

Міністерство освіти та науки України  
Рівненський державний гуманітарний університет  
Психолого-природничий факультет  
Кафедра екології, географії та туризму

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

Л. Д. В. Лико Д.В.  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“17” червня 2022 року

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи бакалавра

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 101 «Екологія»  
(код і назва)

на тему: « Пріоритетні джерела та стан акустичного забруднення міста Луцьк»

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи E-31  
(шифр групи)

Гарбара Володимира Геннадійовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник професор, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри екології, географії та туризму РДГУ Лико С.М.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент професор, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри  
екології, географії та туризму РДГУ Портухай Оксана Іванівна  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Студент В. Д. В.  
(підпис)

Оцінка за результатами захисту:  
Національна шкала Відмінно  
Кількість балів: 90  
Оцінка: ЄКТС A

Рівне – 2022 року

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ, ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ, МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ.....	
1.1 Екологічна проблема шумового забруднення.....	
1.2 Звук та його властивості.....	
1.3 Вплив шуму на організм людини.....	
1.4 Прилади вимірювання рівня шуму.....	
1.5 Допустимі норми шуму.....	
2 ДЖЕРЕЛА ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ М. ЛУЦЬКА.....	
2.1 Акустичне забруднення від стаціонарних джерел .....	
2.2 Акустичне забруднення транспортом.....	
2.3 Акустичне забруднення внутрішньоквартальних джерел шуму.....	
3 РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОВОГО ШУМУ ТА РОЗРОБКА ШУМОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ.....	
3.1 Розрахунок поширення звуку в міських умовах.....	
3.2 Моделювання шумового забруднення окремих частин міста.....	
3.3 Комплекс заходів по зниженню шумового забруднення.....	
3.3.1 Захист від міського транспортного шуму.....	
3.3.2 Захист від житлово-комунальних шумів.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

## ВСТУП

Зростаюча урбанізація, поряд з факторами хімічного й біологічного забруднення довкілля, відзначається посиленням дії і несприятливих фізичних факторів навколишнього середовища. На відміну від, радіаційного, електромагнітного чи теплового забруднення довкілля, якими займаються вчені різних галузей знань, пишеться багато книжок, видаються нормативні документи, які різко обмежують вплив цих чинників, існують такі фізичні фактори, з якими людина стикається давно, але вплив яких сьогодні настільки збільшився, що переріс в глобальну проблему в системі „людина-природа” і не рахуватися, з якою далі просто неможливо. Мається на увазі шум як фактор довкілля й акустичне забруднення як аспект екологічного стану середовища (екологічна проблема). Проблема акустичного забруднення міст ускладнюється тим, що ще недостатньо вивчена спільна дія хімічних речовин і фізичних полів, аспекти їх спільного впливу на екологію людини та на забезпечення екологічної безпеки. Хімічні речовини і фізичні поля створюють техногенний імунodefіцит, що є основою багатьох хвороб.

Цілодобовий вплив шуму підвищує нервову напругу людини, знижує творчу діяльність, продуктивність праці, ефективність її відпочинку. Сучасні випробування позали, що високе шумове навантаження є причиною й стимулятором багатьох захворювань – серцево-судинних, шлунково-кишкових та нервових. Сучасні і вчені вважають, що за декілька останніх десятиліть виникла справжня хвороба шуму і якщо не вжвати належних заходів, може стати соціальною бідною XXI століття.

Наукові дослідження вітчизняних вчених різних галузей показали, що в багатьох містах України пріоритетним джерелом забруднення навколишнього середовища став автотранспорт, в першу чергу легкових авто. Автомобілі виділяють не лише близько 1200 різних хімічних речовин,

значна кількість яких є дуже токсичними, але й є джерелами вібрації, а також шуму.

В першу чергу, боротьба з шумом передбачає, розробку заходів по зменшенню його негативної дії на людину. Тому існує необхідність дослідити стан акустичного забруднення м. Луцька, виявити пріоритетні джерела забруднення, які дозволяти б проводити екологічний моніторинг та зменшити вплив шуму як одного з чинників фізичних полів на довкілля.

Метою дипломного проекту є розробка наступних завдань:

- аналіз впливу шуму на організм людини в умовах міської агломерації;
- вивчення структури джерел акустичного забруднення м. Луцька, визначення частки різних забрудників при формуванні шумових полів території міста;
- моделювання процесу та наслідків шумового забруднення окремих частин міста;
- розробка рекомендацій для зменшення шумового забруднення м. Луцька.

# 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ, ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ, МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ

## 1.1. Екологічна проблема шумового забруднення

Шум - звична річ для будь-якого міського мешканця. У зв'язку з швидкою урбанізацією, всюди відбувається зміна способу життя людей, що виражається в прискореному ритмі їх діяльності. Шум вважається шкідливішим за хімічне забруднення, що впливає на живий організм, адже він оточує людину скрізь.

Шум сміттєвозів, вантажівок, літаків, чи навіть холодильника і пральної машини - є збудниками прискорення процесів старіння людського організму, саме через шум посилюється небезпека ранніх інфарктів та інсультів. Він стимулює різке погіршення навколишнього середовища, а отже, умов існування людей.

Шум - найважливіший подразник центральної нервової системи. Звичка до нього викликає деяку потребу в шумовому оточенні і завдає також шкоди, як алкоголь організму людини. Експерти вважають: шумова хвороба може стати соціальною бідною XXI століття, у великих містах шум скорочує життя людини на 8-12 років. Кожна третя жінка в Англії і кожен четвертий чоловік страждають неврозом унаслідок шуму. Французькі медики вважають, що один з 5 пацієнтів психіатричної клініки потрапляє туди через шум. За статистичними даними, у Франції неухильно зростає кількість туговухих людей, у сільськогосподарських районах на 100000 жителів приходиться 20-30 туговухих, а в містах – 100-120 людей [1].

Оскільки шум є професійною небезпекою на ряді підприємств і має велике економічне значення, він також знижує продуктивність праці на 15-20%, веде до розвитку травматизму і росту захворюваності робітників. Серйозним показником несприятливого акустичного клімату сучасних міст є зростання кількості скарг населення. В Україні кількість заяв із скаргами на

шум, які щорічно надходять до органів влади, складає 30% всіх заяв громадян.

Різко порушує акустичні умови в житлових квартирах по всій висоті будівлі й, широко розповсюджена архітектурно-будівельна практика розміщення на перших поверхах житлових будинків торгових установ, підприємств громадського харчування та побутового обслуговування населення. Сучасні житлові будинки оснащуються інженерно-технічними і санітарними установками, які у ряді випадків є причиною акустичного дискомфорту у квартирах їх мешканців. В житлових будинках налічується до 30 видів різного устаткування які є джерелами шуму. Розповсюдженню звукових коливань сприяє низька звукоізолююча здатність захищаючих конструкцій будинків і недостатня віброізоляція устаткування. Рівень шуму від вбудованих опалювальних котелень у житлових приміщеннях досягає 50-70 дБ А. Розміщення пралень у помешканнях призводить до підвищення шуму на верхніх поверхах будівель до 55-59 дБ А. Торгові точки і підприємства громадського харчування створюють підвищений шумовий фон у прилеглих квартирах в 50-61 дБ А. Тут джерелами шуму є агрегати холодильного устаткування, вантажопідійомники, вентиляційні системи, м'ясорубки овочечистки і т.д. [2].

Проведені вимірювання показали, що в багатьох нових багатоповерхівках звукоізоляція нижче норми. Причиною цього є не правильний вибір конструкцій, що не відповідають нормативам, незадовільна якість будівельних і монтажних робіт, які теж значно знижують звукоізоляцію. Серйозною причиною є низьке впровадження спеціальних звукоізоляційних прокладочних матеріалів, призначених для зменшення ударного шуму в житлових будинках, адже у деяких випадках житлових будинків розташовують дрібні виробничі підприємства типу ремонтних, столярних, слюсарних майстерень, комбінатів побутового обслуговування, де джерелами шуму можуть бути різні машини й устаткування [3].

„Шум – ця біда сучасного світу і небажаний продукт технічної

цивілізації – з кожним днем усе ширше вривається в наше існування. До тих шумів, які весь час переслідують нас сьогодні на виробництві і навіть удома, незабаром додасться їх новий різновид – відображена ударна хвиля надзвукового літака. Людина розплачується за шум глухотою, нервовими й іншими видами фізичних і психічних захворювань. Це ціна за швидкісні види транспорту і „легке життя" – наведено епіграфі з журналу «Кур'єр ЮНЕСКО» № 127 за липень 1967 р., цілком присвяченого темі „Шум і людина”: [4].

Боротьба із шумом – міжнародна проблема. Шумова загроза вимагає прийняття рішучих заходів для створення акустичного благополуччя міст. Тому в 1953 р. був створений технічний комітет Акустики при Міжнародній організації стандартизації (ІСО), який займається розробкою рекомендацій по методам вимірювання, оцінці, унормування шуму для приміщень промислового й побутового призначення. Наша держава також бере участь в роботі цього комітету [2].

## 1.2. Звук та його властивості

Будь-який неприємний або небажаний звук чи їх поєднання, що заважають сприйняттю корисних сигналів, негативно впливають на організм людини, знижують її працездатність називаються шумом. Як фізичне явище звук – це механічні коливання пружного середовища в діапазоні частот слухової чутливості, як фізіологічне – це відчуття, що сприймається органом слуху та впливу на нього звукових хвиль [2].

Якщо в пружному середовищі є тіло, що вібрує, або коли частинки пружинного середовища (газоподібного, рідкого або твердого) коливаються внаслідок впливу на них будь-якої сили, що збуджує, то звукові хвилі виникають завжди. Однак не всі коливальні рухи сприймаються органами слуху як фізіологічне відчуття звуку. Вухом людини може чути тільки ті коливання, частота яких становить від 16 до 20 000 за 1 с., її вимірюють у герцах (Гц). Інфразвуком називають коливання з частотою до 16 Гц, понад 20 000 Гц – ультразвуком, і вухо їх сприймати не буде.

