM розрахунку контурів шуму, яка використана в дослідженні, наведено в табл. 2 [7].

У дослідженні розглянуто контури SEL і $EPNL$ з інтервалами у значеннях 5 дБ, від 80 до 100 дБ для SEL і від 85 до 105 дБ для $EPNL$. Площі цих контурів, розраховані програмою INM, наведено в табл. 3 [7].

Виміряні при сертифікації рівні шуму під час набору висоти літака порівняно з прогнозами за INM у середньому на 3 дБ менші, тоді як виміряні рівні шуму збоку від ЗПС менші від розрахованих значень у середньому на 0,5 дБ. Різниця значень рівнів для точки 2 може бути пояснена тим, що протягом сертифікаційних випробувань застосовується більш глибоке дроселювання двигунів, ніж у нормальних умовах експлуатації в районі аеропорту.

У сертифікаційній бічній точці рівні шуму є результатом використання максимальної тяги двигунів протягом розгону як у нормальних умовах експлуатації, так і при сертифікації шуму літака, тому порівнювані рівні шуму є в кращій відповідності між собою.

Розраховані контури шуму для критеріїв SEL та $EPNL$ (рис. 3) дозволили оцінити тим же регресійним методом значення коефіцієнтів C і D_L для узагальненого співвідношення (6).

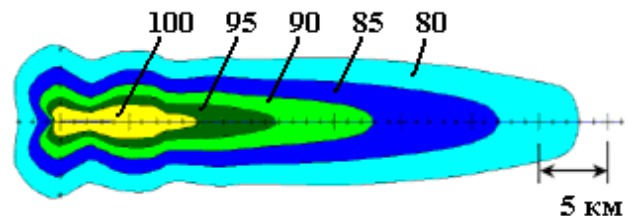


Рис. 3. Розраховані за програмою INM контури шуму для критерію SEL для літака Boeing-727-200 з двигунами JT8D-17RQN (ідентифікатор типу літака в програмі INM - 727D17)

Значення цих коефіцієнтів для різних номінальних значень контурів наведено в табл. 4 [7].

Збільшення множини літаків з урахуванням включення певних типів виробництва країн СНД було виконано для дослідження запропонованої спрощеної моделі оцінювання контурів шуму.

У розглянуту множину було додатково включено сім літаків із характеристиками шуму відповідно до вимог ICAO [6] для того, щоб більш достовірно використовувати модель для оцінювання площ шуму, що утворюються під час зльоту і посадки літаків, які все ще експлуатуються в аеропортах країн СНД (табл. 5, 6).

Таблиця 2

Виміряні та розраховані рівні шуму *EPNL* і *SEL* в сертифікаційних точках

Ідентифікатор типу літака в програмі INM	Вимірний сертифікації рівень <i>EPNL</i> , EPNdB		Розрахований сертифікації рівень <i>EPNL</i> , EPNdB		Розрахований сертифікації рівень <i>SEL</i> , дБА	
	Набір висоти	Зліт	Набір висоти	Зліт	Набір висоти	Зліт
707QN	104,4	98,9	108,9	106,0	106,2	103,6
717200	82,2	91,5	85,8	87,8	84,0	85,7
720B	99,3	103,2	102,7	106,9	99,1	103,8
727D17	102,4	104,2	111,1	109,1	109,0	107,2
727EM2	97,7	97,6	105,9	102,4	102,8	99,5
737300	87,5	89,9	84,7	90,0	83,5	88,9
737800	85,9	94,3	93,1	94,9	90,6	92,5
737N17	89,7	97,5	95,1	101,5	93,2	99,8
74720B	103,2	103,5	106,3	104,0	102,0	100,4
747400	101,6	99,7	102,2	100,0	97,7	95,7
747SP	102,0	101,1	102,2	101,2	97,2	96,6
757300	88,4	94,8	95,0	95,4	92,3	92,9
757PW	86,2	94,0	90,0	94,1	84,0	89,3
757RR	81,3	94,4	88,4	95,6	85,8	93,1
767300	93,2	97,0	94,5	101,4	91,6	97,2
767400	91,2	96,8	93,4	97,0	89,7	94,5
777200	88,8	93,2	92,4	93,0	89,1	90,2
777300	94,2	96,9	96,1	97,0	92,7	94,5
A300	94,0	96,9	96,4	97,1	92,7	93,4
A30062	93,1	97,9	93,3	98,9	88,7	94,8
A310	92,9	96,1	90,5	93,6	87,4	90,6
A319	85,3	91,4	85,7	91,2	83,2	88,8
A320	87,8	94,3	91,2	95,1	86,9	90,8
A330	94,2	97,2	94,9	97,4	91,1	94,5
A340	96,1	95,4	98,9	94,5	95,3	91,8
BAE146	85,2	87,3	92,4	90,2	89,7	88,0
CL600	84,7	89,5	80,1	85,9	79,9	85,2
CNA55B	73,7	85,2	78,7	84,1	78,6	83,3
CNA750	72,3	83,0	78,8	79,5	77,6	77,9
EMB14L	79,4	84,6	81,4	84,3	80,1	83,0
F10065	81,8	91,7	86,8	91,1	84,1	89,8
FA20	90,0	92,3	91,8	92,4	91,0	91,5
GII	92,5	103,0	93,9	99,0	95,4	98,3
GIV	76,8	87,3	79,4	85,8	77,4	83,6
GV	80,3	89,1	83,3	88,1	82,0	85,4
IA1125	84,1	89,7	87,3	88,5	85,5	86,6
L10115	98,4	97,8	98,5	97,6	96,5	95,8
LEAR35	83,9	87,8	83,9	92,0	84,2	91,5
MD11GE	92,8	96,3	97,1	95,8	94,5	93,4
MD11PW	95,8	96,1	98,5	94,9	94,0	91,3
MD81	88,9	94,7	93,8	93,9	93,0	92,8
MD9028	82,6	91,0	85,3	90,2	85,1	89,5
SAB80	91,2	91,4	91,8	92,4	91,0	91,5

