

УДК 331.45:621.39

М. В. КОРОБЧИНСЬКИЙ, д-р техн. наук, доцент,  
Воєнно-дипломатична академія ім. Євгенія Березняка, Київ;  
Ю. І. ЖИХАРЄВА, канд. фіз.-мат. наук,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ФАХІВЦІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Описано послідовність і логіку розрахунку сумарного рівня шуму у виробничих приміщеннях сфери інформаційних технологій з урахуванням різної ефективності сприйняття людиною звуків високих і низьких частот. Для цього здійснюється корекція здобутих результатів за шкалою «А», що певною мірою відповідає суб'єктивному сприйняттю рівня гучності, дозволяючи орієнтовно оцінити «неприсмність» або «шкідливість» шуму. Тому рівень шуму, який було виміряно за шкалою «А» в децибелах, має з гігієнічних міркувань велике значення для практики оцінювання промислових шумів. Сформульовано висновок про відповідність отриманих даних санітарним нормам.*

**Ключові слова:** шумове забруднення; інформаційні технології; системи охолодження.

### Вступ

Шумове забруднення — форма фізичного антропогенного впливу на навколишнє середовище через перевищення природного фонового рівня інтенсивності шуму або його нормального повторювання. Шумове забруднення є результат роботи транспорту, устаткування промислових підприємств і будівництва, використання побутових приладів, обчислювальної техніки, що може змінити природні акустичні характеристики на робочих місцях.

Специфіка сучасної трудової діяльності у сфері інформаційних технологій передбачає постійне перебування працівника в умовах підвищеного шумового забруднення, що спричиняється багатократною інтерференцією і перевипромінюванням звукових коливань, створюваних у результаті роботи механічних рухомих елементів ПЕОМ, насамперед блоків живлення та систем охолодження. Навіть побіжний аналіз системи людина—ПЕОМ—навколишнє середовище дає підстави розглядати проблему шумового забруднення як одну з найпріоритетніших проблем взаємодії людини з навколишнім середовищем, особливо на локальному рівні (цех, дільниця).

### Аналіз досліджень і публікацій

Фундаментальною працею з питань загальної акустики протягом багатьох десятиріч лишається [1]. Серед досліджень українських учених, присвячених проблематиці акустичної екології, слід виокремити [2]. Варто також зазначити, що при дослідженні характеристик шуму систем охолодження ПЕОМ у рамках цієї статті застосовано й опрацьовано [3].

### Мета дослідження

Виробнича діяльність у сфері інформаційних технологій передбачає використання комплексів ПЕОМ у межах одного приміщення. За наявності

в приміщенні кількох джерел шумового забруднення загальний рівень звукового тиску зростає, а тому постає потреба в його оцінюванні.

Пропоноване дослідження має на меті дати кількісну оцінку шумового забруднення у виробничих приміщеннях, а також з'ясувати, чи відповідає вона чинним санітарним нормам.

### Постановка завдання в загальному вигляді

Поширення в повітрі поздовжніх пружних коливань призводить до механічних деформацій розтягу-стиску, що переносяться хвилею з однієї точки середовища в іншу. При цьому виникає звуковий тиск як різниця між миттєвим значенням повного тиску і статичним тиском у даній точці (барабанна перетинка вуха, мембрана мікрофона тощо).

Кількісною оцінкою звукового тиску вважають його середньоквадратичне значення:

$$P_{\text{с.к}} = \frac{1}{T} \sqrt{p^2(t)dt}.$$

Рівень  $L$  звукового тиску визначається відносно граничного середньоквадратичного його значення  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па (або звукової інтенсивності  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>) за формулою, дБ:

$$L = 10 \lg \frac{P_{\text{с.к}}}{P_0} = 20 \lg \frac{P_{\text{с.к}}}{P_0} = 10 \lg \frac{I}{I_0}.$$

Параметри постійного шуму на робочих місцях — це рівні звукового тиску в октавних смугах із середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Головна проблема щодо отримання коректних кількісних оцінок шумового навантаження пов'язана з людським фактором. Адже шум, як і звук загалом, — явище не тільки фізичної, а й психофізіологічної природи. Тому для кількісного оцінювання шуму потрібно поряд із фізичними властивостями самого явища брати до уваги сприйняття його людиною та вплив на її організм.