Інтенсивність звуку і його тиск змінюються у великому діапазоні, проте вухо людини вловлює швидкі й незначні зміни тиску повітря у визначених межах. Існують верхня й нижня межі слухової чутливості вуха. Мінімальна звукова енергія, що формує відчуття звуку, являється порогом чутливості, для прийнятого в акустиці стандартного звуку (тону) частотою 1000 Гц та інтенсивністю  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Звуковий тиск при цьому становить  $2 \cdot 10^{-5}$  Па. Звукова хвиля великої амплітуди та енергії має травмуючу дію, зумовлює неприємні відчуття болю в вухах. Поріг больового відчуття – це верхня межа слухової чутливості, вона відповідає звуку частотою 1000 Гц за його інтенсивності  $10^2$  Вт/м<sup>2</sup> і звуковому тискові  $2 \cdot 10^2$  Па (рис.1.1). Здатність слухового аналізатора сприймати великий діапазон звукових тисків пояснюється тим, що він помічає кратність зміни абсолютних величин, які характеризують звук. Тому й вимірювати інтенсивність і звуковий тиск в



абсолютних (фізичних) одиницях складно й незручно [7].

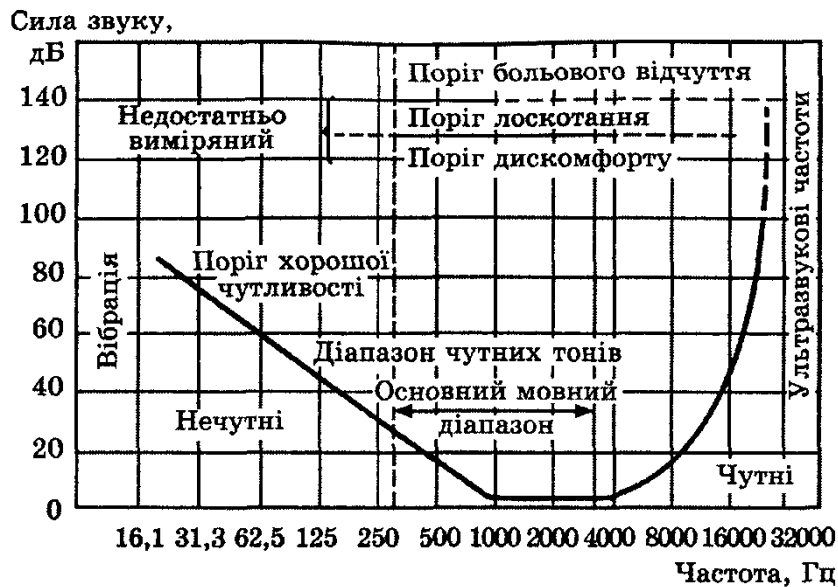


Рис. 1.1 – Діапазон порогів чутливості за А.Белом

Для характеристики інтенсивності звуків, або шуму в акустиці, використовують спеціальну вимірювальну систему, де враховано майже логарифмічну залежність між подразненням та слуховим сприйняттям. Це шкала бел і децибел, що відповідає фізіологічному сприйняттю, дає змогу різко скоротити діапазон значень величин, які вимірюються. За цією шкалою кожен наступний ступінь звукової енергії більший за попередній у 10 разів. Для прикладу: інтенсивність звуку більша в 10, 100, 1000 разів, то за логарифмічною шкалою вона відповідає збільшенню на 1, 2, 3 одиниці. Логарифмічна одиниця, яка відбиває десятиразовий ступінь збільшення інтенсивності звуку над порогом чутливості, називається белом (Б), отже, це десятковий логарифм відношення інтенсивності звуків.

Отже, для вимірювання інтенсивності звуків у гігієнічній практиці користуються відносними величинами звукової енергії або тиску, які виражають відношення енергії чи тиску даного звуку до порогових для слуху величин енергії або ж тиску. Весь діапазон енергії, який сприймається вухом як звук, вкладається у 13-14 Б. Для зручності користуються не белом, а одиницею, що в 10 разів менша, - децибелом (дБ), такі величини називають рівнями інтенсивності звуку або звукового тиску [6].

Оскільки, інтенсивність звуку пропорційна квадрату звукового тиску, рівень інтенсивності звуку можна визначити за значенням звукового тиску [2]:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (1.1)$$

де  $P$  – звуковий тиск (Па);  $P_0$  – порогове значення звукового тиску ( $2 \cdot 10^{-5}$  Па). Звідси, найвищий рівень звукового тиску (больовий поріг) становитиме [2]:

$$L_{\max} = 20 \lg \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-5}} = 140 \text{ дБ} = 140 \text{ дБ} \quad (1.2)$$

Таблиця 1.1 – Рівні звукового тиску джерел шуму [1]

Об'єкт або джерело шуму	Рівень
Поріг чутливості	0
Тиха сільська місцевість	20
Спальня	25
Житлова кімната	40
Розмова середньої гучності	60
Робота на друкарській машинці	65-70
Магістральна вулиця	85-90
Ткацький цех	90-95
Відбійний молоток	100
Дискотека	110
Зліт реактивного літака (на відстані 100м)	125
Під час роботи реактивного двигуна (на відстані 25 м)	140

Після стандартизації порогового значення  $P_0$  рівні звукового тиску, стали абсолютними, адже вони однозначно відповідають значенням звукового тиску. Рівні звукового тиску в різних місцях і під час роботи різноманітних джерел шуму наведено в табл. 1.1.

Звукову енергію, яка випромінюється джерелом шуму, поділяють за частотами. Спектри звуку можуть бути лінійчастими і суцільними, що являють собою сукупність частот різної сили (інтенсивності). Шум має суцільний спектр та представляє велике число одночасних звукових коливань

із різними частотами [2].

Сьогодні гігієнічне нормування шуму здійснюють у звуковому діапазоні частот від 45 до 11 200 Гц. У табл. 1.2 наведено вісім октавних смуг, що найчастіше використовуються у практиці.

Таблиця 1.2 – Основний ряд октавних смуг, Гц (за [1])

Граничні частоти	15-90	90-180	180-355	355-710	710-1400	1400-2800	2800-5600	5600-11200
Середньгеометричні частоти	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Часто складаються рівні звукового тиску (звуку) двох і більше джерел шуму або ж знаходиться їх середній рівень. Додавання здійснюється за допомогою табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Додавання рівня звукового тиску або звуку (за [2])

Різниця між двома рівнями звукового тиску (дБ) або звуку (дБ А), що складаються													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	15	20
Додаток до вищого рівня звукового тиску (дБ) чи рівня звуку (дБ А)													
3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Проводиться послідовне додавання рівнів звукового тиску, починаючи з максимального. Спочатку визначається різниця між двома складниками рівнів звукового тиску, після цього за різницею, визначеною за допомогою таблиці, знаходиться доданок, який приплюсовується до більшого зі складників рівнів звукового тиску. Аналогічні дії проводять з означеною сумою двох рівнів та третім рівнем і т. ін., якщо різниця між найбільшим і найменшим рівнями звукового тиску (звуку) не перевищує 7 дБ, то середній рівень дорівнює приблизно середньому арифметичному значенню всіх рівнів звукового тиску [8].

Шум містить звуки майже всіх частот слухового діапазону, проте відрізняється розподілом рівня звукового тиску за частотами та їх зміною в часі. За характером спектра, шуми поділяють на широкосмугові та тональні, у спектрі яких є значні дискретні тони. За видом спектри шуму можуть бути: низькочастотні (з максимумом звукового тиску в ділянці частот до 400 Гц), середньочастотні (з максимумом звукового тиску в ділянці частот 400-

1000 Гц) та високочастотні (із максимумом звукового тиску в ділянці частот понад 1000 Гц). За наявності усіх 3-х частот, шум умовно називають білим.

За часовою характеристикою шуми поділяють на постійні (рівень звуку змінюється в часі не більше ніж на 5 дБ А) та змінні (рівень звуку змінюється в часі на понад 5 дБ А). До постійних відносяться: шуми насосних або вентиляційних установок, обладнання промислових підприємств (повітрорудувки, компресорні установки, різноманітні випробувальні стенди), що постійно працюють. Непостійні шуми поділяють на коливні (рівень звуку весь час змінюється), переривчасті (рівень звуку різко падає до фонового кілька разів за період спостереження, причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень залишається постійним і перевищує фоновий, становить 1 с і більше) та імпульсні (складаються з одного або кількох послідовних ударів тривалістю до 1 с), ритмічні та неритмічні. Шум транспорту належить до імпульсних, до них відносяться й шуми від пневматичного молотка, ковальсько-пресового обладнання, стук дверей і т. ін. Переривчастий шум – це шум від роботи лебідки ліфта, агрегатів холодильників, що періодично вмикаються, деяких установок промислових підприємств або майстерень. [2].

Шуми також поділяють за рівнем звукового тиску на низький, середньої потужності, сильний і дуже сильний.

Методи оцінки шуму залежать, насамперед, від його характеру. Постійний шум оцінюють у рівнях звукового тиску  $L$  у децибелах в октавних смугах із середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц. Це основний метод.

Для оцінки змінних шумів, а також орієнтовної оцінки постійних шумів використовують "рівень звуку", тобто загальний рівень звукового тиску, що визначають шумоміром на частотній корекції А, що характеризує частотні показники сприйняття шуму вухом людини. Відносну частотну характеристику корекції А шумоміра наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Відносна частотна характеристика корекції А (за [8])

Середньооктавні частоти, Гц							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Відносна характеристика, дБ							
-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1

Непостійні шуми належить оцінювати за еквівалентними рівнями звуку.

Еквівалентний (за енергією) рівень звуку ( $L_{Aекв}$  у дБ А) певного непостійного шуму – це рівень звуку постійного широкосмугового не імпульсного шуму, який має той самий середньоквадратичний звуковий тиск, що й цей змінний шум протягом певного часу.

