

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЦИВІЛЬНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Б.Д.Халмурадов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

**Тема: «Інженерні та планувальні заходи захисту населення від впливу шуму  
повітряних суден»**

Виконавець: студент групи 412 ЦБ Крюк Данило Сергійович

Керівник: к.м.н., професор Халмурадов Батир Данатарович

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Козлітін О.О.

КИЇВ 2023

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Кафедра цивільної та промислової безпеки  
Спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Б.Д.Халмурадов  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ** **на виконання кваліфікаційної роботи** **Крюка Данила Сергійовича**

1. Тема роботи «Інженерні та планувальні заходи захисту населення від впливу шуму повітряних суден» затверджена наказом ректора від «26» квітня 2023 р. № 566/ст.
2. Термін виконання роботи з 29.05.2023 р. по 25.06.2023 р.
3. Вихідні дані роботи:
  - провести загальний аналіз існуючих заходів захисту населення та робітників аеропорту від впливу шуму повітряних суден;
  - сформулювати в роботі сучасні вимоги до інженерних та планувальних заходів захисту населення та обслуговуючого персоналу аеропорту від впливу шуму повітряних суден;
  - охарактеризувати інженерні заходи захисту населення;
  - провести оцінку потенційних небезпек від впливу шуму повітряних суден;
  - надати пропозиції та розробити заходи щодо підвищення ефективності заходів захисту населення та робітників аеропорту від впливу шуму повітряних суден
  - провести акустичний розрахунок для надання технічного заключення щодо дії шуму на інженера з охорони праці, який працює у зоні аеропорту (у зв'язку з воєнним часом).
4. Зміст пояснювальної записки:
  - загальні відомості про шум від повітряних суден;
  - інженерні та планувальні заходи;
  - ідентифікація небезпеки від дії шуму;

– методика вимірювання та надання технічного висновку щодо вимірів шуму на робочому місці працюючих в зоні аеропорту.

- акустичний розрахунок для інженера з охорони праці аеропорту;
- висновки.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:

- схематичний рисунок системи спостереження за авіаційним шумом;
- засоби та заходи, що зменшують шум;
- акустичні екрани, звукопоглинальні матеріали;
- шумомір ОКТАВА 110

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	2	3	4
1	Постановка задачі та аналіз інформаційних джерел	29.05.2023-02.06.2023	
2	Збір інформаційних даних та обґрунтування вибору рішення	02.06.2023-06.06.2023	
3	Аналіз даних та їх класифікація	07.06.2023	
4	Робота над розділом №1	08.06.2023-12.06.2020	
5	Робота над розділом №2	13.06.2023-15.06.2023	
6	Робота над розділом №3	15.06.2023-18.06.2023	
7	Підготовка графічного матеріалу, оформлення і друк пояснювальної записки	18.06.2023	
8	Оформлення презентації в Power Point	19.06.2023-20.06.2023	
9	Отримання рецензій від опонентів	21.06.2023	
10	Підготовка до захисту в ДЕК	24.06.2023	

7. Дата видачі завдання: «29» травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи: \_\_\_\_\_

Халмурадов Б.Д.

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_

Крюк Д.С.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається із вступу, основної частини, що містить 3 розділи, висновку й списку літератури. Загальний обсяг роботи – 51 сторінок. Робота містить 7 рисунків та 11 таблиць. Список бібліографічних посилань включає 27 джерел.

Ключові слова: ІНЖЕНЕРНІ ТА ПЛАНУВАЛЬНІ ЗАХОДИ, ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ, ПОВІТРЯНІ СУДНА, ШУМ ВІД ПОВІТРЯНИХ СУДЕН, ВПЛИВ ШУМУ НА НАСЕЛЕННЯ, АКУСТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ДЕЦИБЕЛИ.

Об'єкт дослідження – шум від повітряних суден та вплив на населення та обслуговуючий персонал аеропорту, що знаходиться поблизу.

Предмет дослідження – вплив шуму від повітряних суден та захист від нього.

Мета роботи – аналіз інженерних та планувальних заходів щодо зниження впливу шуму на населення від повітряних суден. Акустичний розрахунок на базі методичних рекомендацій.

Методи, застосовані в кваліфікаційній роботі: метод акустичного розрахунку на базі Авіаційних правил України.

Основні висновки роботи – проведено акустичний розрахунок на робочому місці інженера з охорони праці. Надана оцінка робочого місця та пропозиції щодо покращення умов праці. Цю оцінку та пропозиції можна перенести також і на місця проживання населення, яке мешкає біля аеропортів.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ. ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО РЕГУЛЮВАННЯ ШУМУ. ЗАХИСТ ВІД ШУМУ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Шум від авіаційного транспорту. Короткі відомості.....	10
1.2. Вимоги нормативних документів щодо регулювання шуму.....	13
1.3. Аналіз «Авіаційних правил України» для подальшого використання.....	16
1.4. Захист від шуму та вібрації.....	19
1.5. Лікувально-профілактичні заходи для населення та працюючих в зоні аеропортів.....	23
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ВІД ШУМУ. ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНІВ ШУМУ.....</b>	<b>26</b>
2.1. Методи та засоби захисту від шуму.....	26
2.2. Звукопоглинання та звукоізоляція.....	28
2.2.1. Сучасні звукоізоляційні матеріали.....	33
2.2.3. Звукоізоляційні вікна з пластику.....	33
2.2. Теоретичні питання, необхідні для проведення розрахунку. Шум та його основні характеристики.....	34
2.3. Прилади для вимірювання рівнів шуму.....	36
2.3.1. Відомості про шумоміри на прикладах портативного приладу Trotec BS06, «Brüel & Kjaer» та ОКТАВА-110А. Акустичні вимірювальні тракти.....	38
2.3.2. Вимірювання звукових полів.....	41
2.4. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот.....	42
<b>РОЗДІЛ 3. АКУСТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ІНЖЕНЕРА З ОХОРОНИ ПРАЦІ АЕРОПОРТУ.....</b>	<b>43</b>
3.1. Проведення акустичних вимірів. Вимірювання спектральних характеристик джерел шуму на робочому місці інженера з охорони праці.....	43
3.2. Проведення акустичних вимірів на робочому місці інженера з охорони праці в зоні аеропорту. Вимірювання спектральних характеристик від джерела шуму.....	44
3.3. Визначення рівнів звукового тиску в розрахункових точках приміщення, де працює інженер з охорони праці.....	45
Висновки та пропозиції.....	48
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>50</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

АШ – авіаційний шум;

ПС – повітряне судно;

РЗТ – рівень звукового тиску;

НПС – навколишнє природне середовище;

ЦНС – центральна нервова система

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

ВШВ – вимірювач шуму і вібрації

## ВСТУП

На сьогодні в умовах військового часу, на жаль, авіаційна галузь не є пріоритетною. Але відкидати повністю цю сферу не можливо, так як це одна з основних транспортних галузей як у світі, так і в довоєнні часи України. На сьогодні є парк літаків, який потрібно обслуговувати та знаходитись на території аеропортів як і у минулий час. На території аеропортів та авіаційних підприємств України лишаються служби безпеки, хімічні лабораторії, служби з охорони праці, медсанчастини та інші.

Якщо проблему шуму розглядати взагалі, потрібно розпочати з того, що проблема шуму на сьогодні є дуже актуальною. Тож і проблема захисту від шуму стає дедалі пріоритетною.

Зростання кількості наземного транспорту та переміщення населення, літаків та аеропортів у світі, індустріалізації великих та маленьких міст, зростання технічного оснащення міського господарства, енергетичних систем тощо, збільшуються і рівні шумового забруднення. Для багатьох великих міст джерелом значного шуму є міський транспорт. Процеси шумового впливу спостерігаються в межах територій в усьому світі, не є виключенням і Україна. Транспортний шум є основним акустичним забруднювачем всіх сучасних міст, а його внесок у загальну частку шуму в житлових зонах складає 70%. До того ж його дію можна визначити майже постійною у часі. На приміагістральних територіях значний транспортний шум в середньому спостерігається до 18 годин на добу, а іноді цілодобово. Наприклад, зона впливу автомобільної дороги залежно від інтенсивності дорожнього руху та топографічних умов місцевості поширюється на відстань до трьох кілометрів від кромки проїздної частини. Що вже казати про авіаційний шум. Загальне поняття шуму — це сукупність звуків різноманітної частоти та інтенсивності, що виникають у результаті коливального руху частинок у газоподібних, рідких та твердих середовищах. Інтенсивність шумового забруднення, або тиску вимірюється в децибелах (дБ). Шуми з інтенсивністю 25-80 дБ не наносять шкоди людському організму. А шуми інтенсивністю більше 80 дБ

призводять до фізіологічних і психологічних негативних наслідків перш за все на нервову систему, сон, емоції, апетит, працездатність, викликають апатію, дратують, інколи викликають навіть виразку шлунку. Звісно велику роль у цьому відіграє і частота звуку, що слідує разом з рівнем гучності.

Метою представленої бакалаврської роботи є дослідження шумового забруднення від аеропортів, розгляд процесів впливу шумового забруднення на здоров'я людей, які працюють на приаеродромній території та на населення, яке мешкає неподалік від зони аеропорту, проаналізувати сучасний стан моніторингу шумового забруднення приаеродромної території та аеропорту, вивчення питань захисту населення від шуму та проведення акустичного розрахунку для інженера з охорони праці зони аеропорту.

**Актуальність теми.** Тема шуму буде актуальною в усі часи, так як ми живемо і постійно взаємодіємо з різного роду звуками, які об'єднуються у шуми різної інтенсивності. У післявоєнні часи буде відбуватися відбудова авіаційної галузі та аеропортів дуже швидко, так як це одна з пріоритетних транспортних галузей.

**Об'єкт дослідження** – аеропорт, робоче місце інженера з охорони праці та населені пункти, що знаходяться поблизу аеропорту.

**Предмет дослідження** – авіаційний шум, дія на персонал аеропорту та населення, яке мешкає поблизу аеропорту.

**Методи дослідження**, застосовані в дипломній роботі: метод акустичного контролю та моніторингу шуму, визначення рівнів гучності та оцінка впливу на людей (робітників аеропортів та населення, яке мешкає біля аеропортів).

**Практичне значення отриманих результатів.** Матеріали кваліфікаційної роботи можна використовувати для оцінки потенційних небезпек, розробки рекомендацій і заходів щодо зниження їх прояву від потенційних шумів на підприємствах. Отримані в роботі результати направлені на підвищення якості працездатності робітників аеропортів та на більш комфортне існування населення, яке мешкає на приаеродромній частині. Також надані пропозиції щодо збереження здоров'я людей, на які потенційно впливають підвищенні рівні гучності.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ. ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО РЕГУЛЮВАННЯ ШУМУ. ЗАХИСТ ВІД ШУМУ

#### 1.1. Шум від авіаційного транспорту. Короткі відомості

Шум, який генерує авіаційний транспорт дуже відображається на стані здоров'я мешканців прилеглий територій та людей, які працюють на території аеропортів.