Справді, людське вухо в термінах електроніки являє собою нелінійний перетворювач звукових коливань, що відіграє роль складного комплексу смугових фільтрів: гучність низько-, середньо- і високочастотних тональних звуків з однаковим рівнем звукового тиску в суб'єктивному сприйнятті буде різна. Тому при оцінюванні наявних на робочих місцях значень параметрів постійного широкосмугового шуму, які підлягають нормуванню, дозволяється застосувати рівень шуму, дБА, що вимірюється за шкалою «А» шумоміра.

Було здійснено моделювання гармонічного сигналу  $S(t) = A \sin(2\pi ft)$ , де  $A$  — амплітуда;  $f$  — частота, а  $t$  — тривалість коливання. Частота цього коливання за 10 с лінійно зростає в діапазоні  $f = 20 \dots 20\,000$  Гц із незмінною амплітудою.

Той факт, що ефективність сприйняття людиною звуків високих і низьких частот — різна, уявляється рис. 1.

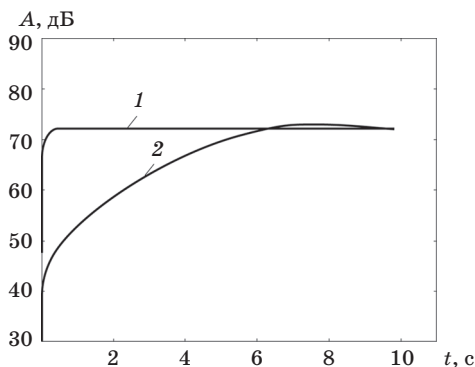


Рис. 1. Залежність  $A = f(t)$  для модельованого сигналу  $S(t) = A \sin(2\pi ft)$  без урахування різної ефективності сприйняття звуків частотного спектра людиною (крива 1) та з урахуванням такої особливості людського сприйняття (крива 2)

Таким чином, для наближення отриманих об'єктивних даних до значень, які буде сприйнято органом слуху через різну ефективність сприйняття звуків низьких і високих частот, застосовують корекцію даних за шкалою «А», яка регламентує значення поправок до рівня звукового тиску на октавних частотах (табл. 1).

Таблиця 1

Поправки  $\Delta L_i(f)$  для розрахунку рівнів звуку джерела шуму

Частота $f$ , Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Поправка $\Delta L_i(f)$	42	26,2	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	1,1

Спектр шуму вентиляторів, застосовуваних у системах охолодження ПЕОМ, характеризується широкосмуговим фоном і тональними складовими, що на нього накладаються.

Широкосмуговий шум створюється випромінювачами дипольного типу внаслідок зривання вихорів і турбулентності потоку, що набігає на нерухомі елементи конструкції. Тональні дискретні складові породжуються силами, що періодично змінюються і виникають через взаємодію рухомих і нерухомих жорстких елементів конструкції вен-

тилятора і пов'язаних із ним пульсацій потоку, який набігає на зазначені елементи.

Існують два основні види шуму систем охолодження ПЕОМ вентиляторів: *аеродинамічного* та *механічного* походження [6].

Джерелом *аеродинамічного* шуму є вихори в турбулентному примежовому шарі, що виникає на поверхні лопатей вентилятора. Інтенсивність шуму залежить від кута атаки і швидкості обертання вентилятора (чим більший кут атаки і чим вища швидкість обертання, тим сильніше виявляється інтенсивність аеродинамічного шуму). Спектр аеродинамічного шуму вентиляторів являє собою безперервний (широкосмуговий шум) що, як правило, має максимальну інтенсивність на частоті

$$F_{\max} = K(V_b/d \cos \alpha),$$

де  $K$  — коефіцієнт, що визначається конфігурацією вентилятора;  $V_b$  — лінійна швидкість лопаті;  $d$  — максимальна товщина лопаті;  $\alpha$  — кут атаки. Додатковим джерелом аеродинамічного шуму є перешкоди на вході і, особливо, на виході вентилятора, наприклад радіатор системи охолодження.