Окрім власне самої інтенсивності джерела шуму важливими є особливості його поширення у повітрі. В фізиці швидкість звуку в газах визначають за формулою [5]:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}, \quad (3)$$

де  $v$  – швидкість звуку, м/с;  $\gamma$  – відношення теплоємностей газу;  $R$  – універсальна газова стала, Дж/К.моль;  $T$  – абсолютна температура, К;  $\mu$  – молярна маса, кг/моль.

а:

$$v = \lambda \cdot \nu, \quad (1.4)$$

де  $v$  – швидкість звуку, м/с;  $\lambda$  – довжина хвилі, м;  $\nu$  – частота, Гц.

Між коливаннями джерела звуку та звуковим відчуттям існує взаємозв'язок: амплітуді коливань відповідає гучність, частоті – висота звуку, формі коливань – тембр. Багато параметрів звуку можуть бути виміряні, проте існує параметр, що сприймається людиною суб'єктивно. Він залежить від слуху і є фізіологічною характеристикою. Це гучність звуку, яка вимірюється у фонах, є рівень інтенсивності рівногучного з цим звуком тону частотою 1000 Гц [5].

Важливою акустичною характеристикою середовища є Добуток швидкості звуку в цьому середовищі на його частоту він називається

акустичним опором. Для повітря при нормальних умовах питомий акустичний опір дорівнює  $420 \text{ Н с/м}^2$ , для води –  $145 \cdot 10^4 \text{ Н с/м}^2$  [6], отже, коефіцієнт відбиття звуку від поверхні води дорівнює 99,9%. В атмосфері, що складається із багатьох шарів із різними питомими акустичними опорами, звук частково відбивається від межі кожного шару і швидко розсіюється. В однорідній атмосфері звук чути далеко. Інтенсивність звуку при даній атмосфері обернено пропорційно на питомому акустичному опорі середовища. При перпендикулярному падінні звуку на межу двох середовищ коефіцієнт відбиття звуку дорівнює [6]:

$$K = \left( \frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \right)^2, \quad (1.5)$$

де  $K$  – коефіцієнт відбиття звуку;  $\rho_1; \rho_2$  – густина першого і другого середовищ,  $\text{кг/м}^3$ ;  $c_1; c_2$  – швидкість звуку в першому і другому середовищах,  $\text{м/с}$ .

Коефіцієнти відбиття відрізняється для різних матеріалів. Так, для бетону він дорівнює 98,5%, килима – 80%, а для повсті – 22% [8].

Отже, можна зробити висновок, що тверді тіла (стіни квартир, будинків і т.д.) для звуку є своєрідними “акустичними дзеркалами”, за рахунок цього звук (шум) джерела в екранованому таким чином просторі підсилюється, бо прилад (шумомір) фіксує як прямий, так і відбитий звуки, які складаються внаслідок інтерференції.

Фронт звукових хвиль – це геометричне місце точок, до яких у даний момент часу дійшло коливання, найбільш часто зустрічаються плоский і сферичний (для точкового джерела звуку) фронти хвилі. Якщо відомий фронт хвилі в попередній момент часу, то фронт хвилі в наступний момент часу можна побудувати з допомогою принципу Гюйгенса, згідно якого кожна точка хвильового фронту є джерелом сферичних хвиль. Повна енергія звукової хвилі може бути розрахована за формулою [6]:

$$E = A^2 \omega^2 \rho \cdot V \sin^2 \omega \left( t - \frac{x}{v} \right), \quad (1.6)$$

де  $E$  – повна енергія звукової хвилі, Дж;  $A$  – амплітуда коливань, м;  $\omega$  – кругова (циклічна) частота,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\rho$  – густина середовища,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $V$  – об'єм середовища, в якому розглядається хвиля,  $\text{м}^3$ ;  $t$  – час, с;  $x$  – відстань від джерела до точки, що розглядається, м;  $v$  – швидкість хвилі, м/с.

Густина потоку енергії хвилі, тобто кількість енергії, яка проходить за одиницю часу через поверхню називається вектором Умова і визначають по формулі [5]:

$$\vec{S} = \vec{v} \cdot \vec{w}, \quad (1.7)$$

де  $\vec{S}$  – густина потоку енергії,  $\text{Дж}/\text{м}^2\text{с}$ ;  $\vec{w}$  – об'ємна густина енергії,  $\text{Дж}/\text{м}^3$ ;  $v$  – швидкість розповсюдження хвилі, м/с.

Джерело звуку (шуму) характеризується акустичною потужністю, яка дорівнює енергії, що випромінюється одиницю часу. Вона визначається потоком інтенсивності звуку через замкнуту поверхню, що оточує джерело звуку [8]:

$$P = \oint_S \vec{S} \cdot d\vec{S}, \quad (1.8)$$

де  $\alpha$  – фактор направленості;  $S$  – площа поверхні,  $\text{м}^2$ ;  $I$  – середня інтенсивність звуку на поверхні сфери,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Нерівномірність випромінювання звуку джерелом за різними напрямками характеризується фактором (коефіцієнтом) направленості, який також може врахувати наявність перешкод на шляху розповсюдження звуку та знаходиться за формулою [8]:

$$D = \frac{P(\theta)}{P_0}, \quad (1.9)$$

де  $\alpha$  – фактор направленості;  $I_0$  – інтенсивність звуку, що створює джерело в даній точці, Вт/м<sup>2</sup>;  $I_{ср}$  – середня інтенсивність звуку на поверхні сфери, Вт/м<sup>2</sup>.

Середня інтенсивність звуку на поверхні сферичної хвилі визначається наступною формулою [6]:

$$I_{ср} = \frac{P}{S}, \quad (1.10)$$

де  $P$  – акустична потужність джерела, Вт;  $S$  – площа сфери, м<sup>2</sup>;  $r$  – радіус сфери, м.

При аналізі роботи декількох джерел звуку (шуму) інтенсивності звуків складаються алгебраїчно, а сумарний рівень інтенсивності звуку від  $n$ -однакових джерел в рівновіддалений від них точці дорівнює [8]:

$$L_{сум} = L_{одн} + 10 \lg n, \quad (1.11)$$

де  $L_{одн}$  – рівень інтенсивності звуку одного джерела, дБ.

З формули (1.10) видно, що два джерела з однаковим рівнем інтенсивності звуку створюють сумарний рівень шуму, який лише на 3 дБ більший, ніж кожний з них (відповідно 10 джерел – на 10 дБ), якщо рівень інтенсивності звуку одного із джерел перевищує другий більш ніж на 8-10 дБ, то звук більш слабого джерела в більшості випадків можна не враховувати, бо добавка від нового буде менш ніж 1 дБ. Це розраховується за наступною формулою [8]:

$$L_{сум} = L_{одн} + 10 \lg \left( 1 + 10^{\frac{L_2 - L_1}{10}} \right), \quad (1.12)$$

де  $L_{сум}$  – рівень інтенсивності звуку більшого з двох джерел звуку, дБ;



$\Delta L$  – поправка, яка визначається з рисунка 1.2. Тому в першу чергу необхідно „глушити” пріоритетні джерела.

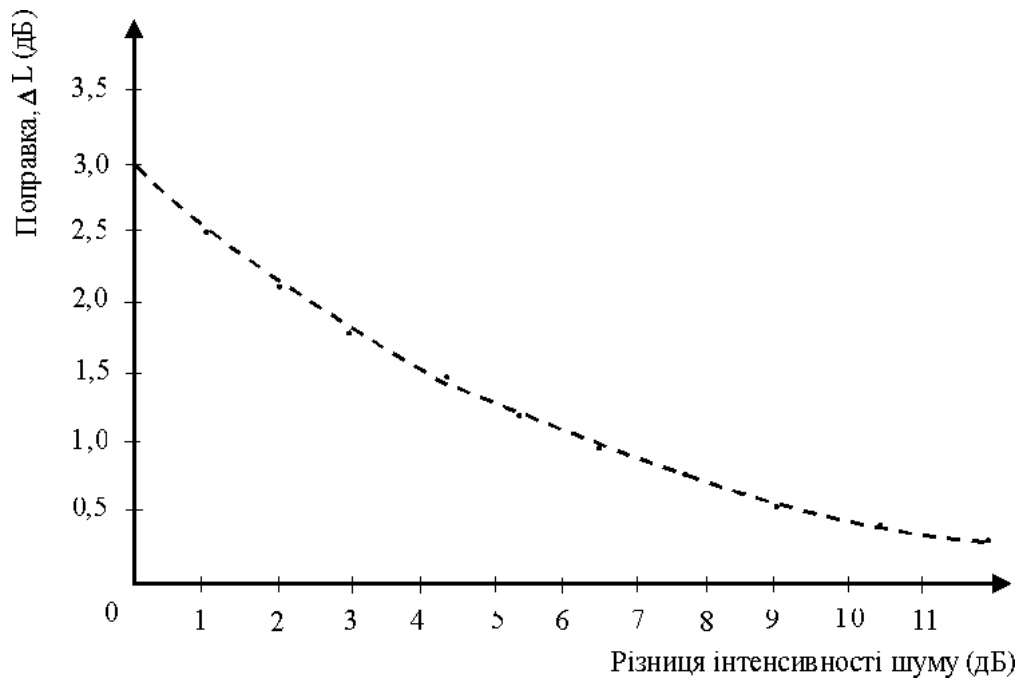


Рис. 1.2 – Графік для визначення сумарного рівня інтенсивності звуку

Оскільки, чутливість слуху падає із зниженням частоти звуку, то об’єктивні вимірювання і суб’єктивне сприймання звуку наближають шляхом вводу поняття коригованого рівня інтенсивності звуку (або рівня звукового тиску), який дорівнює [9]:

$$L_{\text{кор}} = L_{\text{об}} + \Delta L, \quad (1.13)$$

Найбільш часто застосовується корекція, яка представлена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Корекція рівня інтенсивності звуку (за [1])

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Корекція	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	-1,1

Останнім часом шумову дію на людину оцінюють за допомогою величини, що називається дозою шумової енергії і визначається за формулою [9]:



(1.14)

де  $\square$  – доза шумової енергії,  $\text{Па}^2 \cdot \text{год.}$ ;  $\square$  – середній звуковий тиск,  $\text{Па}$ ;  
 $\square$  – час, год.