Зниження шумового навантаження повітряних суден (ПС) – це одна з найбільш розповсюджених всесвітніх проблем. Початок проблеми можна датувати серединою минулого століття, коли були введені в експлуатацію великогабаритні та швидкісні літаки з турбореактивними двигунами. Наприклад, Boeing 707, Ту-104, Ту-154 тощо.

Використання даного типу літаків з одного боку було вигідно з економічної сторони, але з іншого боці були великі рівні гучності двигунів, котрі змінювали акустичну ситуацію в районі аеропортів в гіршу сторону. Нарікання населення проти діяльності авіакомпаній та аеропортів призвело до появи законодавства в області авіаційного шуму та шляхів його зниження.

Підвищена увага до дії шуму на населення, яке мешкає біля аеропортів та робітників аеропортів, звела на друге місце саме проблему авіаційного шуму (АШ), а на першому місці безумовно була і лишається проблема безпеки.

У кінці 60-х років в ІКАО сформовано Комітет по авіаційному шуму, який у середині 80-х років було перетворено в Комітет з охорони оточуючого середовища щодо викідів від авіаційної галузі. Цей комітет займався саме питаннями шуму.

Витрати на боротьбу з авіаційним шумом складають значні суми грошей. Наприклад, звукоізоляція будинків в районі аеропортів в Сідней складає більше 450 млн доларів, а звукоізоляція в аеропорту Бостона 140 млн доларів.

За статистикою, щорічний зріст пасажирських перевезень та будівництво нових будинків, що зводяться біля аеропортів, стрімко загострила проблему шуму. Коли починає набирати висоту ПС, це призводить до підвищення рівня шуму вище

100-110дБ. Робота над методами щодо зниження шуму ПС значно знизила дію шуму, але остаточну проблему не вирішило[1].

В кваліфікаційній роботі за основу було взято Звіт «Будівництво аеродрому Міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ» [2]. Об'єктом досліджень Звіту були джерела та рівні впливу на довкілля техногенних чинників за об'єктом Міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ».

Мета роботи самого Звіту була надати оцінку за видами та кількістю очікуваних відходів, викидів (скидів), забруднення води, повітря, ґрунту та надр, шумового, вібраційного, світлового, теплового радіаційного забруднення, а також випромінювання, які виникають у результаті виконання підготовчих і будівельних робіт та впровадження планової діяльності за об'єктом: «Будівництво аеродрому Міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ». Після ознайомлення зі Звітом, було обрано напрямлення – захист від шумового забруднення населених пунктів, що знаходяться поруч та проведено розрахунок щодо оцінки потенційного робочого місця інженера з охорони праці, який працює в зоні аеропорту.

Також були опрацьовані «Авіаційні правила України», а саме «Вимоги до експлуатанта аеродрому щодо просторового зонування території навколо аеропорту з умов впливу авіаційного шуму», ДСТУ та нормативні документи. Під час написання роботи сама авіаційна галузь перебуває у стані тимчасового заморожування, так як іде військовий конфлікт. Але після закінчення військових дій авіаційна галузь буде виходити на перший план.

Серед усіх техногенних чинників, які впливають на довкілля та людей можна виділити авіаційний шум (АШ). АШ є одним з несприятливих факторів впливу на довкілля, робітників та населення під час експлуатації ПС на аеродромах цивільної авіації. АШ здійснює несприятливий вплив на широке коло людей, що включає в себе обслуговуючий персонал, який пов'язаний з експлуатацією авіаційної техніки, робітників, пасажирів, але й найбільш чисельну категорію – населення, що мешкає на приаеродромній території за декілька кілометрів від аеропорту. Ще 1,5 року тому необхідність зменшення несприятливого впливу АШ була важлива у зв'язку зі збільшенням інтенсивності експлуатації ПС, будівництвом аеропортів чи їх

реконструкцією, наближенні до них меж житлових районів з високою щільністю населення. При опрацювання Звіту, було проаналізовано наступне: аеропорт Дніпро розташований в південно-східній частині приміської території на відстані 13,5 км від центру міста Дніпро. На приаеродромній території аеродрому «Дніпро», окрім самого міста Дніпро, розташовані наступні населені пункти, мешканці яких могли відчувати роздратування через несприятливий вплив АШ: Любимівка, Дніпрове, Придніпрянське, Іванівка, Мар'ївка, Веселе, Новоолександрівка, Дослідне та інші. Свого часу було заплановано збільшення кількості злітно-посадкових смуг та зростання можливості експлуатації широкофюзеляжних ПС, які могли супроводжуватися збільшенням роздратування місцевого населення внаслідок впливу АШ та потребувало детального аналізу та прогнозування в рамках оцінки впливу на довкілля, робітників та населення.

У Дипломній роботі на основі Звіту, Авіаційних правил України та ряду нормативно-правових документів було проаналізовано вплив підвищеного АШ на робітників, а саме інженерів з охорони праці, які знаходяться на приаеродромній території та розроблено рекомендації щодо зменшення несприятливого впливу АШ та подальшого моніторингу з метою контролю за дотриманням допустимих рівнів АШ.

Спостереження за авіаційним шумом відбувалось наступним чином: система спостереження за АШ, або іншими словами система моніторингу за АШ відслідковувала маршрути польотів ПС з подальшим їх аналізом. Система представлена на рис. 1.1. Її основу складали термінали або станції моніторингу шуму (Noise Monitoring Terminals – NMT) і центральна станція (Noise Monitoring Station – NMS) з відповідним програмним забезпеченням для обробки, зберігання, аналізу і представлення інформації для оцінки впливу АШ на приаеродромну територію. Джерелом даних про рух ПС в районі аеродрому в режимі реального часу була система управління рухом ПС [2].

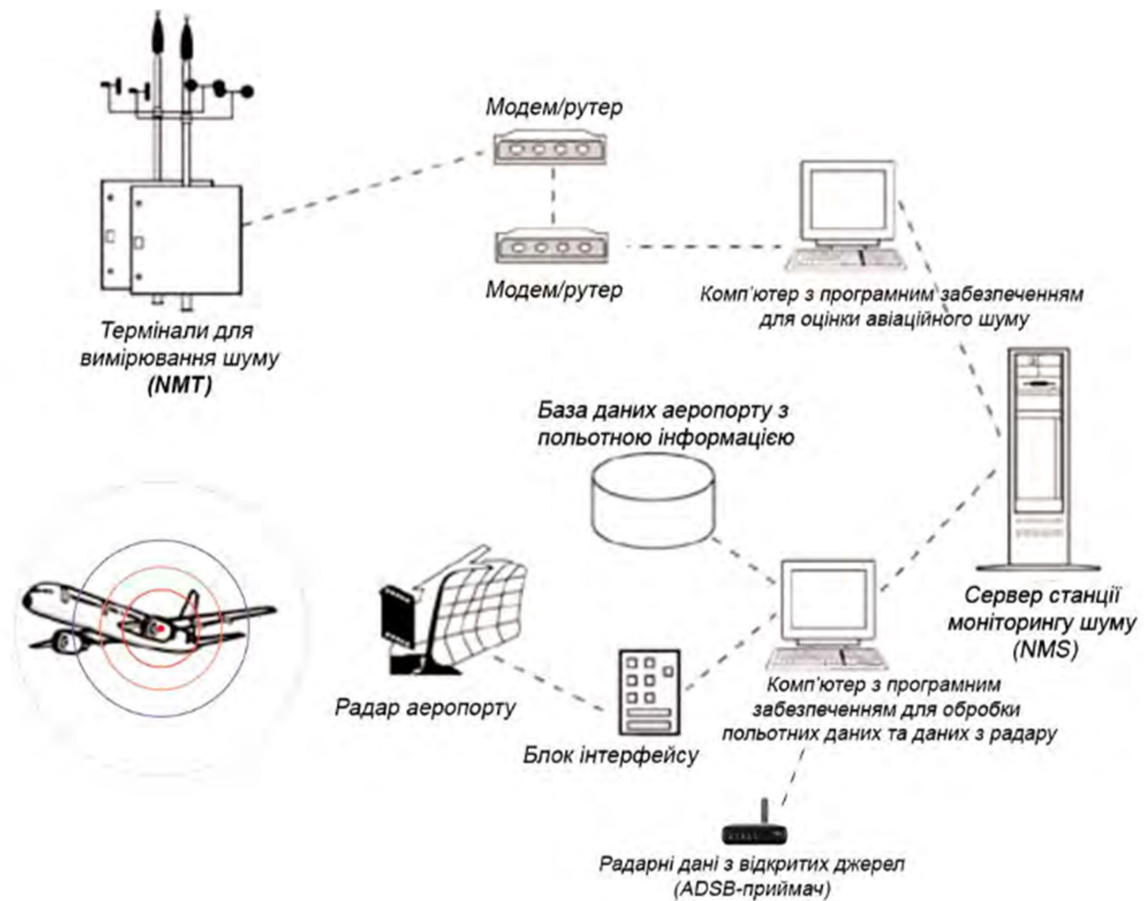


Рис. 1.1. Схематичний рисунок системи спостереження за авіаційним шумом [2]

## 1.2. Вимоги нормативних документів щодо регулювання шуму

Аеропорти та авіаційні підприємства відносяться до переліку основних джерел зовнішнього техногенного шуму. Окрім цього, також є потоки транспорту, промислові та комунально-складські підприємства, трансформаторні і газорозподільні підстанції, насосні і компресорні станції тощо. У будівельних нормах ДБН В.1.1-31:2013 наведені положення, спрямовані на забезпечення основної вимоги "Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд" стосовно захисту від шуму. Кількісну оцінку шумового режиму треба здійснювати на підставі даних інструментальних вимірювань для об'єктів, що експлуатуються, і за результатами акустичного розрахунку для об'єктів, що проектуються. Під шумом, як правило, розуміють усі неприємні та небажані звуки або їх сукупність, які заважають нормально працювати або відпочивати. Шум докільця за походженням,

як правило, складається з механічного та аеродинамічного шуму. Основними джерелами шуму на стадії будівництва аеродрому є автотранспорт та будівельна техніка, а на стадії експлуатації – літаки та гелікоптери. Проектування захисту від шуму об'єктів цивільного будівництва передбачає:

1. Визначення джерел шуму, їх шумових характеристик для об'єкта, що проектується (або підлягає реконструкції), та наявних зовнішніх джерел шуму, що впливають на об'єкт проектування. Шумові характеристики інженерного обладнання об'єкта приймають за даними технічної документації на відповідне устаткування.