Джерелом *механічного* шуму є підшипники вентиляторів. Якщо розглянути стандартний підшипник ковзання, то і на поверхні вала, і на внутрішній поверхні втулки неодмінно присутні мікроскопічні тріщини, раковини і т. ін. Очевидно, що при цьому в парі вал-втулка виникає тертя, яке призводить до появи шуму. Певний шумовий внесок роблять і стопорні шайби, які обертаються разом із валом.

Значно збільшити інтенсивність шуму можуть і конструктивні дефекти підшипника. Найбільш істотним із них є дисбаланс ротора, який зазвичай призводить до так званої еліпсності втулки (на поперечному зрізі внутрішня поверхня втулки має форму еліпса замість кола). Такий дефект є причиною появи чітко виражених тонів у низько- і середньочастотній області спектра шуму підшипника. Інтенсивність шуму при цьому збільшується, і в суб'єктивному відчутті він сприймається як такий, що викликає роздратування. Не менш несприятливо впливає на акустичні властивості вентилятора на підшипнику використання неякісного мастила (чи його нестача) або великий зазор між валом і втулкою.

Зауважимо, що в сучасних ПЕОМ найчастіше використовується кілька систем охолодження: на блоці живлення, у корпусному кулері, відеокарті тощо. Окрім того, закритість системного блока настільних ПЕОМ призводить до відбиття шуму систем охолодження від стінок корпусу, що вносить додаткове значення шуму. Таке значення зумовлюється калібром внутрішнього каналу вентилятора і може бути знайдене з графіка, зображеного на рис. 2.

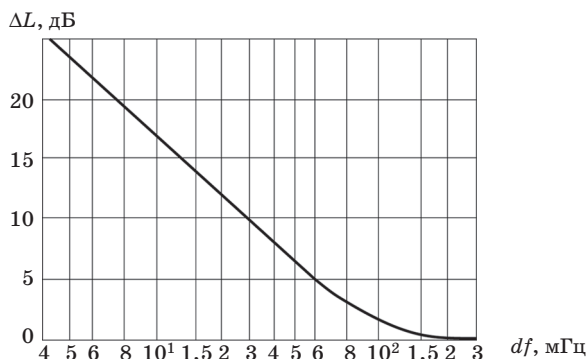


Рис. 2. Збільшення шуму вентилятора при його відбитті від внутрішніх стінок корпусу системного блока ПЕОМ

Калібр каналу визначається його розмірами:

$$d = 4S/\Pi,$$

де  $S$  і  $\Pi$  — відповідно площа і периметр поперечно-го перерізу каналу.

### Оцінювання шумового забруднення у виробничих приміщеннях та порівняння його значення з чинними санітарними нормами

Було виконано вимірювання рівнів звукового тиску в октавних смугах частот у приміщенні, в якому одночасно працюють 10 ПЕОМ. Результати подано в табл. 2.

Таблиця 2

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Частота $f$ , Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Поправка $\Delta L_i(f)$	61,3	50,6	44,7	39,8	31,3	32	30,1	30,9	32,7

Для розрахунку сумарного спектрального рівня звукового тиску використовується залежність

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 10^{0,1L_i(f)},$$

де  $L_i(f)$  — рівні звукового тиску в октавних смугах частот.

Для даних, уміщених у табл. 1,  $L_{\Sigma} = 61,4$  дБ із використанням такої залежності:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^8 10^{0,1(L_i(f) - \Delta L_i(f))},$$

де  $\Delta L_i(f)$  — значення поправок, наведені в табл. 2.

За даних умов  $L_A = 59,2$  дБ.

Для визначення сумарного рівня звукового тиску за наявності кількох джерел шуму доцільно скористатися таким співвідношенням, дБА:

$$L_{\text{сум}} = L_i + 10 \lg n,$$

де  $n$  — кількість джерел шуму. Для заданих умов  $L_{\text{сум}} = 69,2$  дБ. Таким чином, маємо серйозне (10 дБ) зростання рівня звукового тиску при накладанні звукових хвиль з десяти джерел шуму.

