



( )

:

/, ;

£ ;

( )

(

)

;

/3: -

3=

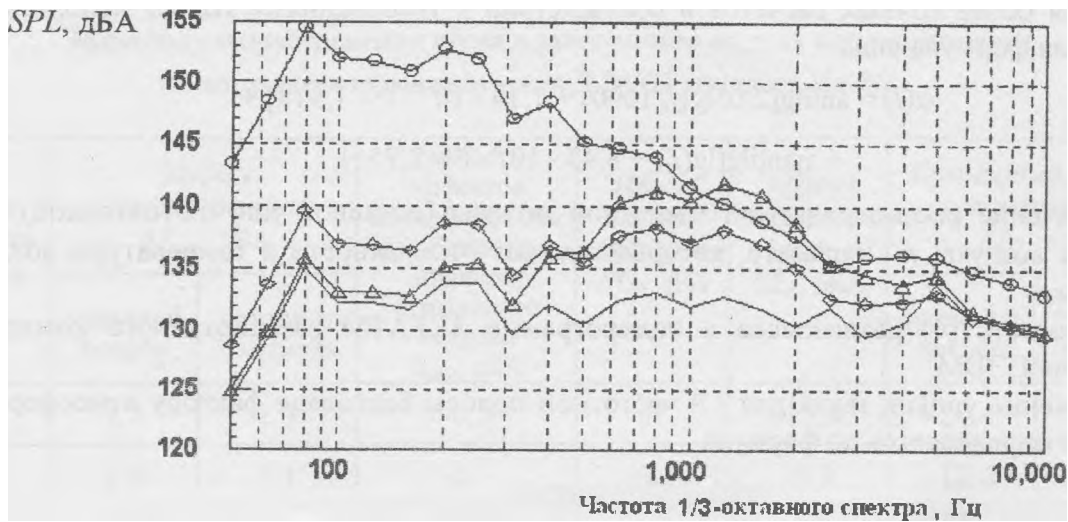
+

f

+

+

(2)



. 2.

-86

(

1

):

-----

$\theta=10$ ;

—

$\odot=50$ ;

— —

$\theta=90$ ;

—«—

$\theta=140$

[1]

[1].

$$1 = 201\% ( \theta )$$

(3)

(3)

Наличие дискретных составляющих шума в комплексном спектре шума ВС в полете обуславливает необходимость учета влияния эффекта Допплера на изменение значения частоты звука  $f$  в точке контроля по отношению к частоте  $f_0$  звука, излучаемого неподвижным источником.

Особенностью остальных рассматриваемых явлений является их зависимость от частоты излучаемых звуковых волн. Существенным фактором ослабления звука при распространении его в точку контроля является его затухание в атмосферном воздухе в результате действия сил вязкости и внутримолекулярных процессов релаксации. Причем полный расчет затухания звука в атмосфере должен включать не только обе составляющие, но и их взаимное влияние, например, воздействие процессов внутримолекулярной релаксации на механизмы «классического поглощения» звука в среде распространения. Поэтому для более точных расчетов в соответствии с требованиями ИКАО использована эмпирическая формула вида

$$\alpha(i) = \text{antilg}[2,05 \lg(f/1000) + 1,14 \cdot 10^{-3} T - 1,917] + \eta \text{antilg}[\lg(f) + 8,43 \cdot 10^{-3} T - 2,756], \quad (4)$$

где  $f_i$  – значение рассматриваемой частотной полосы (октавной или 1/3-октавной);  $T$  – температура воздуха;  $\eta$  – параметр, который зависит от влажности и температуры воздуха, частоты звука.

Зависимость (4) реализована в подпрограмме ALFATM разработанного комплекса программ для ПЭВМ.

Снижение уровня звука для  $i$ -й частотной полосы благодаря фактору атмосферного поглощения определяется по формуле

$$\Delta L_{\text{атм}}(i) = \alpha(i) R. \quad (5)$$

Анализ результатов оценки коэффициентов затухания звука в атмосферном воздухе показывает, что их значения минимальны для температур, соответствующих условиям летнего сезона года, во всем диапазоне значений относительной влажности воздуха.