2. Розрахунок очікуваних рівнів шуму, створюваного джерелами об'єкта на прилеглий території (біля фасадів і в приміщеннях житлових і громадських будинків з нормованими рівнями шуму та вібрації, на майданчиках відпочинку, територіях шкіл, дитсадків тощо);

3. Розрахунок очікуваних рівнів шуму в приміщеннях і на території об'єкта, що проектується, від власних і наявних зовнішніх джерел шуму;

4. Визначення необхідного зниження рівнів звуку шуму для кожного із джерел об'єкта, які впливають на власні приміщення і на прилеглу територію, та необхідного зниження рівнів шуму зовнішніх джерел на об'єкті, що проектується;

5. Розроблення комплексу будівельно-акустичних заходів із забезпечення нормативного шумового режиму в приміщеннях об'єкта будівництва, що створюється власними і зовнішніми джерелами шуму, та нормативного шумового режиму на прилеглий території, що створюється джерелами шуму об'єкта, який проектується;

6. Надання оцінки звукоізоляції внутрішніх і зовнішніх огорожувальних конструкцій з нормованою звукоізоляцією та розроблення, конструктивних рішень щодо їх приведення у відповідність із встановленими вимогами. Акустичний розрахунок, розрахунок звукоізоляції огорожувальних конструкцій будинків, визначення шумових характеристик транспортних потоків, розрахунок ефективності будівельно-акустичних засобів, застосовуваних при проектуванні захисту від шуму,

слід виконувати згідно з: ДСТУ-Н Б В.1.1-32, ДСТУ-Н Б В.1.1-33, ДСТУ-Н Б В.1.1-34, ДСТУ-Н Б В.1.1-35 [24, 25, 26, 27].

- ДСТУ-Н Б В.1.1-32 «Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування», в якому наведено методи розрахунку зниження рівнів шуму в приміщеннях із джерелами шуму при застосуванні звукопоглинальних конструкцій і акустичних екранів, методи розрахунку акустичної ефективності екранів та необхідної площі звукопоглинального облицювання, вимоги щодо вибору і розміщення вказаних засобів зниження шуму для забезпечення найбільш ефективного їх застосування;

- ДСТУ-Н Б В.1.1-33 «Настанова з розрахунку та проектування захисту від ДБН В.1.1-31:2013 шуму сельбищних територій» спрямований на реалізацію положень ДБН В.1.1-31 і відповідно до Закону України «Про будівельні норми» є обов'язковим до застосування, в якому наведено методи розрахунку шумових характеристик потоків будь-якого транспорту, в тому числі авіаційного транспорту та внутрішньоквартальних локальних джерел шуму, методи розрахунку очікуваних рівнів шуму від АШ на території житлової забудови і необхідного його зниження, методи визначення акустичної ефективності засобів захисту від транспортного шуму.

- ДСТУ-Н Б В.1.1-34 «Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків», в якому наведено методи розрахунку ізоляції повітряного шуму внутрішніми і зовнішніми огорожувальними конструкціями, ізоляції ударного шуму міжповерховими перекриттями, методи розрахунку необхідної звукоізоляції та рекомендації щодо проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій;

- ДСТУ-Н Б В.1.1-35 «Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях», в якому наведено методи розрахунку очікуваних рівнів шуму в розрахункових точках приміщень у будинках різного призначення, на територіях промислових підприємств, сельбищних і ландшафтно-рекреаційних територіях від стаціонарних джерел шуму та методи визначення необхідного зниження рівнів шуму в розрахункових точках до допустимих величин для кожного із джерел при їх

комплексній дії. Акустичний розрахунок передбачає визначення очікуваних рівнів шуму, створюваного внутрішніми і зовнішніми джерелами шуму в приміщеннях і на територіях, надання їм оцінки щодо відповідності санітарним нормам та визначення величин необхідного зниження рівнів шуму джерел - вихідних даних для проектування заходів із захисту від шуму. Відповідно до наказу від 22.02.2019 №463 «Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови» на території, що безпосередньо прилягає до житлових будинків, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек рівень гучності складає [2]:

Таблиця 1.1

Рівень гучності згідно з нормативними документами

<i>LA</i> допустимі в день	55 дБА
<i>LA</i> допустимі вночі	45 дБА

### **1.3. Аналіз «Авіаційних правил України» для подальшого використання**

Згідно з [3] Авіаційними правилами України «Вимоги до експлуатанта аеродрому щодо просторового зонування території навколо аеропорту з умов впливу авіаційного шуму», Наказ №381 від 26.03.2019р., все що викладено в них поширюється на експлуатантів аеродромів. Авіаційні правила встановлюють просторове зонування території навколо аеропортів з урахуванням умов впливу авіаційного шуму, побудови карт шуму та умови визначення показників АШ в аеропорту та на території поблизу нього під час зльоту, польоту, посадки ПС, запуску та випробування авіаційних двигунів. Завдяки Авіаційним правилам визначаються шумозахисні заходи, спрямовані на зменшення та запобігання шкідливому впливу шуму в аеропорті та на території біля аеропорту, де мешкає населення.

Терміни, які були узяті як база для написання роботи:

**Авіаційний шум (АШ)** – шум, що утворюється повітряним судном (ПС) та його елементами щодо впливу на навколишнє природне середовище (НПС) та кваліфікується як шкідливий чинник.

**Збалансований підхід до управління шумом** – це підхід до управління шумом, до складу якого входить ідентифікація проблем шуму на аеродромній території та наступний аналіз різноманітних заходів щодо зменшення шуму, а саме:

1. Технічне зниження шуму від ПС;
2. Просторове зонування території навколо аеропорту з урахуванням умов АШ та інших несприятливих екологічних факторів;
3. Відповідне її планування і забудову;
4. Запровадження експлуатаційних заходів під час зльоту і посадки ПС, відповідну організацію повітряного руху з метою зменшення впливу АШ та інших несприятливих екологічних факторів.

**Еквівалентний рівень шуму** – одиниця виміру тривалого звуку. Рівень гіпотетично стабільного звуку, що протягом певного періоду часу містить в цілому ту ж енергію, що й фактично змінний звук.

**Карта шуму** – топографічна карта розміщення аеропорту (аеродрому) з нанесеними на неї злітними смугами, маршрутами польотів, контурами шуму та визначеними в межах даних контурів зонами обмеження житлової забудови.

**Максимальний рівень шуму ( $L_{Амакс}$ , дБА)** – максимальне значення рівня шуму протягом загального часу випромінювання шуму акустичним джерелом;

**Рівень шуму** – сумарний середньоквадратичний рівень шуму  $L_A(t)$  для моменту часу  $t$ ;

**Шумове навантаження** – доза шуму за час спостереження.

Критеріями для оцінки загального стану шумового забруднення в аеропорту та на території поблизу нього є еквівалентний рівень АШ  $L_{Аекв}$ , дБ та максимальний рівень шуму  $L_{Амакс}$ , дБ.

$L_{Аекв}$  та  $L_{Амакс}$  рівні АШ визначаються для встановлених інтервалів спостереження:



Період доби	Діапазон часу	Кількість годин
денний	з 07.00 до 23.00	16
нічний	з 23.00 до 07.00	8

$L_{Аекв}$  використовується для визначення межі зони впливу АШ в аеропорту та на території поблизу нього.

Еквівалентний рівень АШ знаходять наступним чином:

$$L_{Аекв} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L(t)} dt \right\},$$

де  $t_0$  – встановлений інтервал часу, коли відбувається моніторинг за АШ;

$L$  – рівень шуму, який скоригований по частотній шкалі «А» стандартного шумоміру.

Значення максимального рівня авіаційного шуму  $L_{Амакс}$  використовується для визначення переліку, направленості та пріоритетності шумозахисних заходів.

Значення  $L_{Амакс}$  розраховується окремо для кожної із зон впливу АШ і використовується для оцінки рівня шуму, як на відкритій території, так і всередині будинків, будівель і споруд.

Допустимі значення нормативних критеріїв шкідливого впливу АШ, зони, які визначають придатність території навколо аеропорту до забудови за акустичними умовами при польотах літаків, визначаються відповідними державними будівельними та санітарними нормами.

Для зниження шкідливого впливу АШ використовуються заходи та засоби від шуму, які є елементами збалансованого підходу і розподіляються на:

1. Організаційно-адміністративні;
2. Експлуатаційні;
3. Акустичні:
  - використання акустичних екранів та смуг зелених насаджень «Зелена стіна»;
  - використання стаціонарних аеродромних поглиначів шуму;

- використання дефлекторів для струменів вихлопних газів авіаційних двигунів;
- використання звукопоглинальних облицювань на аеродромних об'єктах.

#### 4. Архітектурно-планувальні:

- раціональне акустичне рішення щодо планування забудови та генеральних планів забудови навколо аеропортів;
- раціональне акустичне планування зон та режимів руху транспортних засобів на приаеродромній території;
- створення зон захисту від шуму, у тому числі і зелених;
- додержання вимог будівельних норм, звукоізоляції та звуковідбиття приміщень забудови на території аеропорту та поблизу нього [3].

### 1.4. Захист від шуму та вібрації

Боротьба з підвищенням рівнем шуму - це складна комплексна проблема. Джерела шуму дуже різноманітні і немає єдиного способу, методу боротьби з ними. Проте акустична наука може запропонувати ефективні засоби боротьби з шумом. Загальні шляхи боротьби з шумом зводяться до законодавчих, будівельно-планувальних, організаційних, техніко-технологічних, конструкторських і профілактичних заходів. Перевагу слід віддати заходам на стадії проектування, а не коли шум вже відчутно.

Санітарні норми і правила встановлюють:

1) гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях у приміщеннях і на території виробничих підприємств, аеропортів та у помешканні, що створюють шум, і на кордоні їх територій;

2) основні заходи щодо зменшення рівнів шумів і попередження впливу шуму на людину. Діють і створюються відповідні стандарти. Не дотримання їх переслідується за законом. І хоча в даний час не завжди вдається домогтися ефективних результатів у боротьбі з шумом, все ж кроки в цьому напрямку робляться. Створюють спеціальні шумопоглинаючі підвісні стелі, зібрані з

перфорованих плит, встановлюються глушники на пневматичних пристроях і пристосуваннях. стала впливати на ефективність роботи. Створюються шумові карти. Саме вони дають детальну характеристику шумової обстановки на території аеропорту та в населених пунктах біля аеропортів [4].

Зниженню шуму, який створюється на робочих місцях та у помешканнях і проникає ззовні, досягається використанням таких методів:

- пониження шуму в самому джерелі;
- пониження шуму на шляху його розповсюдження (наприклад, установка акустичних екранів різного дизайну та з різним обліцюванням);
- акустична обробка приміщень (наприклад, встановлення шумозахисного скла);
- ергономічне планування робочого місця;
- озелення помешкання або робочого місця спеціальними рослинами (алое, хлорофітум, фікус, драцена, герань тощо).

Пониження шуму в джерелі забезпечується, наприклад, застосуванням звукоізолюючих листових кожухів. Зменшити шум на шляху його розповсюдження допомагають спеціальні огорожі та акустичні екрани, які відбивають звуки [5].