Довдено, що при рівні інтенсивності шуму 80 дБ за 8 годин роботи доза шумової енергії, яку одержить людина дорівнює 0,35  $\text{Па} \cdot \text{год.}$ , а при 85 дБ – 1  $\text{Па}^2 \cdot \text{год.}$

Таблиця 1.6 – Зв'язок між тривалістю шуму, його рівнем інтенсивності і дозою

Доза шуму, %	Час дії шуму						
	8 год.	4 год.	2 год.	1 год.	30 хв.	15 хв.	5 хв.
	Еквівалентний рівень інтенсивності шуму, дБ(А)						
3,2	70	73	76	79	82	85	90
6,3	73	76	79	82	85	88	93
12,5	76	79	82	85	88	91	96
25	79	82	85	88	91	94	99
50	82	85	88	91	94	97	102
100	85	88	91	94	97	100	105
200	88	91	94	97	100	103	108
400	91	94	97	100	103	106	111
800	94	97	100	103	106	109	114
1000	97	100	103	106	109	112	117
2000	100	103	106	109	112	115	120

В таблиці 1.6 показаний зв'язок між тривалістю дії шуму, його еквівалентним рівнем інтенсивності й дозою шуму (у % від допустимої дози). При цьому за допустиму прийнята доза шуму, яку одержує людина при граничному рівні інтенсивності шуму 85 дБ (а) і восьмигодинному робочому дні [9].

Згідно ефекту Допплера, якщо джерело або приймач звуку рухаються відносно середовища, в якому розповсюджується звук, то частота звуку, що випромінюється джерелом і та, яка реєструється приймачем, будуть відрізнятися [6]:



(1.15)

де  $f_{\text{пр}}$  – частота звуку, яка реєструється приймачем, Гц;

$f_{\text{джер}}$  – частота звуку, яка генерується джерелом звуку, Гц;

$v_{\text{пр}}$  – швидкість руху приймача звуку, м/с;

$v_{\text{серед}}$  – швидкість звуку в середовищі, м/с;

$v_{\text{джер}}$  – швидкість руху джерела звуку, м/с.

Знак (+) у формулі 1.15 ставиться у випадку віддалення джерела звуку від приймача, а (–) у випадку наближення.

Зміна інтенсивності звуку середовищем (повітрям) можна розрахувати за законом [5]:

$$i = \frac{P \cdot \Phi}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (1.16)$$

де  $i$  – інтенсивність звуку, Вт/м<sup>2</sup>;

Поглинання звуку середовищем (повітрям) можна розрахувати за законом поглинання [5]:

$$i = i_0 \cdot e^{-\beta \cdot r}, \quad (1.17)$$

де  $i$  – інтенсивність звуку на відстані  $r$  від джерела звуку, Вт/м<sup>2</sup>;  $i_0$  – інтенсивність звуку джерела, Вт/м<sup>2</sup>;  $\beta$  – коефіцієнт поглинання, дБ/м.

З врахуванням формули 1.17 закон, що враховує як поглинання звуку, так і відстань від джерела звуку має вигляд:

$$i = \frac{P \cdot \Phi}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot e^{-\beta \cdot r}, \quad (1.18)$$

Цією формулою користуються при розрахунках шумового забруднення та його розподілу в просторі.

В таблиці 1.7 наведені коефіцієнти поглинання звуку в повітрі при

нормальному атмосферному тиску, температурі 20°C і відносній вологості 60% [10]. Звуки малої частоти мають незначний коефіцієнт затухання, із підвищенням частоти затухання суттєво прискорюється.

Таблиця 1.7 – Коефіцієнти поглинання звуку в повітрі (дБ/км)

Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц						
125	250	500	1000	2000	4000	8000
0,3	1,1	2,8	5,2	9,6	25	83

### 1.3. Вплив шуму на організм людини

Шум – один із найнесприятливіших факторів який приносить в життя людини процес урбанізації. Сьогодні навіть виник новий термін – „акустичне забруднення”. Найвищий рівень шуму характерний для міст, в межах яких інтенсивно розвинутий автомобільний, електро-, залізничний та автомобільний транспорт, важка промисловість. За оцінками Денисова Е.І. (1979), в містах особливо велика частка припадає на шумове забруднення від автотранспорту – 80-90%, від шуму в містах страждають 30-70% міського населення [9].

Інтенсивний шум призводить до втрат слуху, що може виражатися у зниженні порогу слухової чутливості людини в діапазоні мовних частот (500-2000 Гц) і на частоті 4000 Гц і досягати відповідно 10-30 дБ і 78-98 дБ. Результати досліджень показують, що в структурі професіональних захворювань на перше місце виходять часткова втрата слуху [8]. До прикладу, в Нью-Йорку рівень шуму постійно перевищує 85 дБ, тому жителі цього міста починають втрачати гостроту слуху з 30 років, в той час як люди, які живуть в умовах з меншим шумовим навантаженням – з 70 років [1].

Найбільш вивченим і описаним у літературі є промисловий шум. Про дію промислового шуму на організм людини є багато досить детальних даних про фізичну характеристику шуму від виробничого устаткування в різних галузях економіки. Розроблені нормативи гранично-допустимих величин його на виробництві й узаконені загальнодержавні заходи по боротьбі з промисловим шумом[8, 9, 10, 11]. Набагато менше досліджена проблема міського (вуличного й житлово-побутового) шуму. Зважаючи на безперервний тривалий характер дії міські шуми можна віднести до постійних подразників зовнішнього середовища, які небезпечні для здоров'я населення. Вважається, що, діючи день за днем, шум за рахунок кумуляції слабких роздратувань може спочатку привести до хронічного порушення фізіологічних функцій, а згодом й до розвитку патологічного стану та до захворювання. Дослідження вуличного й житлово-побутового шуму –

складне завдання, оскільки ці види шуму виникають від численних і різноманітних джерел, їх дію на організм людини в умовах повсякденного життя важко виділити з великої кількості чинників зовнішнього середовища.

Вплив шуму на людину може бути встановлений різними способами [1, 7]:

- шляхом опиту про суб'єктивну турбуючу дію шумів по спеціальній анкеті або шляхом аналізу скарг населення (табл.1.8);
- за допомогою фізіологічних, біохімічних, гематологічних та інших об'єктивних методів дослідження дії шуму на органи й системи людини;
- вивченням гострого й хронічного впливу шуму з метою визначення механізму дії його на тваринах;
- за допомогою різних психологічних тестів;
- шляхом вивчення стану здоров'я окремих колективів клінічними методами дослідження;
- вивченням стану захворюваності міського населення статистичними методами.

Надзвичайно різноманітний і характер дії міського і житлово-побутового шуму на людину: від суб'єктивного дратівливого впливу до об'єктивних патологічних змін органу слуху й інших органів і систем. Чимало авторів намагаються класифікувати рівні шуму за мірою їх шкідливості. Найбільш удалу, на наш погляд, класифікацію розробив Gädeke (1964):

- I ступінь (шум 40-50 дБ) – виникають психічні реакції;
- II ступінь (шум 60-80 дБ) – спостерігаються розлади вегетативної нервової системи;
- III ступінь (шум 90-110 дБ) – відмічається погіршення слуху;
- IV ступінь (шум понад 120 дБ) – характерно пошкодження органу слуху в результаті дії шуму.

Міські й житлово-побутові шуми характеризуються рівнем від 40 до 100 дБ, тобто при дії їх можна спостерігати всі стадії несприятливого впливу

шуму на організм людини. Lehmann (1956) розділяє шуми на три діапазони:

- перший охоплює рівні 30-65 дБ, при яких спостерігаються психічні симптоми;
- другий діапазон від 65 до 90 дБ викликає об'єктивну реакцію організму;
- третій діапазон характеризується рівнями шуму від 90 до 120 дБ, діючи протягом тривалого періоду часу, такий шум викликає порушення не тільки самопочуття, але і здоров'я людини.

Поняття абсолютного і відносного шуму ввів Tamm (1956). На абсолютний шум (понад 70 дБ) людина постійно реагує, навіть якщо не вважає його перешкодою, його дія зі слухових центрів перемикається через кору головного мозку на вегетативні центри. Відносний шум (нижче 60 дБ) діє на великі півкулі головного мозку, викликаючи психічне роздратування. Психологічні питання в проблемі шуму набрали великого значення починаючи з 60-х р.р. ХХ ст., особливо це стосується шумів малої інтенсивності (до 60 дБ). Шум треба оцінювати з фізіологічної точки зору, включаючи суб'єктивний, психологічний чинник. Раніше оцінку шуму в більшості випадків проводили лише з погляду збереження слуху. Психологічна оцінка шуму в основному базується на понятті сприйняття, при цьому дуже велику роль відіграє характер шуму та його періодичність. Дія шуму також залежить від власного відношення до нього, притому велике значення має внутрішній настрій людини до джерела шуму. Вона визначає, чи буде шум сприйматись як такий, що заважає. В такому випадку можлива сенсibiliзація, особливо виявляється підвищена чутливість до шуму в нічний час [12].