В случае импедансной поверхности отражения звуковой волны наблюдаются фазовые и амплитудные смещения между характеристиками прямой и отраженной волн, которые формируют сложную интерференционную картину – ослабление или усиление УЗД в отдельных полосах частотного спектра. Расчет воздействия интерференции звуковых волн на характеристики шума в точке приема для отдельных частотных полос осуществляется по формуле:

$$\Delta L_{\text{инт}} = 10 \lg \{ 1 + S^2 |Q|^2 + 2S|Q| \cdot [\sin(\alpha \cdot \Delta R / \lambda) / (\alpha \cdot \Delta R / \lambda)] \cos[\beta \cdot \Delta R / \lambda + \delta] \}, \quad (6)$$

где  $S = R_1/R_2$ ,  $\Delta R = (R_2 - R_1)$ ;  $\alpha = \pi(\Delta f/f_i)$ ;  $\Delta f$  – ширина частотной полосы;  $\lambda$  – длина волны;  $\beta = 2\pi [1 + (\Delta f/f_i)^2/4]^{1/2}$ .

Для 1/3-октавных полос  $\alpha = 0,725$ ,  $\beta = 6,325$ .

Величины снижения УЗД шума тонким экраном представляются в виде функции от числа Френеля  $N = 2\delta/\lambda$ , где  $\delta$  – разность путей распространения шума – прямого и через кромку экрана ( $-3 \leq N \leq 100$ ). Длина волны  $\lambda = 20,1 T^{1/2}/f$  определяется для частоты звуковых колебаний  $f$  при значении абсолютной температуры воздуха  $T$ . Значения функции при  $-3 \leq N < 0$  аппроксимированы соотношением

$$\Delta L_{\text{экp}} = 1,1518211 \exp[0,5493061(N+3)] - 1,1468337, \quad (7)$$

при  $0 \leq N \leq 100$

$$\Delta L_{\text{экp}} = 5 + 20 \lg (2 \sqrt{\pi|N|} / \text{th} 2 \sqrt{\pi|N|}).$$

Эффективность снижения шума экраном зависит от числа Френеля  $N$ . При  $N > 0$  за счет эффектов дифракции экранируется высокочастотный шум, а при  $N < 0$  – низкочастотный. Значение  $N$  отрицательное, когда визирная линия проходит над экраном. В случае  $N < -3$  эффектом дифракции пренебрегают и оценивается прямой путь распространения звука вдоль визирной линии.

Поправки, учитывающие эффект «поперечного затухания», зависят от типа отражающей поверхности. Например, на рис. 3 показаны рассчитанные эффекты  $\Delta L_{\text{инт}}$  для травяного покрова и бетонного покрытия поверхности отражения звуковых волн шума двигателя на расстоянии 500 м от точки контроля. Их совмещение со спектральными УЗД шума в различных направлениях излучения обуславливает различие суммарной поправки уровня звука (см. таблицу).

**Эффекты распространения шума в зависимости от угла направленности излучения шума двигателя Д-30КП самолета Ил-86**

Угол направленности $\Theta$ , град	Эффект интерференции $\Delta L_{\text{инт}}$ , дБА		Разность эффектов интерференции для бетонного покрытия и травяного покрова $\Delta L_{\text{инт}}$ , дБА	Эффект направленности $\Delta L_{\Theta}$ , дБА	Эффект дивергенции $\Delta L_R$ , дБА	Суммарный эффект распространения $\Delta L_{\Sigma}$ , дБА	
	травяной покров	бетонное покрытие				травяной покров	бетонное покрытие
10,0	1,8	1,3	-0,5	-7	-15,2	-20,4	-20,9
20,0	1,8	1,1	-0,7	-9,5	-9,3	-17,0	-17,7
30,0	1,6	+0,8	-0,8	-7	-6,0	-11,4	-12,2
40,0	0,25	-1,0	-1,25	-4,5	-3,85	-8,1	-9,3
50,0	-0,7	-2,0	-1,3	-3,0	-2,3	-6,0	-7,3
60,0	-1,1	-3,2	-2,1	-2,0	-1,25	-4,25	-6,35
70,0	-1,0	-1,9	-0,9	-1,0	-0,54	-2,5	-3,4
80,0	0	0,1	0,1	0	-0,13	-0,1	0
90,0	0	0	0	0	0	0	0
100,0	0,4	6,4	6,0	+1,5	-0,13	+1,8	+7,8
110,0	1,0	4,3	3,3	3,0	-0,54	3,5	6,8
120,0	1,2	4,6	3,4	5	-1,25	5,0	8,4
130,0	1,5	3,4	1,9	7,5	-2,31	6,7	8,5
140,0	3,2	1,4	-1,8	10,0	-3,84	9,4	6,6
150,0	5,4	-0,1	-5,5	12,0	-6,0	11,4	5,9
160,0	6,9	-1,0	-7,9	9,5	-9,3	+7,1	-0,8
170,0	7,0	-1,0	-8,0	+1,0	-15,2	-8,2	-15,2