Акустичний (шумозахисні) екран – перепона, яка встановлена на шляху між джерелом шуму і місцем знаходження робочих місць або житлових приміщень. Акустичний екран створює акустичну тінь. Акустичний екран є конструкцію з панелей шумового захисту встановлених у певній системі несучої конструкції з бетонних або сталевих стійок. Також дуже важливою є обліцювання акустичних екранів різними сучасними матеріалами. До обліцювання навіть використовують старі автопокришки.

За принципом дії розрізняють 3 основних типи екранів:

1. Поглинаючі
2. Відбиваючі
3. Комбіновані

Акустичні екрани встановлюють поблизу найрізноманітніших джерел шуму: на автомобільних дорогах, біля залізничних колій, близько будівельних

майданчиків, різних промислових джерел шуму (вентиляційних, компресорних, енергетичних установок тощо), а також біля аеропортів.

Шумозахисний екран може складатися з панелей як непрозорих поглинаючих металевих, алюмінієвих чи панелей по типу «Зелена стіна», так і з прозорих, що істотно змінює їх зовнішній вигляд, але впливає на ефективність.

Фундамент шумозахисного екрану, в залежності від технічних можливостей, умов ландшафту та вимог до екрану, може бути монолітним або стрічковим.

На сьогоднішній день в світі, для спорудження шумозахисних екранів використовують три основні типи панелей шумового захисту:

- Шумопоглинаючі панелі по типу "Зелена стіна";
- Металеві касетні шумозахисні панелі;
- Прозорі шумозахисні панелі, які відбивають звукові хвилі [6].



Рис 1.4.1 Приклад акустичного екрану [7]

Для зменшення загального шуму в приміщеннях проводиться їх акустична обробка, яка полягає в облицюванні стін і стель звукопоглинальними матеріалами (дервиною, волокнистими плитами, акустичною мінеральною (базальтовою) ватою, капроновим волокном та ін.).

Зменшення шуму в приміщеннях досягається використанням об'ємних поглиначів звуку, які підвішуються до стелі.

В зоні аеропорту та біля нього передбачаються архітектурно-планувальні методи захисту від шуму, які включають раціональне розміщення технологічного обладнання на робочих місцях.

Організовуючи роботи, необхідно орієнтуватися на застосування малошумних машин і технологічних процесів. Під настільні апарати, машини і механізми, які шумлять, необхідно підкладати м'які килимки з синтетичних тканин, під ніжки столів – прокладки з м'якої гуми чи войлоку товщиною 6-8 мм.

Знижує шум своєчасне і правильне регулювання, змащування чи заміна металевих вузлів різних апаратів, машин і механізмів.

Вібробезпечні умови праці забезпечуються:

- зменшення вібрації в джерелі виникнення;
- відходом від режиму резонансу;
- вібродемпфуванням;
- динамічним гасінням коливань віброізоляцією.

Найрозповсюдженішими інженерними методами захисту від вібрації є віброгасіння та вібродемпфування. Вібруючі машини (вентилятори, насоси, агрегати) встановлюються на окремих фундаментах. Між фундаментами під устаткуванням і стінами будівель повинні бути розриви. Джерела коливань ізолюють від опорних поверхонь гумовими, пружинними чи комбінованими віброізоляторами. Вентилятори приєднують до повітроводів за допомогою гнучких вставок.

Обмеження часу дії вібрації на робітників забезпечується регламентованими перервами впродовж робочої зміни для активного відпочинку і лікувально-профілактичних заходів [5].

На рівень шуму літаків впливає тип ПС, який обумовлений в першу чергу типом його двигуна, а також режим пілотування (зліт, приземлення, максимальна тяга). Від типу ПС залежить більшість параметрів емісії шуму, траєкторія польоту, бокове направлення звуку, що обумовлено місцем знаходження двигунів тощо.

При отриманні даних о типах ПС, які найбільш часто вносять шумове забруднення на помешкання населення, яке знаходиться біля аеропорту, а також інформації про шум на селітебній території з'являється можливість звернути увагу на дані типи літаків та відразу виявляють проблеми завдяки яким відбувається

перевищення шуму на селітебних територіях, а також прийняття запобіжних заходів щодо їх зниження [1].

### **1.5. Лікувально-профілактичні заходи для населення та працюючих в зоні аеропортів**

Два рази на рік, навесні та восени населенню, що мешкає біля аеропортів та робітникам аеропорту рекомендовано вживати курс вітамінів, макро- та мікроелементів для захисту перш за все центральної нервової системи (ЦНС). Це важливо тому, що нервові клітини дуже повільно відновлюються у організмі. А підвищений рівень гучності при постійній дії впливає саме на нервові клітини та імунітет. Для захисту ЦНС потрібні наступні вітаміни: вітаміни групи В (В1,В2, РР(В3), В6, В12) та вітамін С.

Вітаміни групи В мають важливе значення для нервової системи. Ефективне функціонування ЦНС певною мірою залежить від адекватного та постійного надходження необхідних речовин. У ряді наукових джерел описано та підтверджено вплив дефіциту вітамінів групи В на неврологічні та психологічні функції. Фолієва кислота, кобаламін та піридоксин відносяться до водорозчинних вітамінів групи В, які беруть участь у різних найважливіших метаболічних процесах у головному мозку. У результатах деяких досліджень зазначається, що, можливо, вітаміни В1, В6 і В12 відіграють синергетичну біохімічну роль у нервовій системі і не можуть бути взаємозамінними.

Вітаміни групи В відіграють важливу роль у зростанні, розвитку та інших функціях організму. Харчові джерела вітаміну В є як рослинного, так і тваринного походження. Дефіцит вітамінів може призвести до виникнення різних захворювань та зниження працездатності. Неврологічні симптоми виявляються у вигляді оніміння та поколювання в руках і ногах, появи труднощів при ходьбі, погіршенні пам'яті, дезорієнтації, змін настрою. При оптимальному правильному харчуванні, необхідна кількість поживних речовин буде потрапляти з раціоном. А при роботі або при проживанні на території з підвищеними рівнями

шуму, є доцільною додаткова вітамінізація два рази на рік (навесні та восени) вітамінами групи В та вітаміном С для підтримання нервової системи та взагалі організму вцілому [8].

Загалом існує вісім вітамінів групи В. Кожен із них має свою рекомендовану норму споживання, джерела, функції та симптоми дефіциту.

Наприклад:

**Тіамін (вітамін В1)** допомагає виробляти енергію. Він потрібен організму для росту, розвитку та роботи усіх клітин. Більшість людей отримують достатньо тіаміну з їжею. Серед його джерел: квасоля, зелений горошок, свинина, риба, соняшникове насіння, йогурти, цвітна капуста, яйця, картопля.

Легкий та помірний дефіцит, який може бути від дії авіаційного шуму, може проявлятися втратою ваги, погіршенням пам'яті, м'язовою слабкістю, ураженням периферичної нервової системи та зниженим імунітетом. Але все це може бути лише при тривалій дії на людину.

**Рибофлавін (вітамін В2)** сприяє розщепленню білків, жирів і вуглеводів. Тому відіграє важливу роль у підтримці енергії. Він позитивно впливає на здоров'я очей, печінки, слизової оболонки в травному тракті та сприяє виробленню гормонів наднирковими залозами. Припускають, що рибофлавін зменшує окислювальний стрес і запалення нервів – причини головного болю під час мігрені. Серед його джерел: молоко, сир, яйця, нежирна яловичина та свинина, куряча грудка, лосось, мигдаль, шпинат.

**Ніацин (вітамін В3).** У продуктах та добавках ніацин є у двох формах: нікотинова кислота та нікотинамід. Допомагає перетворювати поживні речовини на енергію та створювати і відновлювати ДНК. Він також має антиоксидантну дію. Серед розповсюджених ознак дефіциту є депресія, головний біль, втома, погіршення пам'яті, галюцинації, порушенням нервової системи. Серед його джерел: яловичина, яловича печінка, свинина, м'ясо птиці, риба, горіхи, бобові, банани.

**Піридоксин (вітамін В6).** Цей вітамін важливий для обміну білків, жирів і вуглеводів, а також для створення еритроцитів і нейромедіаторів.

Відіграє важливу роль у регуляції настрою. Адже необхідний для створення нейромедіаторів, які регулюють емоції. Окрім цього, бере участь у зниженні високих рівнів гомоцистеїну в крові. Ця амінокислота пов'язана з депресією. Також корисний для здоров'я мозку, нервової та імунної систем [9].

Серед його джерел: цілісне зерно, фундук, волоські горіхи, червоний перець, сардини і скумбрія. Також він міститься в фруктових соках і сухофруктах [10].

**Кобаламін (вітамін B12).** Цей вітамін необхідний для утворення еритроцитів і ДНК. Він також відіграє ключову роль у функціонуванні та розвитку мозку та нервових клітин. Симптоми дефіциту: втома та слабкість, пошкодження нервів з онімінням, поколюванням в руках і ногах, втрата пам'яті, сплутаність свідомості, депресія, судоми [9].

Вітамін B12 присутній тільки в продуктах тваринного походження. Його відносно високі рівні знаходяться в молоці та молочних продуктах, а також яйцях, рибі, морепродуктах і м'ясі птиці.

### ***Вітамін С***

Найкращими джерелами вітаміну С є різні види овочів і фруктів, а також фруктові соки. У соку обліпихи, перцю, чорної смородини і петрушки особливо високий вміст. Лимони, апельсини, лайм, ківі, картопля, капуста, цибуля, шипшина, шпинат і помідори теж забезпечують гарний внесок [10].

Якщо потрібно додатково приймати вітаміни, то слід приймати, наприклад, аптечні препарати: Мільгама, Нейрорубін, Неуробекс, Вітамін С Ацерола тощо.



## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ВІД ШУМУ. ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНІВ ШУМУ

#### 2.1. Методи та засоби захисту від шуму

Для боротьби з шумом застосовують методи і засоби колективного та індивідуального захисту. Згідно з ДБН В.1.1-31:2013 [11] «Захист територій, будинків і споруд від шуму» на підприємствах, в першу чергу, необхідно застосувати засоби колективного захисту.



Рис. 2.1.1. Засоби та заходи, що зменшують шум [12]

Методи колективного захисту поділяють на:

1. **Архітектурно-планувальні**, які зводяться до раціонального розміщення об'єктів, що генерують шум. Так, виробництва з рівнями звукового тиску більше 90 дБ мають розміщуватися в ізольованих будівлях або приміщеннях. Для ізоляції фундаментів таких будівель використовуються акустичні розриви, що тягнуться по всьому периметру будівель. Шумні місця відокремлюються зоною озеленення.

2. До **організаційних методів** відносяться наступні:

- раціональне розміщення об'єктів та обладнання;
- планування часу роботи або знаходження з високим рівнем гучності таким чином, щоб в цей час біля нього було найменше людей.