Так, шум, відтворений самою людиною, не турбує її, тоді як невеликий шум, викликаний сусідами або іншим джерелом, дає сильний дратівливий ефект. Charman (1948) приводить результати опиту населення у вигляді різної реакції на побутові шуми, що виникають у власній квартирі й у сусідів (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Реакція людей на побутові шуми (за [12])

Вид шуму	Процент опитаних					
	відчувають шум		відчувають неспокій від шуму		страждають порушеннями сну	
	у власній квартирі	в сусідній квартирі	у власній квартирі	в сусідній квартирі	у власній квартирі	в сусідній квартирі
Гримання дверима	39	41	13	15	8	11
Шум санвузлів	44	27	9	6	6	5
Крик дітей	15	12	3	3	3	3
Ігри	25	27	5	7	2	4
Радіо	52	58	5	10	4	6
Гра на піаніно	10	14	1	3	–	1
Розмова	29	31	3	7	2	4
Рух людей	48	48	5	8	4	6

Шкода, заподіяна шумом малої інтенсивності Smith і Laird (1930) пояснюють втому від великої кількості звукових сигналів, що викликають у людини тривогу – так звану реакцію загрози, страху. Звукові роздратування створюють передумову для виникнення в корі головного мозку вогнищ застійного збудження або гальмування. Такий стан несприятливо відображається на функціонуванні серцево-судинної й інших систем, а надлишкова напруга кіркової діяльності сама по собі служить причиною швидкого стомлення.

Дратівлива дія шуму зумовлена його фізичними властивостями. Реакція населення в основному визначається рівнем шуму, але й велике значення мають частота повторюваності шуму, його характер, перевищення звичного шумового фону. Так, шум із суцільним спектром діє менш дратівливо, ніж шум з тональними складовими. Шуми з високочастотними компонентами дають більший дратівливий ефект, ніж з низькочастотними компонентами. Найбільш неприємними є шуми, що змінюються по частотах і рівнях звукового тиску, а от більшість природних шумів (плескіт води, шум дощу, шелестіння листя) діють на людину заспокійливо [7].

Найчастіше населення скаржиться на високий рівень шуму. В табл. 1.9 приводяться дані Вгоadbent (1957) про реакцію жителів на різний рівень шуму літаків. У міру зростання шуму збільшується кількість скарг.



Таблиця 1.9 – Залежність характеру реакції населення на різний рівень шуму

Рівень шуму, дБ	Реакція роздратування		
	відсутня, %	середня, %	сильна, %
50-60	63	31	6
61-66	42	40	18
67-72	33	36	31
73-78	15	37	48
>79	12	26	62

За даними В.І. Пальгова (1962), залежність скарг населення на різний рівень вуличних шумів наступна: при середньому рівні шуму до 70 дБ кількість скарг на сильну дратівливу дію шуму становила 38%, при рівні 71-75 дБ – 58%, при рівні 76-80 дБ – 72%. Можна очікувати, що в даному випадку 5-7% населення здійснить ряд конкретних дій (скарги, звернення тощо).

З робіт Stevens, Rosenblith, Bolt (1955) витікає, що скарги на шум в індустріальних районах можуть виникати, коли його рівень досягає значної величини – 90 дБ. За таких умов вже з'являється затруднена мова. Скарги на житлово-побутові шуми можуть з'явитися при набагато меншому шумі від 35 дБ А. Реакція населення на шумові перешкоди в оселях досліджувалася ними в Англії, Швеції, Франції, Голландії. Встановлено, що величина проникаючого шуму залежить від звукоізоляції конструкцій житлових будівель. В багатонаселених будівлях найбільш часті скарги на радіо, розмову, ходьбу, ляскання дверима, шум пирососа, гру дітей, пересування меблів. З кожних опитаних 5 сімей у Голландії 4 з сімей зазнають роздратування унаслідок шуму, що проникає з квартир сусідів. За даними санітарно-епідеміологічної станції Москви, кількість скарг на шумове забруднення росте з року в рік, це в основному скарги на виробниче обладнання дрібних підприємств, розташованих в житлових зонах, роботу комунальних, торгових установ, інженерне устаткування житлових будівель. Так, зокрема, 67% скарг стосуються будинкових шумів, 18% – шумів від вбудованих торгово-харчових об'єктів, 11% – від виробничих підприємств і 12% – від вуличного шуму [1].

Вплив шуму на організм людини визначається не лише його

інтенсивністю, але й частотою. Коливання низької частоти (інфразвук) небезпечні тим, що викликають резонансні коливання внутрішніх органів людського організму (серця, печінки та ін.), власна частота коливань яких менше 20 Гц. “Промінь смерті”, розроблений у Франції, представляє собою звуковий промінь із частотою 7 Гц [12]. Біля автошляхів рівень інтенсивності інфразвуку досягає 70-78 дБ [12]. Інфразвук значної інтенсивності фіксується в салонах автобусів, легкових автомобілів, вагонах метро. Низку хвороб нервової системи міських жителів пов’язують саме з інфразвуком, який погано затухає з відстанню і добре дифрагує в міському середовищі, проникає в квартири будинків через стіни й вікна. Рівні міських шумів за кожні 5-10 років зростають у наш час на 5 дБ і вважаються шкідливими, якщо вони перевищують 40 дБ [1].

За сучасними уявленнями шум вражає найважливіші системи людського організму: центральну й вегетативну нервові, ендокринну, серцево-судинну, імунну [13]. Дія шуму на центральну нервову систему веде до розумової втоми, послабленню уваги й пам’яті, шуму в голові, головним болям і запамороченням, емоційній нестійкості. Центральна нервова система під дією шуму гальмує обмін речовин і функціонує в умовах кисневого голоду (гіпоксії). Шум вражає серцево-судинну систему. При цьому змінюється кров’яний тиск, (виникає гіпертонія), пульс, електрокардіограма, підвищується рівень холестерину в крові, що є одним із факторів ризику атеросклерозу. Судини звужуються, збільшується їх проникність, погіршується кровопостачання. Шум із рівнем інтенсивності більше 65 дБ веде до пригнічення ряду показників природного імунітету [14].

Шум також може викликати порушення терморегуляції у людини, діяльності надниркових залоз, шлунку, кишечника. Згідно з [9], шум змінює електричну резистентність шкіри, порушує процес виділення шлункового соку, сильно діє на емоційну сферу людини, викликаючи депресію, утомленість, шум заважає відпочинку організму, відновленню його функціональної діяльності. Особливе значення при цьому має нічний спокій, під

час якого найбільш швидко й повно відновлюється функція нервової системи. Необхідна умова для доброго самопочуття, здоров'я і високої працездатності людини це - достатній і глибокий сон. Тому дуже важливим є шумовий фон міста в нічний час, оскільки окремі шуми в 40-45 дБА в нічну пору доби викликають часті скарги. Більші випадків розладів сну були пов'язані з міським шумом.

Дослідженнями встановлений прямий зв'язок між зростаючим рівнем шуму в містах і збільшенням числа хворих із розладами нервової системи. Інформація вказує на певне значення міського шуму в патогенезі гіпертонічної хвороби, зв'язаної з перенапруженням нервової системи в процесі життя й діяльності людини. В Україні вивчалася захворюваність жінок (домогосподарок), що проживають на вулицях із різним шумовим режимом, відзначена кореляція між захворюваністю й рівнем шуму. Так, різкий підйом захворюваності спостерігається при зростанні шуму від 70-75 до 85 дБ.

Захворюваність залежить від терміну проживання в міській місцевості. При тривалості проживання до 10 років мають місце захворювання нервової системи, при тривалості 10-15 років – захворювання серцево-судинної системи. Шкідлива дія шуму стає все більш небезпечною для здоров'я.

У жителів, що піддаються дії шуму, функціональні захворювання нервової системи зустрічаються в 3 рази частіше, гіпертонічна і гіпотонічна хвороби – в 1,4 рази, захворювання органу слуху – в 18,3 рази частіше, ніж у контрольній групі.

Шум шкодить мовному зв'язку, викликає фізіологічні, психологічні проблеми, впливає на соціальну поведінку людей, негативно впливає на тварин [13]. Він перешкоджає сну, це веде до появи хронічної втоми і врешті решт до захворювань.

Реакція людей на шум під час сну залежить від віку (табл.1.10). При однаковій інтенсивності шуму люди у віці 70 років пробуджуються в 72 % випадків, а діти 7 –8 років – лише в одному відсотку випадків. У дорослих

пробудження викликає шум із рівнем 30 дБ, а у дітей – 50 дБ [9].

Шум не є мутагенним фактором, але, змінюючи клітинний баланс, може приводити до появи мутацій. Помічено, що в сім'ях людей, які живуть поблизу аеропортів, низькорослі діти [9].

Соціальне значення глушіння шуму полягає в покращенні умов праці й відпочинку, якості навколишнього середовища, зменшення числа захворювань. Оцінка соціально-економічної ефективності заходів глушіння шуму пов'язана з акустичною безпекою праці й відпочинку. Соціальні втрати від шуму визначаються числом людей, які потрапили під дію виробничого або транспортного шуму, а соціальний ефект – зменшенням числа захворювань.

Таблиця 1.10 – Реакції населення на шум (за [15])

Показники впливу небажаного шуму	Відсоток скарг при рівнях звуку (дБА) на прилеглих до будинків територіях	
	72	56
Шум турбує	97	37
Фізичний стан не порушений	3	63
Приймання седативних засобів	43	23
Звернення до лікаря зі скаргами психогенного характеру	30	3
Заважає розмовляти по телефону	80	3
Заважає читанню	70	10
Неможливо відчинити вікна в квартирах	93	17

Підсумовуючи, можна виділити такі аспекти впливу акустичної енергії на людей:

- вплив на слухову функцію, яка зумовлює слухову адаптацію, слухову втому, тимчасову або постійну втрату слуху;
- порушення спроможності передавати та сприймати звуки мовного спілкування;
- подразнення, неспокій, порушення сну, відвертання уваги від звичних занять;
- зміна фізіологічних реакцій людини на стресові сигнали і на ті, що не є специфічними для шумового впливу;

- вплив на психічне і соматичне здоров'я;
- вплив на виробничу діяльність та розумову працю.