Таблиця 3

Розраховані площі контурів шуму для рівнів шуму *EPNL* і *SEL*

Ідентифікатор типу літака в програмі INM	Площа контуру для відповідного значення шуму <i>EPNL</i> , км ²					Площа контуру для відповідного значення шуму <i>SEL</i> , км ²				
	85	90	95	100	105	80	85	90	95	100
707QN	199,4	77,2	34,5	17,0	7,3	296,7	153,1	55,8	24,9	12,2
717200	6,4	2,8	1,5	0,7	0,4	12,6	4,5	2,0	0,8	0,4
720B	80,4	40,7	19,8	9,3	4,5	107,0	51,9	25,9	12,6	6,2
727D17	179,8	89,0	40,6	18,1	9,0	266,9	148,1	71,2	32,4	14,3
727EM2	60,6	27,2	13,2	7,4	3,9	115,6	46,8	20,1	9,7	5,3
737300	6,8	2,9	1,0	0,5	0,3	14,2	5,5	2,2	0,8	0,3
737800	17,8	8,7	3,9	1,6	0,8	32,7	12,6	6,2	2,3	1,0
737N17	43,5	18,3	8,0	4,0	1,5	68,7	30,5	12,9	6,3	3,0
74720B	75,2	37,9	17,8	10,0	4,6	139,6	62,5	26,3	13,2	5,6
747400	57,9	26,1	12,5	5,3	2,2	82,6	34,8	15,2	6,2	2,4
747SP	56,8	27,9	12,4	5,9	2,6	81,3	36,1	14,9	6,3	2,4
757300	16,9	9,6	4,7	1,8	0,8	28,8	13,3	7,3	2,9	1,2
757PW	12,0	5,8	2,8	1,2	0,5	13,1	5,8	2,8	1,1	0,5
757RR	12,4	5,7	2,8	1,1	0,5	20,9	8,9	4,0	1,8	0,9
767300	33,7	15,7	7,6	4,2	1,8	51,1	22,0	9,8	4,8	1,8
767400	23,3	10,1	4,1	2,1	1,0	37,8	15,2	5,9	2,9	1,4
777200	15,6	6,9	2,8	1,3	0,7	23,5	10,2	3,8	1,7	0,8
777300	30,5	13,9	5,6	2,6	1,2	48,9	21,2	8,4	3,7	1,8
A300	25,7	12,8	5,8	2,4	1,1	41,0	18,3	8,2	2,9	1,1
A30062	23,8	10,9	6,0	3,1	1,3	32,5	13,3	6,6	3,4	1,3
A310	13,1	6,3	3,1	1,3	0,7	22,1	8,5	4,1	1,6	0,7
A319	7,6	4,0	1,6	0,7	0,3	11,4	5,7	2,4	0,9	0,3
A320	14,2	7,6	3,9	1,6	0,8	18,5	8,4	4,1	1,5	0,6
A330	24,3	10,9	5,7	2,5	1,1	39,5	15,5	7,3	3,5	1,3
A340	24,2	12,6	6,1	2,6	1,3	39,1	17,8	8,9	3,2	1,4
BAE146	12,6	5,7	2,1	0,8	0,3	20,7	9,5	3,3	1,1	0,4
CL600	4,3	2,0	0,9	0,4	0,2	8,2	3,9	1,5	0,6	0,3
CNA55B	3,0	1,6	0,8	0,3	0,2	5,8	2,7	1,2	0,4	0,2
CNA750	2,2	1,1	0,5	0,3	0,2	3,4	1,5	0,7	0,3	0,3
EMB14L	2,9	1,4	0,6	0,3	0,2	5,8	2,2	0,9	0,3	0,2
F10065	9,0	4,4	2,0	0,9	0,4	16,9	7,1	3,6	1,4	0,6
FA20	13,2	6,6	3,3	1,7	0,9	27,7	12,8	6,1	2,6	1,2
GII	69,2	29,3	9,2	2,5	1,3	138,8	70,7	30,4	10,0	2,7
GIV	3,4	1,5	0,8	0,4	0,2	5,8	2,4	1,1	0,6	0,3
GV	5,8	2,6	1,3	0,6	0,3	11,3	4,1	1,7	0,7	0,3
IA1125	7,5	3,8	1,7	0,8	0,4	12,5	6,2	2,5	1,0	0,5
L10115	27,9	13,5	6,9	3,3	1,7	61,2	27,0	11,8	5,3	2,2
LEAR35	7,6	4,3	2,3	1,3	0,7	16,4	7,8	4,2	2,0	1,0
MD11GE	19,4	9,3	5,0	2,5	1,2	40,2	15,4	6,9	3,5	1,4
MD11PW	21,2	10,0	5,4	2,5	1,3	36,2	14,2	6,5	2,8	1,3
MD81	19,6	8,6	3,8	1,4	0,6	43,8	18,4	7,4	3,0	1,0
MD9028	7,6	3,7	1,9	0,9	0,5	18,5	7,3	3,3	1,5	0,7
SAB80	13,2	6,5	3,2	1,7	0,9	27,6	12,7	6,1	2,6	1,2