Нормування шуму визначає нормативно-правовий акт ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

Допустимі рівні звукового тиску для роботи, що вимагає зосередження, наведено в табл. 3. Отже, рівень звукового тиску шумового забруднення в разі, коли трудова діяльність відбувається в приміщенні з великою кількістю ПЕОМ, наближається до неприпустимого.

Таблиця 3

Припустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах частот, Гц									$L_A$
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Робота, що вимагає зосередження	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

### Висновки

Виконані розрахунки доводять необхідність розвитку інформаційних технологій у напрямку зменшення шуму від рухомих елементів ПЕОМ.

Одним із основних способів зменшення загального рівня звукового тиску у виробничих приміщеннях сфери інформаційних технологій полягає у зниженні аеродинамічного шуму на шляхах його поширення. Це досягається передусім оснащенням систем охолодження шумопоглиначами та звукоізоляцією повітроводів, своєчасною профілактикою та ремонтом технологічного обладнання.

### Література

1. **Исакович, М. А.** Общая акустика / М. А. Исакович.— М.: Наука, 1973.
2. **Основи акустичної екології:** навч. посібник за ред. В. С. Дідковського.— Кіровоград: Поліграф.-видав. центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2002.— 520 с.
3. **Инженерная акустика.** Теория и практика борьбы с шумом: учебник.— М.: Логос, 2008.
4. **Пекуровський, Г. В.** Обґрунтування математичного апарату ідентифікації моделі об'єкта управління на основі експериментальної верифікації адаптивних засобів зниження віброакустичного навантаження на авіаційних панелях / Г. В. Пекуровський, О. В. Барабаш // Системи управління, навігації та зв'язку.— К.: ЦНДІ НІУ, 2012.— Вип. 2(22).— С. 93–96.
5. **Барабаш, О. В.** Експериментальний синтез адаптивної системи активної компенсації вібрації на основі використання ПІД-регулятора / О. В. Барабаш, Г. В. Пекуровський // Вестник Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-та и Северо-вост. науч. центра Трансп. акад. Украины.— Х.: ХНАДУ, 2012.— Вип. 59.— С. 168–173.
6. **Запорожець, О. І.** Графоаналітичний метод наближеного розрахунку рівнів і контурів шуму від літаків / О. І. Запорожець, О. О. Картишев, О. А. Чайковська // Вісн. Нац. авіац. ун-ту.— 2007.— № 3/4.— С. 110–116.
7. **Глива, В. А.** Підвищення рівня безпеки праці користувачів інформаційно-технічних комплексів / [В. А. Глива, О. Г. Вільсон, І. О. Азнаурян, І. М. Ковтун, Л. О. Левченко] // Вісн. НТУУ «КПІ»: зб. наук. праць.— К.: НТУУ «КПІ», ЗАТ «Техновихух».— 2007.— Вип. 15.— С. 178–184.

М. В. Коробчинский, Ю. І. Жихарева

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ НА СПЕЦИАЛИСТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Описаны последовательность и логика расчета суммарного уровня шума в производственных помещениях сферы информационных технологий с учетом различной эффективности восприятия человеком звуков высоких и низких частот. Для этого проводится коррекция полученных результатов по шкале «А», соответствующей до некоторой степени субъективному восприятию уровня громкости и позволяющей произвести ориентировочную оценку «неприятности» или «вредности» шума. Поэтому уровень шума, измеренный по шкале «А» в децибелах, имеет из гигиенических соображений большое значение для оценки промышленных шумов. Сформулирован вывод о соответствии полученных данных санитарным нормам.