Установлено пряму залежність кількості скарг населення від рівня звуку на приміагістральних територіях. Так, за еквівалентного рівня звуку 75-80 дБ А зареєстровано понад 85% скарг, 65-70 дБ А – 64-70%. Якщо рівень звуку становить 60-65 дБ А, майже половина опитаних скаржилися на шум, при 55 дБ А третина населення відчувала неспокій, і тільки за рівня 50 дБ А скарг практично не було (5%). Ці рівні є прийнятними для територій житлової забудови. Порушується сон зазвичай у разі перевищення 35 дБ А, причому цей показник не залежить від статі, віку і роду занять.

Великі статистичні дослідження провели чеські гігієністи [35] з метою вивчення шумової дії на населення міст, пов'язавши її з числом захворювань і рівнем звукового тиску джерел шуму. За цим аналізом слідує: зниження еквівалентного рівня звукового тиску з 60 до 50 дБ вже дає ефект внаслідок зменшення кількості захворювань. Тоді зниження рівня звукового тиску з 70 до 50 дБ збільшує цей ефект вдвічі; з 80 до 50 – в 3,2 рази; з 90 до 50 дБ – в 4,4 рази [15].

Ми не маємо даних про. Про екологічні втрати від дії транспортного шуму в Україні можна скласти враження, аналізуючи ці ж данні в інших країнах. Так, по цінах на кінець 1995 р. загальні втрати від дії транспортного шуму в Німеччині – станом на 1989 р. оцінюють в межах від 7,8 до 9,6 млрд. екю [2].

## 1.4. Прилади вимірювання рівня шуму

Контроль ефективності заходів шумозниження й визначення відповідно нормативам шуму, необхідно проводити вимірювання рівнів звукового тиску в октавних смугах або рівнів звуку в дБ А. Шум можна виміряти різними приладами. З декількох послідовно сполучених приладів утворюється вимірювальний тракт. Схема цього тракту представлена на рис. 1.3 [1].

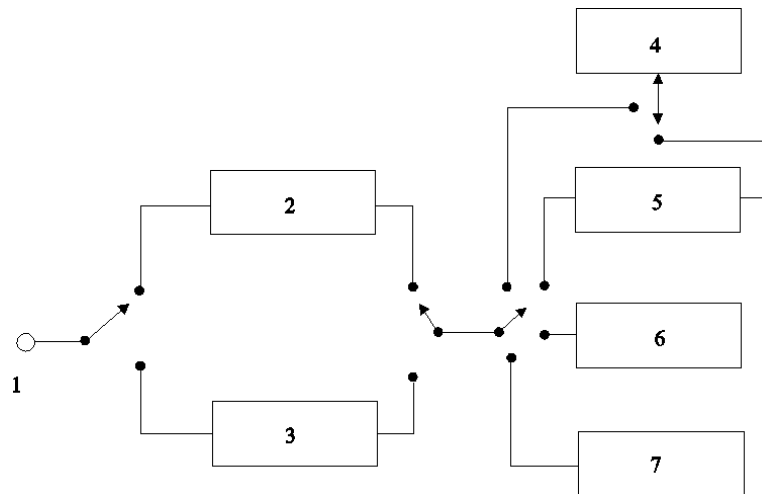


Рис. 1.3 – Блок-схема універсального вимірювального тракту

1 – мікрофон; 2 – шумомір; 4 – магнітофон, 4 – самописець; 5 – частотний аналізатор; 6 – осцилограф, 7 – інші прилади (необов'язково)

Прилади, зазначені на блок-схемі, дозволяють вимірювати рівень звукового тиску шуму, рівень звуку та дають можливість спостерігати на крані осцилограми значення звукового тиску шуму, реєструвати зміну рівня звукового тиску в часі, досліджувати частотні спектри шуму та реєструвати спектрограми, вивчати статистичні характеристики шумів (якщо в числі інших приладів є відповідний статистичний аналізатор), складати інші характеристики. При вимірюваннях шуму, в більшості випадків можна обмежитися шумоміром і частотним аналізатором, іноді використовують самописці. Шум можна також записати на магнітофон, а далі, вже в

лабораторних умовах, проаналізувати на стаціонарній апаратурі [1, 2, 8].

Вимірювальні мікрофони, призначаються для перетворення змінного звукового тиску у відповідну йому змінну електричну напругу. Частотна характеристика чутливості мікрофону залежить від його чутливості та від частоти. Найчастіше використовуються конденсаторні й електродинамічні мікрофони. П'єзоелектричні мікрофони через незадовільні частотні характеристики менш придатні для цієї мети.

Конденсаторні мікрофони призначені для вимірювань звукового тиску в приміщеннях при температурі  $20 \pm 5^\circ$  і відносній вологості повітря не більше 85%. Частотна характеристика мікрофона в діапазоні 20-20 000 Гц має велику нерівномірність – до 4 дБ. На ділянці 50-5000 Гц нерівномірність звичайно, не перевищує 1,5 дБ. Ці мікрофони придатні для вимірювання шумів із рівнем не менше 42-46 дБ. Конденсаторні мікрофони фірми „Брюль і К'єр” є мікрофонами вищого класу. Їх випускають декількох розмірів – діаметром 24, 12, 6 і 3 мм Ці мікрофони володіють практично лінійними частотними характеристиками, стійкі до дії високих і низьких температур, коливань атмосферного тиску і вологості [1].

Основними достоїнствами електродинамічних мікрофонів є широкий діапазон робочих частот при нерівномірності частотної характеристики менш  $\pm 3$  дБ, низький рівень власного шуму і великий динамічний діапазон (15-140 дБ). До таких мікрофонів відносяться МД-38, МД-38Ш і МД-59. Такі мікрофони мають цілком задовільні частотні характеристики з нерівномірністю, що не перевищує звичайно  $\pm 3$  дБ, і працюють у діапазоні температур від -10 до  $+35^\circ$ . Їх амплітудна характеристика лінійна до рівня 140 дБ [1].

Шумоміри призначені для вимірювань рівнів звуку, відповідних стандартним характеристикам (табл. 1.11, 1.12). Шумоміри Ш-63, Ш-3М, МІУ, Ш-52 вітчизняного виробництва з електродинамічними мікрофонами. Прилад МІУ комплектується напівоктавними фільтрами типу ПФ-1. Частоти фільтрів ПФ-1 не відповідають сучасним стандартам [8].

Таблиця 1.11 – Відносні частотні характеристики вимірювальних трактів і шумомірів

Частота, Гц	Відносна частотна характеристика, дБ		Допуски на нерівномірність характеристики, дБ
	Шкала А	Шкала С	
63	-26,2	-0,8	±4,0
80	-22,5	-0,5	+3,5
100	-19,1	-0,3	±3,5
125	-16,1	-0,2	+3,0
160	-13,4	-0,1	±3,0
200	-10,9	0	±3,0
250	-8,6	0	+3,0
315	-6,6	0	±3,0
400	-4,8	0	+3,0
500	-3,2	0	+3,0
630	-1,9	0	±3,0
800	-0,8	0	+ 2,5
1000	0	0	+2,0
1250	+0,6	0	±2,5
1600	+ 1,0	-0,1	+3,0
2000	+1,2	-0,2	+3,0
2500	+ 1,3	-0,3	+4,0; -3,0
3150	+ 1,2	-0,5	+5,0; -3,5
4000	+1,0	-0,8	+5,5; -4,0
5000	+0,5	-1,3	+6,0; -4,5
6300	-0,1	-2,0	+ 6,0; -5,0
8000	-1,1	-3,0	±6,0

Таблиця 1.12 – Основні характеристики деяких типів шумомірів

Тип шумоміра	Виробник	Тип мікрофона	Корекції	Діапазон частот	Діапазон рівнів, Гц	Калібровка	Діапазон температур (°С)	Вологість, %	Габаритні розміри, см	Маса, кг
Ш-63	НДІ ім А.С. Попова	МД38 ЩЕД*	АВС	40 Гц-10 кГц	30-140	Акустична (КЭА-2)	(+10)-(+35)	65±15	27x20x14	4,2
Ш-3М	„ЛОТ”	МД-59, ЕД	АВС	40 Гц-10 кГц	25-130	Електрична	–	–	25x16x22	5,5
МУ	МСП	МД-37Б, ЕД	–	60 Гц-8 кГц	50-150	Акустична	(-20)-(+50)	до 80	37x28x22	16,5
Ш-52	НДІ ім А.С. Попова	МД-35А, ЕД	ВС	60 Гц-8 кГц	36-130	Акустична	(-20)-(+40)	–	35x23x20	16,6
2203	„Брюль і Кер”	4131, К**	АВС	20 Гц-18 кГц	22-134	Акустична	(-10)-(+60)	0-90	31x12x9	2,7
P51-201	„RFT”	МК-101, К**	АВС	20 Гц-20 кГц	30-135	Акустична	(-10)-(+40)	0-90	26x20x13	3
1400Е	„DAWE”	кристалічний	АВС	32 Гц-8 кГц	24-140	Електрична	0-(+45)	85	–	–
2204	„Брюль і Кер”	4143, К**	АВС	2 Гц-70 кГц	15-140	Акустична	(-20)-(+60)	0-90	32x12x9	3

ЕД\* – електродинамічний, К\*\* – конденсаторний.

Частотні аналізатори підрозділяються на дві групи: 1) аналізатори з



постійною відносною шириною смуги пропускання та 2) аналізатори з постійної абсолютною шириною смуги пропускання. При вимірюваннях шуму та визначенні шумових характеристик автомобілів використовуються аналізатори тільки першої групи. Такі аналізатори можуть відрізнятися між собою шириною смуги пропускання та діляться на октавні, напівоктавні, 1/3-октавні (спектрометри) і вузько смугові (аналізатори гармонік). Стандартні граничні та середньгеометричні частоти смуг пропускання наведені в табл. 1.13.