Таблиця 4

Коефіцієнти для моделі оцінювання геометричних характеристик контурів шуму

Коефіцієнт	Рівень контуру шуму, дБЛ					
	105	100	95	90	85	80
Для критерію <i>SEL</i>						
I/C	–	0,0273	0,0309	0,0334	0,0294	0,0326
D_L	–	– 5,8148	–	– 5,395	–	– 4,5248
R^2	–	0,7673	0,8453	0,8625	0,8665	0,8726
Для критерію <i>EPNL</i>						
I/C	0,0277	0,0308	0,0308	0,0306	0,0308	–
R^2	0,8584	0,8760	0,8942	0,8965	0,8980	–

Таблиця 5

Розраховані площі контурів шуму для рівнів шуму L_{Amax} і *SEL*

Тип літака	Площа контуру шуму L_{Amax} , км ²					Площа контуру шуму <i>SEL</i> , км ²				
	65	70	75	80	85	80	85	90	95	100
Ил-76Т	246,679	172,762	102,743	53,545	27,251	210,882	132,237	63,454	28,980	13,384
Ил-86	268,596	190,537	120,396	57,612	25,223	229,589	146,866	68,204	26,064	9,209
Ту-154	268,596	190,537	136,487	60,799	23,733	270,810	170,748	76,322	24,441	7,458
Ту-134	306,134	199,374	105,585	48,805	22,232	254,218	139,672	56,903	22,046	9,383
Ил-62	194,105	128,185	69,313	35,995	17,822	156,303	84,481	39,174	16,922	7,367
Як-42	86,840	48,667	26,523	13,884	7,526	59,097	28,942	13,378	6,387	3,333
Як-40	51,253	25,431	12,115	5,768	2,774	28,216	10,941	4,381	1,908	0,840

Таблиця 6

Виміряні рівні шуму *EPNL* у сертифікаційних точках, EPNdB

Тип літака	Набір висоти	Посадка
Ил-76Т	107,3	102,7
Ил-86	107,4	104,2
Ту-154	100,1	97,8
Ил-62	106,9	95,2
Ту-134	95,3	101,9
Як-42	93,8	93,6
Як-40	88,7	85,5

Якщо в дослідженнях НАСА для контуру шуму $SEL = 80$ дБА отримано константу $D_L = -4,52$ і коефіцієнт $(I/C) = 0,03259$ з коефіцієнтом кореляції $0,9359$ і стандартними відхиленнями для $D_L = 0,3532$ і $(I/C) = 0,001915$, то зі збільшенням типів літаків константа $D_L = -4,74$ і коефіцієнт $(I/C) = 0,03391$, з коефіцієнтом кореляції $0,9321$ і стандартними відхиленнями для $D_L = 0,3545$ і $(I/C) = 0,001902$. Отримані параметри кореляції і достовірності вказують на дуже високі значення прямої залежності між вимірними при сертифікації рівнями і контурами шуму.