3. **Інженерно-технічні методи** захисту від шуму зводяться до наступних:

- зменшення шуму в джерелі виникнення, що досягається за допомогою заміни, наприклад, металевих деталей на пластмасові;
- своєчасне технічне обслуговування обладнання (змащування деталей, застосування прокладок тощо);
- застосування дистанційного керування гучними установками, методів автоматичного контролю.

4. Серед **акустичних методів** захисту найбільш поширеними є:

- застосування **звукоізоляції** у вигляді кожухів, спеціальних екранів, огорож.
- застосування **демпфування** – покриття поверхні, яка випромінює звук, матеріалами з великим внутрішнім тертям (мастики, пластик, повсть тощо);
- застосування **звукопоглинання**: стіни, підлога, стеля приміщення облицьовуються звукопоглинальними матеріалами, які поглинають значну частину звукової енергії і запобігають відбиттю звукових хвиль.
- створення **“антизвуку”** – рівного за величиною і протилежного за фазою звуку (створюється за допомогою мікрофону та динаміків), в результаті інтерференції звуку створюються зони тиші;
- **застосування глушників** шуму для захисту від аеродинамічного шуму (джерела – вентиляційні установки, пневмотранспорт, компресори, газотурбінні установки, пневматичні машини тощо).

Якщо методами колективного захисту неможливо зменшити рівень шуму до допустимого значення потрібно використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які зменшують рівень шуму на 6-38 дБ. ЗІЗ поділяються на:

- **протишумові навушники**, які закривають вушну раковину зовні і захищають від 90-100дБ;
- **протишумові вкладки**, що закривають слуховий прохід, у вигляді м'яких вкладок із ультратонкого волокна або спіненого поліуретану, так звані «беруші», що значить «бережіть уші», пастоподібних і твердих еластичних матеріалів (гума, ебоніт) – додаток А;

– шоломи, каски, шлемофони, які закривають всю голову, щоб не було струсу мозку та вібрації кісток черепа. Ефективно використовувати на рівнях гучності 120 і більше дБ;

– протишумові костюми (взуття, пояса тощо).

– комплексний захист (коли використовують відразу і вкладки, і протишумові навушники, шлемофони та костюми). Наприклад, коли запускають на досліджуваном стенді авіаційні двигуни з рівнем гучності біля 160дБ.

## 2.2. Звукопоглинання та звукоізоляція

**Звукопоглинання** – зниження енергії відбитої звукової хвилі при взаємодії з перешкодою, наприклад зі стіною, перегородкою, підлогою, стелею. Здійснюється шляхом розсіювання енергії, її переходу в тепло, збудження вібрацій.

Звукопоглинальна здатність матеріалу характеризується коефіцієнтом звукопоглинання:

$$\alpha = E_{\text{погл}}/E_{\text{впал.}}, \quad (2.2.1)$$

де  $E_{\text{погл}}$  – енергія звукової хвилі, яка поглинається матеріалом, Вт;

$E_{\text{впал.}}$  – енергія звукової хвилі, що впадає на перепону або огорожу, Вт.

Коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha$  залежить від декількох чинників, а саме: частоти звукових хвиль, типу матеріалу і товщини поглинаючого шару. Звукопоглинальні властивості оцінюють за середнім показником в частотному діапазоні від 250 до 4000Гц – середнім ревербераційним коефіцієнтом звукопоглинання  $\alpha_w$ . Цей коефіцієнт може знаходитись в діапазоні від 0 до 1. Краще, щоб було ближче до 1, тому що це показник найкращого звукопоглинання. Звукопоглинальними матеріалами вважаються вироби, у яких  $\alpha_w > 0,2$ .

Звукопоглинальні матеріали розміщують на стелі та на стіні таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала 60% та більше від усієї загальної площі поверхонь. Ефективність застосування акустичної обробки приміщень мала. Загально складає до 8 дБ, але рівень гучності звуку зменшується до 2 разів.

**Звукоізоляція** – це зниження рівня звукового тиску при проходженні хвилі крізь перешкоду.

В основу методу звукоізоляції покладений принцип відбиття звуку. Більша частина звукової енергії  $I$ , що падає на перепону, відбивається і лише мала частка проникає через перепону.

За призначенням будівельні матеріали і вироби, що застосовуються в будівельних конструкціях житлових, офісних і виробничих приміщень для захисту від шуму класифікують на:

– звукопоглинальні матеріали і вироби, що призначаються для застосування в звукопоглинальних конструкціях з метою зниження рівня звукового тиску в приміщеннях (повсть, мінеральна вата, поролон, найбільш ефективним є акустичне мінеральне (або базальтове) волокно);

– звукоізоляційні матеріали і вироби, що призначаються для застосування як прошарки у багатошарових конструкціях з метою поліпшення ізоляції звуку.

Іншими словами, звукопоглинальні матеріали і конструкції призначені для поглинання падаючого на них звуку, а звукоізоляційні – для ослаблення звукових хвиль, що передаються через конструкції будинку з одного приміщення в інше.

Звукопоглинальні і звукоізоляційні будівельні матеріали і вироби, класифікують за наступними основними ознаками:

*1) за формою:*

– у вигляді геометричних фігур (куб, ромб, піраміда тощо);

– штучні (блоки, плити);

– рулонні (у вигляді матів, смугових прокладок, полотна);

– м'які або сипучі (акустична мінеральна вата, керамзит, пористі заповнювачі).

*2) за структурними ознаками:*

– пористо-волокнисті (з мінеральної і скляної вати);

– пористо-комірчасті (з комірчастого бетону і перліту);

– пористо-губчаті (пінопласти, гуми).

3) за пожежобезпечністю (переваги надаються сучасним матеріалам з великим опіром).

Звукопоглинальні і звукоізоляційні матеріали і вироби повинні задовольняти важливим вимогам:

– мати стабільні фізико-технічні й акустичні показники протягом усього терміну експлуатації;

– бути вологостійкими;

– в ідеалі не забруднювати навколишнє середовище шкідливими речовинами.

А якщо це не можливо, принаймі не перевищувати гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у атмосферне повітря [13].

Звукопоглиначі виготовляються з перфорованих листів твердого картону, пластмаси чи металу, які зі середини покриті звукопоглинальним матеріалом [12].

Архітектурно-планувальні заходи щодо захисту від шуму передбачаються при проектуванні, реконструкції та експлуатації аеропортів. В Звіті з оцінки рівнів впливу техногенних чинників на навколишнє природне середовище за об'єктом: «Будівництво аеродрому Міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ» це дуже добре прописано.

Вони дозволяють зменшити вплив шумів на працівників нешумних виробництв та мешканців житлових масивів, що розташовані поруч з підприємством.

Для зменшення шкідливого впливу авіаційного шуму на працівників аеропортів застосовують звукоізоляцію, звукопоглинання, віброізоляцію, вібропоглинання, а також глушники шуму.

Звукоізоляція є ефективним засобом зменшення рівня шуму саме на шляху його поширення, що реалізується шляхом встановлення звукоізоляційних перепон (листових кожухів, акустичних екранів). Принцип звукоізоляції базується на тому, що більша частина звукової енергії, яка потрапляє на перепону, відбивається, і а незначна її частина проходить крізь неї.

Метод акустичного екранування застосовується тоді, коли інші методи не дають ефекту або недоцільні з техніко-економічної точки зору. Акустичний екран встановлюється між джерелом шуму та робочим місцем людини і представляє собою перепону на шляху поширення прямого шуму, за якою виникає звукова тінь (рис. 2.2.1.). Найбільш поширеними для виготовлення екранів є сталеві або алюмінієві листи товщиною 1-3 мм, які покриваються з боку джерела шуму

звукопоглинальним матеріалом (частіше пористим). Інколи використовують навіть старі перероблені автопокришки для облицювання акустичних екранів, як поглиначі шуму. (рис. 2.2.2.).

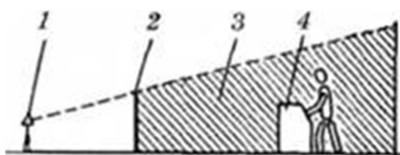


Рис. 2.2.1. Приклад акустичного екрану і захист людини

1 - джерело шуму; 2 – акустичний екран; 3 - звукова тінь; 4 -робоче місце

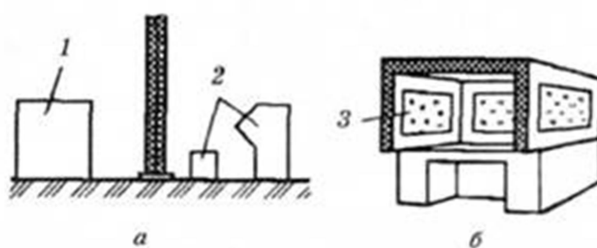


Рис. 2.2.2. Акустичні екрани, приклади: а - плоский; б - об'ємний; 1 - джерело шуму; 2 - робоче місце; 3 - оглядове вікно

Рівень шуму у виробничому приміщенні залежить не лише від прямого, але й відбитого звуку. Якщо на робочому місці, на яке впливають значні рівні шуму, невдається знизити енергію прямого звуку, то необхідно зменшити енергію звукових хвиль, які відбиваються від внутрішніх поверхонь приміщення. Для цього потрібно проводити акустичне оброблення стін та стелі приміщень за допомогою звукопоглинального облицювання (рис. 2.2.3.).

Для того, щоб було відчутно ефект, звукопоглинальний матеріал повинен мати пористу структуру [12].

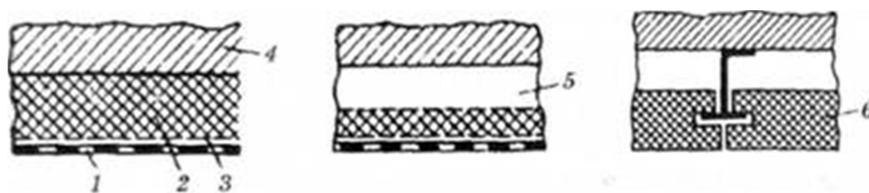


Рис. 2.2.3. Види звукопоглинальної обробки: 1 - захисний шар з перфорацією; 2 - звукопоглинальний матеріал; 3 - захисна склотканина; 4 - стіна чи стеля; 5 – шар повітря; 6 - плита з шумопоглинального матеріалу [12]

Акустичний (шумозахисні) екран - перепона встановлена на шляху між джерелом шуму і місцем знаходження робочих місць або житлових приміщень, що створює акустичні тіні. Акустичний екран являє собою конструкцію з панелей акустичного захисту встановлених у певній системі несучої конструкції з бетонних або сталевих стійок. Також дуже важливою є обліцювання акустичних екранів різними сучасними матеріалами.