**Ключевые слова:** шумовое загрязнение; информационные технологии; системы охлаждения.

M. V. Korobchinsky, U. I. Zhikhareva

**THE METHOD OF EVALUATING NOISE CAPACITY ON THE SPECIALISTS OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

In paper describes the sequence and logic calculation of the total noise in the premises of information technologies, taking into account the effectiveness of various human perception of sounds high and low frequencies. To do this, the correction of the results obtained on a scale of "A", corresponding to some extent subjective perception of volume and allows an approximate estimate of the "trouble" or "hazard" noise. Therefore, the noise level measured on a scale of A in decibels, is of great importance for the evaluation of industrial hygiene practices noise. Platoon is about matching the data obtained sanitary standards.

**Keywords:** noise pollution; information technologies; cooling system.

УДК 004.398.65

**М. КАРПІНСЬКИЙ**, д-р техн. наук, професор, завідувач закладу інформатики університету в Бельську-Бялій і Державної вищої технічної школи у Новому Сончі, Польща;

**А. В. МІЩЕНКО**, канд. техн. наук, професор;

**Г. С. ЛЕВІНСОН**, студент, Національний авіаційний університет, Київ

**КОГНИТИВНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ АВІАТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

**Розглянуто один із найбільш перспективних і важливих у практичному плані напрямків у теорії ухвалення управлінських рішень — когнітивне моделювання, а також наведено приклад його застосування для оцінювання інформаційної безпеки авіатранспортної інфраструктури.**

**Ключові слова:** когнітивне моделювання; ієрархічно організований простір знань; авіатранспортна інфраструктура; когнітивна карта; модель GMS.

**Вступ**

Останні події в усьому світі показують, що зовнішнє середовище стає дедалі більш непередбачуваним та нестабільним. Нестабільність полягає в тому, що темпи змін зовнішнього середовища стрімко зростають, а непередбачуваність — у тому, що ситуації, які виникають, абсолютно нові. Це призводить до підвищення вірогідності ухвалення хибних рішень. Іншою ознакою сучасності є те, що особа, яка ухвалює рішення (ОУР), дуже часто змушена ухвалювати їх у мінливих умовах і за жорстких часових обмежень [1]. Класична методологія ухвалення рішень із заданою кількістю альтернатив та повною інформацією про них неприйнятна для даних умов. Адже наявна інформація завжди обмежена, і ми не знаємо напевне про наслідки ухвалення того чи іншого рішення; інколи рішення доводиться ухвалювати швидко, покладаючись на інтуїцію ОУР. Саме тому гостро постала необхідність виокремити методику, якою можна було б успішно послуговуватись на базі теорії ухвалення управлінських рішень в області слабкоструктурованих систем (СС).

**Основна частина**

Головне завдання будь-якої авіатранспортної інфраструктури — ухвалити адекватне рішення в конкретних мінливих умовах. Сьогодні зробити це, як ніколи, складно, оскільки практич-

но неможливо спрогнозувати, оцінити, в який спосіб ухвалене рішення вплине на розвиток усієї досліджуваної проблемної системи. Тому сьогодні науковці перебувають у пошуку методології, яка давала б змогу адекватно оцінювати слабкоструктуровані системи, в тому числі ОУР як особистість: зі своїм світобаченням, досвідом та інтуїцією. Як один із найбільш перспективних і придатних для практичної реалізації напрямків у теорії ухвалення управлінських рішень є **когнітивне моделювання**.

Аналізуючи результати багатосторонньої полеміки щодо формування концепції когнітивного моделювання, можна стверджувати: мета його полягає в тому, аби найскладніші проблеми й тенденції розвитку досліджуваної системи подати у спрощеному вигляді за допомогою моделі, яка дозволяє відстежувати можливі сценарії виникнення кризових ситуацій, знаходити шляхи та умови їх подолання.

Когнітивне моделювання — це один із наукових методів **когнітології** (від лат. *cognitio* — пізнання та гр. *logos* — вчення). Ідеться про міждисциплінарний науковий напрямок, який об'єднує теорію пізнання, когнітивну психологію, нейрофізіологію, когнітивну лінгвістику й теорію штучного інтелекту [2]. Об'єктом когнітології як науки [3] виступає ієрархічно організований простір знань, що складається з упорядкованих підпросторів, причому ці знання чітко орієнтовані, що дозволяє