Диапазон изменения влияния поправки на уровень звука  $\Delta L_A$  превышает 10 дБА. Зависимость влияния поправки на уровень звука  $\Delta L_A$  от спектра шума и характера покрова отражающей поверхности является очевидной, поэтому использование усредненных (для характеристик покрова) и обобщенных (независимо от типа источника шума) зависимостей, как это осуществляется в соответствии с действующими стандартами и правилами, выглядит явно упрощенной процедурой.

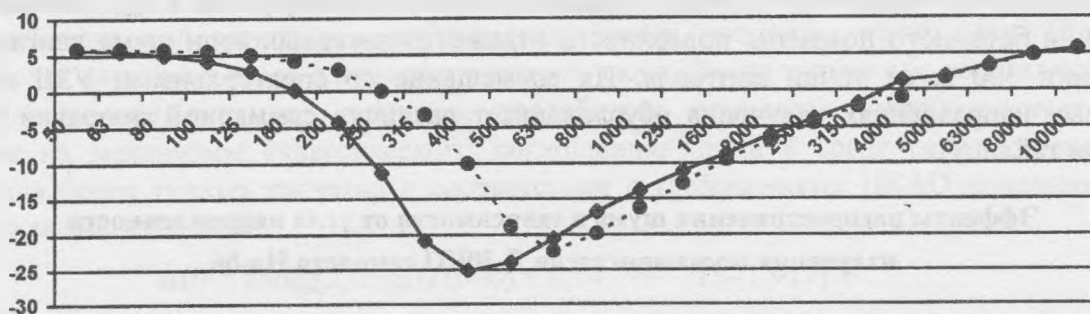


Рис. 3. Эффекты «поперечного затухания»  $\Delta L_{\text{инт}}$  для травяного покрова и бетонного покрытия поверхности отражения звуковых волн:

—◆— травяной покров; - - -●- - - бетонное покрытие

Анализ характеристик генерирования шума двигателями (см. рис. 2) и условий распространения звуковых волн [формулы (1) – (6)] позволяет выяснить, что ближайшее расстояние от источника шума до точки контроля  $D_0$  (см. рис. 1) не является определяющим для максимального уровня звука в точке контроля. В таблице и на рис. 4 показаны зависимости эффектов дивергенции, направленности и интерференции звука от угла направленности излучения шума и их суммарный эффект.

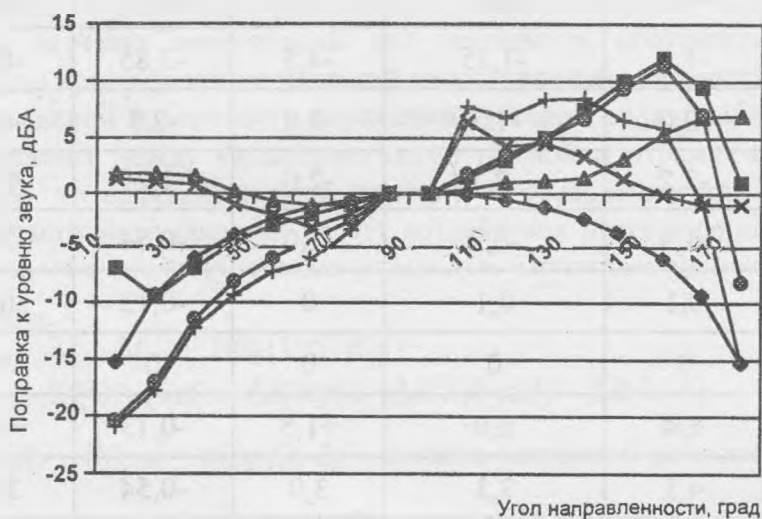


Рис. 4. Эффекты дивергенции, направленности и интерференции звука и их суммарный эффект:

—■—  $\Delta L_R$ ; —●—  $\Delta L_\Theta$ ; —▲—  $\Delta L_{\text{инт}}$  для травяного покрова;  
- - -×- - -  $\Delta L_{\text{инт}}$  для бетонного покрытия; —◆—  $\Delta L_\Sigma$  для травяного  
покрова; —+—  $\Delta L_\Sigma$  для бетонного покрытия

Анализ приведенных данных показывает, что не только условия генерирования шума, но и условия распространения (в первую очередь, эффект интерференции прямой и отраженной волн) определяют максимум уровня звука в точке контроля. Для отражающей поверхности бетонного покрытия указанный максимум наблюдается при угле направленности  $\Theta = 120 \dots 130^\circ$ , для травяного покрова – при  $\Theta = 150^\circ$ . Именно для этих

умовий розміщення источника звука относительно точки контролю следует выполнять оценку акустической ефективності екрана и определять его геометрические характеристики. Для екрана стінки (тонкого екрана) достаточнo воспользоваться оценкой ефектов дифракції (7) и інтерференції звукових волн, причеm отражение волн от земной поверхности возможно наблюдать перед и за екраном [1].

При строительстве акустических экранов в процессе сооружения взлетно-посадочной полосы или рулежной дорожки весьма эффективным может оказаться экран из земляного вала, а для сооружения его может использоваться земля, оставшаяся от строительства взлетно-посадочной полосы и рулежной дорожки. Стоимость такого экрана может оказаться намного меньшей, чем стоимость экрана стінки. В этом случае расчетной схемой для земляного вала является экран конечной толщини. Форма экрана в сечении может быть как треугольной (одна кромка проявления эффекта дифракції), так и трапециевидной (две кромки проявления эффекта дифракції). Двойная дифракція увеличивает эффект снижения шума в точке контроля. В обоих случаях планировкой боковых стен экрана можно добиться отсутствия отражения звуковых волн от земной поверхности, участвующих в интерференції с прямыми волнами на верхних кромках экрана или в точке контроля (если точки расположения источника шума и приемника шума расположены достаточно близко к экрану). Таким образом можно регулировать характеристику эффективности экрана, не меняя его эффективную высоту и импедансные параметры отражающей поверхности.

#### Список литературы

1. В.И.Токарев, В.Ф.Шило. Разработка и исследование методов обоснования эффективности акустических экранов для снижения воздействия шума в окрестности аэропортов // Вісник КМУЦА. – №3-4. – К.:КМУЦА, 2000. – С. 331–336.

Стаття надійшла до редакції 11 липня 2000 року.

С520-01508641.0 + 0535.134.12 - 015 8641.0  
УДК 656.7.08

Л.В. Андрощук, Б.П. Івашенко

#### ВПЛИВ БІЧНОГО ВІТРУ НА РУХ ЛІТАКА ПО ЗЛІТНО-ПОСАДКОВІЙ СМУЗІ

*Розглянуто рух літака по злітно-посадковій смугі в умовах різних навантажень. Розроблено математичну модель літака, що рухається по злітно-посадковій смугі в режимі зльоту або посадки, яка дозволяє описати таке явище, як викочування літака за межі злітно-посадкової смуги.*

Відомо, що на етапах зльоту і посадки трапляється більш ніж 60 % усіх авіаційних катастроф та аварій. Аналіз статистичних даних показує, що це є найбільш небезпечні етапи польоту. При цьому викочування за межі злітно-посадкової смуги (ЗПС) складає 6,1 % аварій на етапі зльоту.

Аналізу таких ситуацій і задачам запобігання аварій присвячено багато наукових робіт, які практично охоплюють усі аспекти цієї проблеми. Основні причини катастроф, аварій, інцидентів та їхні наслідки розглянуті в роботі [1].

Рух літака у режимі зльоту або посадки розглядався в багатьох роботах, наприклад [2-6]. Для дослідження поведінки літака в цих роботах запропоновані різноманітні математичні моделі, тобто системи рівнянь та початкові умови, що описують рух літака. Однак в межах запропонованих моделей неможливо описати явище викочування літака за межі ЗПС.