Таблиця 1.13 – Стандартні граничні і середньгеометричні частоти смуг пропускання (за [1])

Граничні частоти октавних смуг, Гц	Середньгеометричні частоти, Гц		
	октавних смуг	напівоктавних смуг	1/3-октавних смуг
45-90	63	63	50
		90	63
			80
90-180	125	125	100
		180	125
			160
180-355	250	250	200
		355	250
			315
355-710	500	500	400
		710	500
			630
710-1 400	1000	1000	800
		1400	1000
			1250
1 400-2 800	2000	2000	1600
		2800	2000
			2500
2 800—5 600	4000	4000	3150
		5600	4000
			5000
5600-11200	8000	8000	6300
		11 200	8000
			10000

Смугові фільтри можуть бути виконані як окремі прилади, що підключаються до шумоміра, так і у вигляді складових частин спектрометрів. Основні характеристики деяких найбільш поширених пасивних фільтрів

наведені в табл. 1.14 [8].

Таблиця 1.14 – Основні характеристики смугових фільтрів

Тип фільтру	Виробник	Ширина смуги, октав	К-сть смуг пропускання	Діапазон середніх частот, Гц	Вхідний опір, Ом	Вихідний опір, Ом
ПФ-1	МСП	1/2	16	50—8 960	600	600
1614	„Брюль і К’єр”	1/1	16	2-160000	50	10000
		1/3	50	25-40 000		
OF-101	„RFT”	1/1	10	31,5-16000	600	600
14 64A	„DAWE”	1/1	6	125-4 000	600	600

Спектрометри, основні їх характеристики наведені в табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Основні характеристики спектрометрів (за [8])

Тип спектрометра	Виробник	Ширина смуги, октав	Число смуг, шт.	Діапазон середніх частот	Вид детектора	Вхідний опір, Ом	Вихідний опір,	Живлення, В	Потужність, Вт	Габаритні розміри, см	Маса, кг
Ш-2М	„ЛЮТ”	1/3-1/10	25	40Гц-10кГц	Лінійний	–	–	127, 220	55	34x21 x18	7,5
СЗЧ	МСП	1/3	27	50Гц-48кГц	Квадратний	1,4МОм, 150пФ	–	220	250	172x54 x50	225
112	„Брюль і К’єр”	1/2, 1/10	16 50	2Гц-160кГц		2,2МОм, 30пФ	50Ом, 24мкФ	127, 220	50	51x40 x20	30

Таблиця 1.16 – Основні характеристики самописців рівня шуму

Тип самописця	Виробник	Вид детектора	Вихідний опір, Ом	Швидкість пера, мм/с	Швидкість паперу, мм/с	Габаритні розміри, см	Маса, кг
Н-110	Завод „Вібратор”	Квазіпіковий	40	50-1000	0,003-100	51x35x19	31
2305	„Брюль і К’єр”	Квадратичний	18	4-2000	0,0003-100	21x49x29	25
1406С	„DAWE”	–	10	300	1, 10, 50	40x29x23	14

Основні характеристики найбільш поширених типів самописців рівня шуму наведені в табл. 1.16. Фахівці вважають, що найкращим є прилад типу 2305 із квадратичним детектором фірми „Брюль і К’єр”, але він придатний для вимірювання лише не імпульсних, стаціонарних шумів [1].

Магнітофони. Достовірні дані з використанням попереднього запису

шуму за допомогою магнітофона можна отримати тільки в тому випадку, якщо в процесі запису й відтворення похибки запису не перевищують допустимих значень. Основними технічними вимогами до таких магнітофонів: діапазон частот не менше 50-10000 Гц, нерівномірність частотної характеристики не більш  $\pm 3$  дБ; динамічний діапазон запису не менше 40 дБ, нелінійні спотворення не більше 5%, детонація не більше 1%. Фірмою „Брюль і К'єр” випускається прецизійний магнітофон типу 7001, в якому нижня межа частот запису досягає 0 Гц, а верхня – 20 кГц. Спотворення на виході не перевищують 1%. Він має два канали запису, проте, більшість переносних магнітофонів не відповідають цим вимогам і дають значні спотворення. Записані на них шуми можна обробляти тільки після переробки підсилювачами запису. Переробки не вимагають магнітофони марки Репортер (2, 3, 5), характеристики яких відповідають наведеним вище. Нерівномірність їх частотної характеристики  $\pm 3$  дБ, динамічний діапазон 48 дБ, швидкість протягування магнітної стрічки – 190,5 мм/с, максимальна тривалість безперервного запису – 15 хвилин [1].

Методи вимірювання шуму в приміщеннях та на територіях. В кожній точці повинні проводитися вимірювання рівнів звукового тиску в октавних смугах в діапазоні середніх частот 63-8000 Гц, а при необхідності тільки орієнтовної оцінки шуму – лише рівні звуку в дБ А.

Вимірювання здійснюють в точках приміщення або простору, де знаходиться голова людини. Якщо не можна встановити місце знаходження людей, то вимірювання слід проводити в декількох точках так, щоб охопити якомога більшу область.

У практиці санітарно-епідеміологічної служби м. Луцька для вимірювання рівня шуму використовується інтегруючий прецизійний шумомір Robotron 00026 німецького виробництва (рис. 1.4) або прилад вітчизняного виробництва ВШВ 003 М2.

Основні принципи методики вимірювань передбачають, що в кожній точці повинні проводитися вимірювання рівнів звукового тиску в октавних

смугах у діапазоні середніх частот 63-8000 Гц, а при потребі тільки орієнтовної оцінки шуму – лише рівні звуку в дБ А. Якщо не можна встановити місцеположення людей, то вимірювання слід проводити в декількох точках, так щоб охопити якомога більшу область, що цікавить.

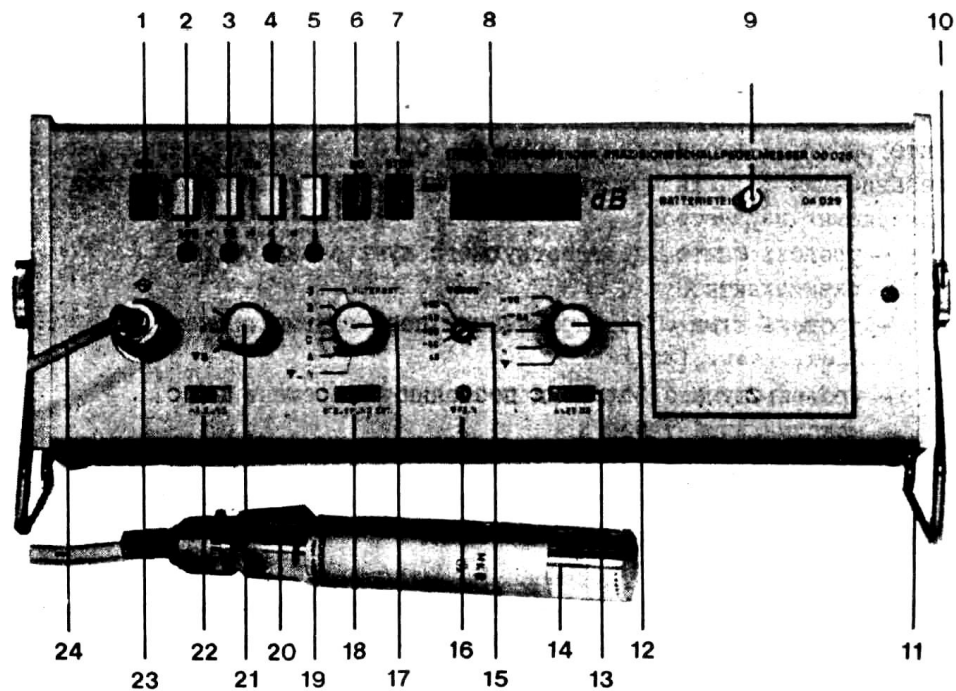


Рис. 1.4 – Загальний вигляд інтегруючого прецизійного шумоміра Robotron 00026

- 1 – клавіша виключення й включення приладу з таймером часу;
- 2-5 – клавіші попередньої установки часу; 256
- 6 – пускова клавіша й клавіша скиду;
- 7 – клавіша STOP/СТОП – переривання процесу вимірювання;
- 8 – індикаторне поле (4 цифри);
- 9 – гвинт із накатаною головкою батарейного відсіку;
- 10 – гвинти з накатаними головками для фіксації підтримуючих і підйомних скоб;
- 11 – підтримуючі й підйомні скоби;
- 12 – перемикач режимів;

- 13 – перемикач показів (включення й виключення свідчення рівня);
- 14 – капсуль мікрофону МК 102;
- 15 – вмикач GROB/ГРУБО (включення основного рівня);
- 16 – вмикач FEIN/ТОЧНО (калібрувальний регулятор);
- 17 – перемикач „оцінка частоти”;
- 18 – перемикач із внутрішнього на зовнішнє управління;
- 19 – підсилювач вимірювального мікрофона;
- 20 – мікрофонний утримувач;
- 21 – перемикач "оцінка часу";
- 22 – вмикач нагріву мікрофона;
- 23 – вхідне гніздо мікрофону;
- 24 – мікрофонний кабель.

Вимірювання рівня звукового тиску в октавних смугах частот звичайно, проводиться шумоміром з октавними смуговими фільтрами або вимірювальним трактом, який включає вимірювальний мікрофон, підсилювач, октавні смугові фільтри, індикаторний прилад, самописець рівня. З такою ж метою можна використовувати смугові фільтри з шириною смуг пропускання менш октави (1/2- або 1/3-октавними) з наступним перерахунком отриманих результатів у рівні звукового тиску в октавних смугах частот. Рівні звуку в децибелах А вимірюють шумоміром, включеним на шкалу А, або вимірювальним трактом із підсилювачем, який має частотну характеристику А. Мікрофон шумоміра повинен бути направлений в бік джерела шуму та віддалений не менше ніж на 0,5 м від людини та інших джерел шуму [1].