За принципом дії розрізняють 3 основних типи екранів:

1. Поглинаючі
2. Відбиваючі
3. Комбіновані

За принципом дії розрізняють 3 основних типи екранів:

1. Поглинаючі
2. Відбиваючі
3. Комбіновані

Акустичні екрани встановлюють поблизу найрізноманітніших джерел шуму: на автомобільних дорогах, біля залізничних колій, близько будівельних майданчиків, різних промислових джерел шуму (вентиляційних, компресорних, енергетичних установок тощо), а також біля аеропортів.

Шумозахисний екран може складатися з панелей як непрозорих поглинаючих металевих, алюмінієвих чи панелей по типу «Зелена стіна», так і з прозорих, що істотно змінює їх зовнішній вигляд, але впливає на ефективність.

Фундамент шумозахисного екрану, в залежності від технічних можливостей, умов ландшафту та вимог до екрану, може бути монолітним або стрічковим.

На сьогоднішній день в світі, для спорудження шумозахисних екранів використовують три основні типи панелей шумового захисту:

- Шумопоглинаючі панелі по типу "Зелена стіна";
- Металеві касетні шумозахисні панелі;
- Прозорі шумозахисні панелі, які відбивають звукові хвилі [14].

### **2.2.1. Сучасні звукоізоляційні матеріали**

1. Середньо-високочастотні поглинаючі матеріали – це пористі плити, які виготовляють з пористих матеріалів, волокнисті плити, які виготовляються з акустичної мінеральної вати на основі базальтових порід, скловати, синтетичних волокон). Коефіцієнт звукопоглинання складає 4-1 в діапазонах середніх та високих частот (500 Гц — 4 кГц).
2. Низькочастотні матеріали, які добре поглинають звуки. Нариклад, панелі з перфорацією, конструкції з пористих, волокнистих та тканинних екранів та повітряного шару. Коефіцієнт звукопоглинання складає 0,3-1 в діапазоні низьких частот (63-500 Гц).
3. Звукопоглинальні матеріали в широкому діапазоні – це багатошарові резонансні конструкції, які складаються з паралельних екранів з різним ступенем перфорації і повітряних шарів, перфоровані та пористі конструкції [15].

### **2.1.3. Звукоізоляційні вікна з пластику**

Склопакет - основна частина вікна. Займає приблизно 80-90% площі, яка відповідає за захист від шуму. Герметично встановлений в пластикову віконну раму склопакет, в залежності від типу конструкції, може знижувати звуковий тиск до 50-60 дБ.

Вікно, яке відчиняється, з точки зору звукоізоляції менше ефективно, так як через нещільності прилягання стулки до рами, захист від шуму знижується. Для досягнення кращих за своїми шумозахисними характеристикам вікон рекомендовано встановлювати максимально глухі віконні конструкції зі склопакетом в приміщеннях, де знаходяться робітники аеропортів та для населення, що мешкає поблизу аеропортів [16].

Частіше за все склопакети роблять із трьома листами скла по 4мм (двокамерні). Для покращення звукоізоляційних характеристик для людей, які тривалий час перебувають в зоні аеропортів, необхідно замінити стандартну комплектацію склопакетів на спеціальну:



- скло 6 мм (і вище) набагато ефективніше, ніж стандартне у 4мм;
- варто застосовувати у склопакетах листи зі скла різної товщини;
- скло триплекс (від слова «Triplex», що значить потрійний), коли два листи скла склеюють між собою полімерною плівкою або рідким полімером і саме це скло має найвищі показники шумоізоляції [17].

## **2.2. Теоретичні питання, необхідні для проведення розрахунку. Шум та його основні характеристики**

Звук — це коливальний рух частинок середовища, що поширюється у вигляді хвиль у газі, рідині чи твердому тілі. Звукові хвилі при певних умовах можуть бути прикладом коливального процесу [18]. Згідно з Методичними рекомендаціями з «Гігієнічної оцінки виробничого шуму» [19] - звукові коливання є прикладом поздовжніх пружних коливань, які розповсюджуються у повітрі з характерною швидкістю – швидкістю звуку, *c*. При поширенні пружних хвиль виникають механічні деформації розрядження стиску чи розтягу (гази, рідини, тверді тіла), що переносяться хвилею з однієї точки середовища в іншу. Пружна хвиля характеризується:

- амплітудою коливань,
- напрямком розповсюдження,
- частотою коливань,
- довжиною хвилі.

Шум - це сукупність звуків, що мають різну частоту та інтенсивність, які несприятливо впливають на організм людини та можуть знижувати працездатність при виконанні певних видів роботи.

Шум - звуки із частотно-безперервним спектром. На відміну від звуків з гармонійною структурою в слуховому сприйнятті шуму висотний і тембровий компоненти не диференціюються. До шумів відносяться гуркіт, цокіт, тріск, неголосні звуки мови, звуки музичних інструментів тощо.

Найбільш важливими параметрами шуму є:

- звуковий тиск;
- інтенсивність звуку,
- звукова потужність,
- частотний спектр.

Звуковий тиск ( $p$ ) - це різниця між миттєвим значенням повного тиску і статичним тиском у даній точці. Кількісною оцінкою звукового тиску є середньоквадратичне значення:

$$P_{ск} = \frac{1}{T} \sqrt{p^2(t)dt}, \quad (2.2.1)$$

де  $T$ - час вимірювання,

$p(t)$  – миттєве значення звукового тиску.

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

$$L = 10 \lg \frac{P_{ск}^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P_{ск}}{P_0} = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ} \quad (2.2.2)$$

де  $P$  - середньоквадратичне значення звукового тиску, Па;

$I$  – інтенсивність звуку, Вт/м<sup>2</sup>.

Децибел - одиниця рівня звукового тиску, записується як дБ.

Інтенсивність звуку ( $I$ ) - це фізична величина, яка характеризує швидкість потоку звукової в певній точці звукового поля;

Звукова потужність ( $N$ ) – це інтегральна характеристика шуму, який спричиняється джерелом.

Рівень звукової потужності - це відносна інтегральна характеристика звуку, який спричиняється джерелом та визначається за формулою:

$$L_p = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \text{ дБ} \quad (2.2.3)$$

де  $N$  - виміряна звукова потужність, Вт,

$N_0 = 10^{-12}$  Вт - гранична потужність.(методичка)

(Наприклад, для визначення шумових характеристик технологічного обладнання можна використовувати чотири методи:

1. Метод вільного звукового поля, який використовують в приміщеннях із великим звукопоглинанням чи у відкритому просторі;
2. Метод відбитого звукового поля, який застосовується в ревербераційних камерах або у приміщеннях із хорошим відбиттям звуку;
3. Метод зразкового джерела шуму, який використовується у звичайних приміщеннях та цехах;
4. Метод вимірювання шумових характеристик на відстані 1,0м від зовнішнього контуру машини, який застосовується у приміщеннях із великим звукопоглинанням або у відкритому просторі.

Метод визначення шумових характеристик обладнання, приладів або машин обов'язково вказано в технічній документації.

### **2.3. Прилади для вимірювання рівнів шуму**

Вимірювання шуму проводять з метою визначення рівня шуму на робочих місцях і для подальшого співставлення його з допустимими значеннями, а також для розробки і оцінки ефективності різних заходів, спрямованих на зниження шуму. Для вимірювання рівнів звукового тиску і рівнів звуку використовують таку апаратуру:

- Шумомір «Brüel & Kjaer», Данія;
- Шумомір ОКТАВА-110А;
- Шумомір типу Ш-71 з октавними фільтрами ОФ-5 і ОФ-6;
- Шумомір ВШВ-1;
- Шумомір RFT (Німеччина);
- Портативний шумомір Trotec BS06 [20, 21].

Всі прилади повинні бути перевірені в органах Держстандарту. До та після вимірювань проводять акустичну або електричну калібровку вимірювальних приладів. Різниця в калібровці не повинна перевищувати 1 дБ. Порядок

вимірювання рівнів звуку шумомірами та розрахунок еквівалентного рівня регламентується ДСН 3.3.6.037-99 [13].

Частотний спектр шуму - опис шуму в залежності амплітуди від частоти звукових коливань.

Частота звуку ( $f$ ) - кількість періодів звукових коливань за 1 секунду. Довжина звукової хвилі ( $\lambda$ , м) визначається співвідношенням:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (2.3.1)$$

де  $f$  - частота звуку, Гц;

$c$  - швидкість звуку, м/с;

$T_a$  - абсолютна температура атмосферного повітря,  $K^\circ$ .

Зона слухового сприйняття людини обмежена частотами  $f=20 \dots 20000$  Гц. Звук з частотою нижче 20 Гц називається інфразвуком, вище 20000 Гц - ультразвуком.

Параметрами постійного шуму на робочих місцях є рівні звукових тисків у октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

При орієнтовній оцінці параметрів постійного широкосмужного шуму на робочих місцях, що нормуються, дозволяється застосовувати рівень шуму в дБА, він вимірюється по шкалі «А» шумоміра. Наприклад, шумоміром ОКТАВА-110А, ВШВ або «Brüel & Kjaer». Параметрами непостійного шуму на робочих місцях, які нормуються, є інтегральний еквівалентний рівень та максимальний рівень шуму у дБА.

Рівень шуму ( $L_A$ ) - рівень звукового тиску, скорегований на сприйняття шуму людиною.

Вухо людини має різну ефективність сприйняття звуку низьких і високих частот. Тому, щоб описати шум, що містить широкий спектр звукових коливань, необхідно скорегувати ефекти сприйняття низьких та високих частот.

Еквівалентний рівень шуму ( $L_{Aек}$  - рівень постійного шуму, дія якого відповідає дії фактичного непостійного шуму за той же час.

Еквівалентний рівень шуму визначається за формулою:

$$L_{Aек} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left[ \frac{p_A(t)}{P_0} \right]^2 dt \right\}, \quad (2.3.2)$$

де  $p_A(t)$  - значення середньоквадратичного скорегованого звукового тиску за шкалою «А» шумоміру.

### **2.3.1. Відомості про шумоміри на прикладах портативного приладу Trotec BS06, «Brüel & Kjaer» та ОКТАВА-110А. Акустичні вимірювальні тракти**

Портативний сучасний шумомір Trotec BS06 використовується для вимірювання шуму в будь яких приміщеннях, як у побуті так і на робочих місцях інженерів, на виробництвах тощо. Прилад дуже компактний, тому може використовуватись у будь який час для вимірів рівня шуму на робочому місці інженера з охорони праці [22].

2. «Brüel & Kjaer» («Брюль і К'єр» – компанія, назва якої походить від прізвищ інженерів, які заснували фірму на початку сорокових років минулого століття.

«Brüel & Kjaer» - лідер на раинку акустичних та вібраційних аналітичних приладів. Компанія спеціалізується на розробці та виробництві вимірювальних та аналітичних систем і риладів, які вихначають характеристики вібрації та шуму. Перед проведенням досліджень, ци приладом вимірювання проводилось на кафедрі. Отримано навики роботи саме з приладом цієї компанії. Фото.....