Виконані дослідження й аналіз їх результатів дозволяють обґрунтувати спрощену методику оцінювання рівнів шуму в контрольних точках і геометричні характеристики контурів шуму літаків на основі їх сертифікаційних даних, або для певних груп літаків [6].

Таку методику може бути використано для перевірного оцінювання при виконанні задач зонування околиці аеропорту або при оцінюванні впливу на оточуюче середовище (ОВОС), наприклад, на стадії скоупінгу (попередній етап визначення задач ОВОС), коли потрібно визначити ступінь і глибину ОВОС для проекту розвитку авіаційного підприємства. Згідно з формулою (6) основний вираз для оцінювання площі контуру шуму S має вигляд

$$S = 10^{(L_{TO} + L_{SL}) / C + D_L}, \quad (7)$$

де L_{SL} і L_{TO} – рівні шуму в сертифікаційних точках 1 і 2 відповідно, а коефіцієнти C і D_L залежать від типу і значення (критерію) контуру шуму (табл. 4).

Поздовжню x і бічну y відстані контуру оцінюють за такими формулами, використовуючи формули (1), (2):

$$x = 10^{(L_{TO} - L_{conture})^C} x_{TO} \quad (8)$$

$$y = 10^{(L_{SL} - L_{conture})^C} y_{SL} \quad (9)$$

Для літака типу Boeing-727-200 з двигунами JT8D-17RQN результати оцінювання за формулами (7)–(9) наведено в табл. 7.

Таблиця 7

Результати оцінювання геометричних характеристик контурів шуму для критерію SEL

Геометрична характеристика	Рівень контуру шуму, дБА		
	100	90	80
Площа контуру, км ²	5,7	32,0	162,3
Бічна відстань, м	612,03	1341,20	2767,79
	800	2000	3700
Поздовжня відстань, м	7748,78	16868,38	34926,37
	10000	23000	38000

Примітка. У знаменнику вказано орієнтовне значення характеристики з рис. 3.

Порівняння з результатами розрахунку контурів, які наведено на рис. 3 для цього ж типу літака, є задовільним з урахуванням отриманого коефіцієнта регресії для цієї моделі і точності, що вимагається для спрощеного методу оцінювання геометричних характеристик контурів шуму літаків. Для авіаційних подій випромінювання звуку відповідно до даних аналізу вимірювань шуму існує просте співвідношення між рівнем експозиції шуму SEL і максимальним рівнем звуку L_{Amax} [1]:

$$SEL = 23,9 + 0,81L_{Amax}.$$

Висновки

Отже, методика дозволяє оцінювати геометричні характеристики контурів шуму і для критерію L_{Amax} , якщо в цьому є необхідність, або аналогічна залежність може бути визначена прямо для контурів максимального рівня шуму L_{Amax} (наприклад, дані табл. 5 це дозволяють здійснити). Перехід до еквівалентних добових рівнів звуку здійснюється на основі акустичної сумації внеску кожної події шуму в загальне акустичне поле в точці контролю шуму.

Література

1. *Руководство по проектированию аэропортов. Ч.2: Использование земельных участков и контроль над окружающей средой.* – Монреаль: ИКАО. Doc. 9184-AN/902/2. – Изд.3-е. – 2005. – 35 с.
2. *Integrated Noise Model (INM) Version 6.0 User's Guide.* FAA-AEE-99-03, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Environment and Energy (AEE-100), Washington, DC, September 1999.
3. *Advisory Circular 36-1G, Noise Levels for U.S. Certificated and Foreign Aircraft,* dated 8/27/97.
4. *Zaporozhets O. I., Tokarev V. I. Aircraft noise modelling fo environmental assessment around airports // Applied Acoustics, 55 (2), 1998. – P. 99–127.*
5. *Токарев В.И., Запорожец А.И., Страховес В.В. Снижение шума при эксплуатации пассажирских самолетов.* – К.: Техніка, 1990. – 127 с.
6. *Охрана окружающей среды. Авиационный шум.* – Приложение 16 к Конвенции о Международной гражданской авиации. – Монреаль: ИКАО. Т. 1. Изд. 3-е, 2005. – 148 с.
7. *Relationship between Aircraft Noise Contour Area and Noise Levels at Certification Points.* NASA/TM-2003-212649. Langley Research Center Hampton. – Virginia 23681-2199. Sept. 2003.

Стаття надійшла до редакції 12.02.08.