Номенклатура виробів та послуг компанії «Brüel & Kjaer» налічує вже більше 1,5 тисяч найменувань приладів. Сюди можна віднести акустичні датчики, вібраційні датчики, універсальні портативні вимірювачі рівня гучності, вимірювальні системи, аналізатори, а також, що дуже важливо, пакети технічного обслуговування та спеціальні рішення.

Прилади фірми «Brüel & Kjaer» застосовуються в наступних областях:

- аерокосмічна промисловість;

- аналіз шумів в аеропортах;
- автомобільна промисловість;
- оборонна промисловість;
- захист навколишнього середовища та населення від шумів та вібрацій;
- телекомунікації.

В октавних смугах вимірювання шуму чи рівня шуму проводиться за допомогою ВШВ-1 (рис. 2.3.1.1) ВШВ – вимірювач шуму і вібрації та Ш-71 – шумомір з октавними фільтрами ОФ-5 і ОФ-6, які відповідають діючим вимогам Держстандарту України і мають посвідчення про перевірку та придатність до експлуатації.

Вимірювання еквівалентних рівнів шуму слід проводити шумоінтеграторами. Звичайний шумомір складається із мікрофону, підсилювача, фільтрів (корегувальних, октавних), та приладу, який віалізує результат.

4. Шумомір (ОКТАВА-110А) дозволяє вимірювати середньоквадратичні, еквівалентні, а також октавні та третьоктавні рівні звукового тиску Джерела шуму. Зовнішній вигляд шумоміру наведено на рис.2.3.1.1.



Рис. 2.3.1.1. Шумомір ОКТАВА-110А [19]

До вимірювального тракту приладів для вимірювання параметрів шуму входять:

- мікрофон - перетворює відповідні акустичні коливання на електричні,
- узгоджувальний підсилювач - узгоджує вихідний опір вимірювального перетворювача із вхідним опором попереднього підсилювача,
- попередній підсилювач - для збільшення напруги вхідного сигналу,
- вимірювальний підсилювач,
- спектрометр.
- реєстратор.

Мікрофон - це вимірювальний елемент, який працює перетворювачем звукових коливань в електричні сигнали. Для вимірювань шуму використовуються здебільшого конденсаторні мікрофони, що мають рівномірну частотну характеристику. Конденсаторний мікрофон є змінним електричним конденсатором,

одна з пластин якого є нерухомою, а інша являє собою тонку металеву плівку - мембрану, що натягнута на невеликій відстані від нерухомої пластини і електрично ізольована від неї. Звуковий тиск, який передається на мікрофон, перетворюється на переміщення мембрани, частота якого збігається з частотою звуку, а амплітуда пропорційна звуковому тиску. Сучасні мікрофони мають спеціалізацію у залежності від типу звукового поля. Вони мають рівномірну частотну характеристику у різних станах звукових полів.

### ***Алгоритм роботи приладу ОКТАВА-110А в режимі вимірювання шуму***

Порядок роботи приладу ОКТАВА-110А при вимірюванні шуму наступний:

1. Підготовка приладу до вимірювання;
2. Ввімкнення приладу;
3. Налаштування приладу;
4. Калібрування приладу, якщо це потрібно;
5. Вимірювання шуму від джерела;
6. Запис в пам'ять приладу шумоміра;
7. Вимкнення приладу [19].

### **2.3.2. Вимірювання звукових полів**

При вимірювання шуму безпосередньо в точці визначення, звукові поля класифікують за характером розповсюдження звукових хвиль та за відстанню від джерел звуку. Для вільного звукового поля характерне поширення звукових хвиль без відбивання. Ідеальні умови вільного поля можна створити на відкритому просторі. Умови вільного поля можна створити штучно в спеціальних камерах, де відбивання звукових хвиль від стін і стелі послабляються спеціальним облицюванням звукопоглинальними матеріалами. Для числової характеристики акустичних властивостей приміщення використовується акустична константа приміщення  $B$ :

$$B = \frac{S \times \alpha_{сер}}{1 - \alpha_{сер}} \quad (2.3.2.1)$$

де,  $S$  - загальна площа поверхонь, що відбивають звук у приміщенні ( $m^2$ ),



$\alpha_{сер}$  - середній коефіцієнт поглинання поверхонь приміщення. Вимірювання шуму проводиться на постійних робочих місцях, у приміщеннях, на території підприємств. У дипломній роботі було розглянуто місце роботи інженера з охорони праці, який працює в зоні аеропорту. Виміри проводились у приміщенні загальною площею 120м<sup>2</sup>. Вимірювання шуму в октавних смугах проводилось за допомогою шумоміра ОКТАВА-110А. Вимірювання рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску постійного шуму проводяться у кожній точці не менше трьох разів [19].

#### 2.4. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Нормування шуму визначає нормативно-правовий акт ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», затверджений постановою Головного державного санітарного лікаря України №37 від 01.12.1999р. Допустимі рівні звукового тиску, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці [19].

Таблиця 2.4.1

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах частот, Гц									L <sub>Аек</sub> , дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.Творча діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2.Високо-кваліфікована робота	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Робота з акустичними сигналами	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
4. Робота, що вимагає зосередження	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Всі інші види робіт, крім пп. 1-4	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

### РОЗДІЛ 3

## АКУСТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ІНЖЕНЕРА З ОХОРОНИ ПРАЦІ АЕРОПОРТУ

### 3.1. Проведення акустичних вимірів. Вимірювання спектральних характеристик джерел шуму на робочому місці інженера з охорони праці

Вимірювання рівня звукового тиску (РЗТ) джерела здійснюється в октавних смугах частот 63, 123, 250, 300, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Вимірювальний мікрофон встановлюється на висоті  $(1,5 \pm 0,1)$  м над рівнем підлоги або землі.

Мікрофон потрібно орієнтувати у напрямку максимального рівня шуму та на відстані не менше 0,5 м від оператора, який проводить вимірювання.

Порядок проведення вимірів:

- встановлення режиму роботи джерела шуму;
- вимірювання рівня звукового тиску джерела шуму;
- за даними експериментальних досліджень при написанні дипломної роботи, розраховуємо сумарний рівень звукового тиску  $L_{\Sigma}$  а також рівень звукового тиску  $L_A$ .

Результати вимірів та розрахунків занесено в таблицю.

Сумарний рівень звукового тиску вимірюється за наступною формулою:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=8} 10^{0,1L_i(f)}, \quad (3.1.1)$$

де -  $L_i(f)$  - рівні звукового тиску у  $i$ -й октавній смузі частот;

Рівень шуму вимірюється за формулою:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=8} 10^{0,1[L_i(f) - \Delta L_i(f)]}, \quad (3.1.2)$$

де  $\Delta L_i(f)$  – добавки, значення яких наведені у таблиці 3.1.1.

Поправка  $\Delta L_i(f)$  для розрахунку рівнів гучності від джерела шуму

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

### 3.2. Проведення акустичних вимірів на робочому місці інженера з охорони праці в зоні аеропорту. Вимірювання спектральних характеристик від джерела шуму

Вихідні дані, при яких проводились виміри:

- теплий період року (середньодобова температура повітря  $+10^\circ\text{C}$ ). Виміри проводились у кінці травня, на початку червня;
- були відсутні атмосферні опади;
- температура повітря під час виміру складала  $t^\circ\text{C} = 27$ ;
- атмосферний тиск за показником барометра анероїда складав:  $P = 765$  мм рт. ст. = 101 992 Па (102 кПа);
- відносна вологість 55% за показником психрометра;
- так як вимір проводився у приміщенні, швидкість руху повітря складала 0,13 м/с.

1. Результати вимірів октавних рівнів звукового тиску заносимо в табл. 3.2.1, де були допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот для висококваліфікованої роботи.

2. Сумарний рівень звукового тиску по формулі дорівнює:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=8} 10^{0,1L_i(f)} = 79,671 \text{ дБ}$$

3. Рівень шуму по формулі дорівнює:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=8} 10^{0,1[L_i(f) - \Delta L_i(f)]} = 62,371 \text{ дБ}$$

Таблиця 3.2.1

Результати вимірів РЗТ у октавних смугах частот

	Октавні частоти, Гц								$L_{\Sigma}$	$L_A$
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
$L_i(f)$	79	70	63	58	55	52	50	49	79,671	62,371

### **Висновки щодо перших замірів:**

Отже, для вимірних октавних рівнів звукового тиску сумарний рівень звукового тиску  $L_{\Sigma} = 79,671$  дБ, а рівень шуму  $L_A = 62,371$  дБ.

### **3.3. Визначення рівнів звукового тиску в розрахункових точках приміщення, де працює інженер з охорони праці**

Вихідні дані у точці замірів, у кабінеті інженера з охорони праці в зоні аеропорту були наступні (табл. 3.3.1):

Таблиця 3.3.1

Вихідні дані після замірів на робочому місці інженера

Розміри приміщення, м			Відстань від джерела шуму до робочого місця оператора, $r$ , м	Тип приміщення
Довжина	Ширина	Висота		
12	10	3,2	3,0	1

Тип приміщення в даному випадку обрано 1, так як приміщення з невеликою кількістю людей.

Октавні рівні звукового тиску (РЗТ) у дБ у розрахункових точках на робочих місцях приміщення визначаються у зоні прямого і відбитого звуку за формулою:

$$L = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi \Phi}{S} + \frac{4\psi}{B} \right) \quad (3.3.1)$$

де  $L_p$  - октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;

$\chi$  - коефіцієнт, що враховує вплив ближнього акустичного поля, який приймаються залежно від відстані до акустичного центру джерела і від габаритного максимального розміру джерела шуму;

$\Phi$  - фактор спрямованості джерела шуму (для джерела з рівномірним випромінюванням звуку  $\Phi = 1$ );

$S$  - площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що проходить через розрахункову точку. Наприклад,  $S = 4 \times \pi \times r^2$  для джерела шуму в просторі;  $S = 2 \times \pi \times r^2$  для джерела на підлозі.

$B$  - акустичні константи приміщення, яку в октавних смугах частот знаходять за формулою:

$$B = B_{1000} \times \mu, \quad (3.3.2)$$

де  $B_{1000}$  - акустична константа приміщення на середньгеометричній частоті 1000 Гц, визначається за даними таблиці 3.3.2 залежно від об'єму  $V$  приміщення.

Частотний коефіцієнт  $\mu$  визначається за даними таблиці 3.3.3.

Таблиця 3.3.2

Визначення акустичної константи приміщення  $B_{1000}$

Тип приміщення	Опис приміщення	$B_{1000}$
1	З невеликою кількістю людей (цехи, машинні зали, виробничі стенди)	$\frac{V}{20}$
2	З жорсткими меблями та великою кількістю людей (лабораторії, цехи, кабінети)	$\frac{V}{10}$
3	З великою кількістю людей та м'якими меблями (робочі приміщення, зали КБ, аудиторії навчальних закладів, торгові зали)	$\frac{V}{6}$
4	Приміщення зі звукопоглинаючою стелею та частково звукопоглинаючими стінами	$\frac{V}{1,5}$

Таблиця 3.3.3

Значення частотного коефіцієнту  $\mu$

Об'єм приміщення, $m^3$	Октавні смуги частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,76	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$200 < V < 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$1000 < V$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

1. Визначаємо коефіцієнт  $\chi$ .

Для цього визначають співвідношення  $r/l_{max}$ , де  $r$  - відстань між акустичним центром джерела шуму і розрахунковою точкою, а  $l_{max}$  - максимальний габаритний розмір джерела шуму,  $l_{max} = 2,0m$ .

$$r = 3,0; l_{max} = 2,0; r/l_{max} = 1,5; \chi = 1,5.$$

2. За формулою знаходимо площу розповсюдження звуку від джерела:

$$S = 2 \times \pi \times r^2 = 2 \times 3,14 \times 3,0^2 = 56,52 (m^2).$$

3. Визначаємо акустичні константи приміщення  $B$  за формулою.

Об'єм приміщення:  $V = 12 \times 10 \times 3,2 = 384 (m^3)$

Для типу приміщення 1 акустична константа приміщення  $B_{1000}$ :

$$B_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{384}{20} = 19,2.$$

Підбираємо відповідні значення частотного коефіцієнту  $\mu$  для об'єму приміщення  $V$ , для якого виконується рівність  $200 < V < 1000$ .

Акустичні константи приміщення ( $B$ ) визначаємо за формулою:

$$B = B_{1000} \times \mu. \quad (3.3.3)$$

Результати відразу занесено у таблицю 3.3.4.

Таблиця 3.3.4

#### Розрахунок акустичних констант приміщення $B$

Параметр	Октавні смуги частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\mu$	0.65	0.62	0.64	0.75	1	1.5	2.4	4.2
$B$	12,48	11,904	12,288	14,4	19,2	28,8	46,08	80,64

Розраховуємо коефіцієнти  $\psi$ . Заносимо їх у таблицю 3.3.5 .

Площа обмежуючих поверхонь приміщення  $S_{обм}$ :

$$l = 12; b = 10; h = 3,2;$$

$$S_{обм} = 2(l \times b + l \times h + b \times h) = 2(12 \times 10 + 12 \times 3,2 + 10 \times 3,2) =$$

$$= 2(120 + 38,4 + 32) = 380,8 \text{ м}^2$$

Таблиця 3.3.5

#### Розрахунок коефіцієнтів $\psi$

Параметр	Октавні смуги частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$B/S_{обм}$	0,033	0,031	0,032	0,038	0,05	0,076	0,121	0,21
$\psi$	1,03	1,035	1,032	1,027	1	0,95	0,9	0,83

Розраховуємо рівні звукового тиску  $L$  за формулою, результати заносимо в табл.

4. Для октавної смуги з середньо геометричною частотою 63 Гц маємо:

$$L = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi^{\Phi}}{S} + \frac{4\psi}{B} \right) = 72 + 10 \lg \left( \frac{1,15 \times 1}{76,969} + \frac{4 \times 1,03}{12,48} \right) = 67,379 \text{ дБ}$$

$$125 \text{ Гц: } L = 79 + 10 \lg \left( \frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 1,035}{11,904} \right) = 74,73 \text{ дБ}$$

$$250 \text{ Гц: } L = 81 + 10 \lg \left( \frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 1,032}{12,288} \right) = 76,59 \text{ дБ}$$

$$500 \text{ Гц: } L = 76 + 10 \lg \left( \frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 1,027}{14,4} \right) = 70,939 \text{ дБ}$$

$$1000 \text{ Гц: } L = 79 + 10\lg\left(\frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 1}{19,2}\right) = 72,708 \text{ дБ}$$

$$2000 \text{ Гц: } L = 80 + 10\lg\left(\frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 0,95}{28,8}\right) = 71,99 \text{ дБ}$$

$$4000 \text{ Гц: } L = 75 + 10\lg\left(\frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 0,9}{46,08}\right) = 65,19 \text{ дБ}$$

$$8000 \text{ Гц: } L = 70 + 10\lg\left(\frac{1,5 \times 1}{56,52} + \frac{4 \times 0,83}{80,64}\right) = 58,31 \text{ дБ}$$

Таблиця 3.3.6

Порівняння розрахункових рівнів звукового тиску з нормативними значеннями

Параметри	Октавні смуги частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівні звукової потужності $L_p$ машини	72	79	81	76	79	80	75	70
Розраховані рівні звукового тиску $L$ , дБ	67,379	74,73	76,59	70,939	72,708	71,99	65,19	58,31
Допустимі рівні звукового тиску, дБ	79	70	63	58	55	52	50	49
Перевищення над нормативами (+/-)	-11,621	4,73	13,59	12,939	17,708	19,99	15,19	9,31

### Висновки та пропозиції

Отже, у результаті виявлено, що майже у всіх із табл. 3.3.6 октавних смугах частот розраховані рівні звукового тиску перевищують допустимі.

У результаті вимірів на робочому місці інженера з охорони праці аеропорту, було проведено ознайомлення із основними характеристиками шуму з метою забезпечення вимог «Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», набуто навичок з вимірів параметрів виробничого шуму на робочих місцях на прикладі робочого місця інженера з охорони праці аеропорту. Засвоєна методики розрахунків рівнів звукового тиску від джерел у приміщеннях.

Також внесено пропозиції щодо поліпшення умов знаходження інженера з охорони праці на робочому місці. Вони наступні:

1. Вважаю доцільним встановлення у приміщенні шумозахисних вікон триплекс зі спеціальним склом. Скло, а також якісна герметизація дозволяє

максимально заглушити шум для комфортного перебування на робочому місці інженера та комфортного існування населення, яке мешкає поблизу аеропорту.

До складу склопакета може входити два, три, а інколи навіть чотири скла (залежить також і від ціни). Між склом повинні бути зазори – камери. Скло має бути з'єднане між собою герметично, щоб забезпечити деяку тепло та звукоізоляцію. Крім того, таке з'єднання повністю виключає попадання між шибками пилу і вологи [23].

2. Одним із основних способів зменшення загального рівня звукового тиску у приміщеннях, де працює інженер з охорони праці, є зниження шуму на шляхах його розповсюдження, що досягається оснащенням вентиляційних систем шумопоглиначами та звукоізоляцією, своєчасною профілактикою та ремонтом технологічного обладнання та вентиляційних систем. Також доцільно використовувати для захисту населення та робітників акустичні екрани сучасного дизайну.

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях та на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Як засоби шумопоглинання повинні застосовуватися негорючі або важкогорючі спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот 31,5...8000 Гц, або інші матеріали аналогічного призначення, дозволені для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями [13].

3. Два рази на рік, навесні та восени робітникам рекомендовано вживати курс вітамінів, макро- та мікроелементів для захисту імунної та нервової системи. Особливо потрібні вітаміни групи В (В1,В2, РР(В3), В6,В12) та вітамін С. Шум пригнічує імунні реакції організму людини, знижуючи захисні функції останнього.

4. Розробити спеціальний дизайн та, за можливістю, зробити озеленення приміщення вазонами з квітами, які благотворно впливають як на працю, так і на відпочинок (драцена, фікус, хлорофітум, герань, алоє тощо).



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-aviatsionnogo-shuma-i-vyyavlenie-tipov-vozdushnyh-sudov-okazyvayuschih-vozdeystvie-na-selitebnuyu-territoriyu-vblizi> ...
2. Звіт «Будівництво аеродрому Міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ», 2019-2020р. Заророжець О.І., Кажан К.І., Синило К.В. Національний авіаційний університет, Науково-дослідний центр екологічних проблем аеропортів– К.: НДЦЕП, 2020р.– 431 с.
3. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0461-19#Text>
4. <http://ibib.ltd.ua/712-problemyi-shumovogo-zagryazneniya-24546.html>
5. <https://buklib.net/books/35233/#:~:text=Зменшення%20шуму%20в%20приміщеннях%20досягається,звуку%20які%20підвішуються%20до%20стелі>  
<https://buklib.net/books/35233/>
6. <https://ektokom.wixsite.com/index/blank-3>
7. <https://www.promstan.com.ua/ua/production/shumopoglaschajuschie-paneli>
8. [https://bcaa.ua/ua/podderzhka/vitamini\\_gruppi\\_b\\_polza\\_i\\_pravila\\_priema](https://bcaa.ua/ua/podderzhka/vitamini_gruppi_b_polza_i_pravila_priema)
9. <https://life.liga.net/poyasnennya/article/zachem-nam-nujny-vitaminy-gruppy-v-funktsii-dozy-i-istochniki-obyasnyayet-dietolog>
10. <https://wz.lviv.ua/news/416020-spysok-produktiv-bahatykh-na-vitaminy-shcho-potribno-vvesty-v-ratsion>
11. [http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=56317](http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56317)
12. [https://pidru4niki.com/1825022438295/bzhd/zahodi\\_zasobi\\_zahistu\\_vid\\_shumu](https://pidru4niki.com/1825022438295/bzhd/zahodi_zasobi_zahistu_vid_shumu)
13. <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/840.html>
14. <https://ektokom.wixsite.com/index/blank-3>
15. <https://sanpol.ua/ua/library/uteplenie-i-zvukoizolyatsiya/zvukoizolyatsionnye-materialy/>

16. <https://oknakonsult.com/library/kak-zashchitit-pomeshchenie-ot-shuma-chno-nuzhno-znat-i-na-chno-neobkhodimo-obratit-vnimanie>
17. [https://lb.ua/society/2023/03/31/550539\\_zahist\\_vid\\_shumu\\_yaki\\_sklopaketi.html](https://lb.ua/society/2023/03/31/550539_zahist_vid_shumu_yaki_sklopaketi.html)
18. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Звук>
19. Основи охорони праці. Методичні вказівки. «Гігієнічна оінка виробничого шуму».-К.-2012р.-20 с.
20. [https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/Любешів%20готовий/page42.html#:~:text=Звукова%20потужність%20джерела%20-%20це%20загальна,12%20Вт%20-%20величина%20звукової%20потужності.](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Любешів%20готовий/page42.html#:~:text=Звукова%20потужність%20джерела%20-%20це%20загальна,12%20Вт%20-%20величина%20звукової%20потужності.)
21. [https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/Любешів%20готовий/page42.html](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Любешів%20готовий/page42.html)
22. <https://pragmatic.com.ua/trotec-bs06-shumomer-portativnyy.html>
23. <https://vst.ua/article/vse-chno-vam-nuzhno-znat-o-steklopaketakh>
24. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=54100](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54100)
25. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=54101](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54101)
26. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=54102](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54102)
27. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=54103](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54103)