Вимірювання шумів в умовах повітряних потоків, які рухаються з швидкістю більше 1 м/с, слід проводити з противітровим пристосуванням. При вимірюваннях шумомір включають на положення «швидко». При постійних шумах, флуктуацію рівнів, які мають, до 5 дБ, відлік береться по середньому положенню стрілки при її коливаннях. В кожній точці

вимірювання повторюють не менше 3 разів і результати усереднюють [1].

Вимірювання шуму від внутрішніх джерел у приміщеннях житлових і суспільних будівель проводять при закритих вікнах не менше ніж на 1,2 м від захищаючих конструкцій. Шум від зовнішніх джерел в приміщеннях житлових і суспільних будівель виміряють при відкритих кватирках або при відкритих вікнах не менше ніж в 3 точках на висоті 1,2 м, віддалених не менше ніж на 1,2 м від захищаючих конструкцій. [8].

Для транспортних шумів вимірювання проводяться в часи «пік». При вимірюваннях рівні звуку доцільно реєструвати на стрічці реєстратора рівнів або використовувати спеціальні статистичні аналізатори. [2].

## 1.5. Допустимі норми шуму

Вирішення першочергових задач боротьби з шумом в умовах житлової забудови міст вирішальне значення мають санітарні норми допустимих рівнів та спектрів шуму, оскільки вони визначають ті або інші заходи, направлені на зниження шумів від різних джерел. Наявність санітарних норм допустимих рівнів шуму в значній мірі дає можливість розробити технічні, планувальні інші містобудівні заходи, направлені на створення шумового режиму, що відповідає гігієнічним вимогам до житлової забудови. Маючи норми шуму для житлових приміщень та територій житлової забудови, в деякій мірі можна вирішувати задачу нормалізації шумового режиму в селітебній частині міста.

Найважливішим критерієм оцінки впливу шуму є функціональний стан центральної нервової й серцево-судинної системи, який визначається експериментальними дослідженнями величини зсуву окремих функцій цих систем та їх часу відновлення. Як допустимий приймається такий рівень шуму, дія якого протягом тривалого часу не викликає змін реакції комплексу фізіологічних функцій, найчутливіших і адекватних шуму (нервова, серцево-судинна системи, гуморальні показники, стан слуху, суб'єктивне самопочуття).

Нормування шумів для умов міської забудови проводиться відповідно до діючих „Санітарних норм допустимого шуму в приміщеннях житлових і громадських будівель та на території житлової забудови” (№ 872-70), затверджених 18.12.1970. Такі норми обов'язкові для всіх міністерств, відомств і організації будь-якої форми власності, що займаються проектуванням, будівництвом і експлуатацією житлових і громадських будівель, розробляють проекти планування й забудови міст, мікрорайонів, житлових районів, кварталів, транспортних засобів, комунікацій і т. д., а також для організацій, які займаються проектуванням, виготовленням та експлуатацією технологічного та інженерного устаткування, будівель і побутових приладів. Ці організації зобов'язані передбачати й здійснювати необхідні заходи по зниженню шуму до рівнів, встановлених вищезгаданими нормами. Нормованими параметрами постійного або переривистого шуму є рівні в децибелах (L) середньоквадратичного

звукового тиску в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, які визначаються за формулою [8]:

$$L = 20 \lg \frac{P}{2 \cdot 10^{-5}} \quad (1.19)$$

де  $P$  – середньоквадратична величина звукового тиску,  $\text{Н/м}^2$  ;  
 $2 \cdot 10^{-5}$  – порогова величина середньоквадратичного звукового тиску,  $\text{Н/м}^2$ .

Постійним вважається шум, рівень якого в часі змінюється не більше ніж на 5 дБ (наприклад, шум від постійно працюючих насосних або вентиляційних установок). Шум, що уривається паузами тривалістю в декілька годин, хвилин або секунд – це переривистий шум. При цьому час, протягом якого шум залишається постійним (вище за шумовий фон), складає 1 с або більш (наприклад, шум від ліфтів або холодильних установок).

Таблиця 1.17 – допустимі октавні рівні звукового тиску та рівні звуку в приміщеннях житлових і громадських будівель, а також поблизу житлових будинків, лікарень, на майданчиках відпочинку, розташованих у житлових кварталах і мікрорайонах (за [9])

Призначення приміщень чи територій	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц								Рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Рівні звукового тиску, дБ								
1. Палати лікарень і санаторіїв, операційні лікарень	51	39	31	24	20	17	14	13	25
2. Жилі кімнати квартир, спальні приміщення в дитячих закладах і школах-інтернатах, житлові приміщення будинків відпочинку та пансіонатів	55	44	35	29	25	22	20	18	30
3. Кабінети лікарень, санаторіїв, поліклінік, концертні зали, номери готелів, жилі кімнати в гуртожитках	59	48	40	34	30	27	25	23	35
4. Території лікарень, санаторіїв, що безпосередньо прилягають до будівель	59	48	40	34	30	27	25	23	35
5. Класи і аудиторії в школах і учбових закладах, конференц-зали, читальні зали, зали театрів, та кінотеатрів	63	52	45	39	35	32	30	28	40



6. Території житлової забудови, що безпосередньо прилягають до будинків, майданчики для відпочинку в мікрорайонах і житлових кварталах	67	57	49	44	40	37	35	33	45
7. Робочі приміщення управлінь і конструкторських бюро в адміністративних будівлях	71	61	54	49	45	42	40	38	50
8. Зали кафе і ресторанів, їдальні, фойє театрів і кінотеатрів	75	66	59	54	50	47	45	43	55
9. Торгові зали магазинів, спортзали, пасажирські зали аеропортів і вокзалів, приймальні пункти підприємств побутового обслуговування, перукарні	79	70	63	58	55	52	50	49	

Щоб орієнтуватись в оцінках постійного або переривистого шуму користуються загальним рівнем, вимірним по шкалі А шумоміра, який називають „рівнем звуку в дБ А”. Непостійним шумом вважається шум, рівні якого в часі змінюються більш ніж на 5 дБ (наприклад, всі види транспортних шумів). Такий шум оцінюється в еквівалентних рівнях звуку ( $L_{екв.}$ ) у дБ А, розрахованих по вимірних рівнях звуку в дБ А. Обчислені еквівалентні рівні звуку співставляються з нормованими допустимими рівнями звуку в дБ А.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот та рівні звуку для приміщень житлових і громадських будівель, територій мікрорайонів і житлових кварталів наведені в табл. 1.17 з поправками – табл. 1.18. Поправки до допустимих октавних рівнів звукового тиску й рівнів звуку вносяться на характер шуму, суммарний час його дії, час доби і місцеположення об'єкту [9].

Еквівалентний рівень звуку даного непостійного шуму являє собою рівень звуку постійного широкосмугового неімпульсного шуму, який чинить таку ж дію на людину, як і непостійний шум. Еквівалентний рівень звуку розраховується за формулою [1]:

$$L_{екв.} = 10 \lg \left( \frac{1}{100} \sum f_i \cdot 10^{0.1L_i} \right) \quad (1.20)$$

Таблиця 1.18. Поправки до допустимих октавних рівнів звукового тиску

Фактор, що впливає	Умови	Поправка, дБ чи дБА
--------------------	-------	---------------------

Характер шуму	Широкополосний	0
	Тональний, імпульсний	-5
Розташування об'єкта	Курортний район	-5
	Новий проєктований міський житловий район	0
	Житлова забудова, що розміщується в існуючій	+5
Час доби	День – з 7 до 23 години	+ 10
	Ніч – з 23 до 7 годин	0
Тривалість дії переривчастого шуму вдень за найбільш шумні півгодини	Сумарна тривалість, %:	
	56-100	0
	18-56	+5
	6-18	+10
	Менше 6	+15

Примітки до таблиці:

1. Тривалість дії шуму повинна бути обґрунтована розрахунком, чи підтверджена технічною документацією.
2. Тональним вважається такий шум, в якому прослуховується звук певної частоти.
3. Імпульсним вважається шум, що сприймається як окремі удари і він складається з одного або декількох імпульсів звукової енергії, причому тривалість кожного імпульсу менше 1 с.
4. Поправки на час доби вносяться для житлових кімнат, квартир, гуртожитків та номерів готелів, спальних приміщень дитячих дошкільних закладів, шкіл-інтернатів, палат лікарень, санаторіїв, житлових приміщень будинків відпочинку й пансіонатів; для територій житлової забудови, безпосередньо прилеглих до житлових будинків, територій лікарень, санаторіїв.
5. Поправки на місце розташування об'єкту враховуються тільки для зовнішніх джерел шуму в житлових приміщеннях, спальнях і на території житлової забудови.

Певний (розрахований) еквівалентний рівень не повинен перевищувати допустимі значення рівнів звуку в дБ А по табл. 1.17 з поправками на характер шуму, місце розташування об'єкту та час доби по табл. 1.18. При цьому поправка на тривалість дії шуму не повинна використовуватися.

## 2. ДЖЕРЕЛА ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ М. ЛУЦЬКА

### 2.1. Акустичне забруднення від стаціонарних джерел

Джерелами значного акустичного забруднення являються промислові підприємства, розміщені у межах міст. Порушення акустичного режиму відбувається в випадках, коли територія підприємства знаходиться поруч із житловими кварталами. Звичайно, це спостерігається тоді, коли житлові квартири внаслідок росту міста наблизились до заводів, які у свій час будувались за межами міста.

На підприємствах різного профілю може бути велика кількість джерел шуму з рівнем інтенсивності до 100-120 дБ. До них відносяться двигуни внутрішнього згорання транспортних цехів заводів, пилорами, естакади навантаження – розвантаження металу, вентиляційне обладнання, компресори, місця викидів стисненого повітря (пари) і т.д. Так, наприклад, двигуни внутрішнього згорання можуть бути джерелом шуму з рівнем інтенсивності до 110 дБ, вентилятори – більше 90 дБ, турбокомпресори – до 110 дБ, викиди стисненого до 6 атм. повітря – більше 120 дБ. Якщо підприємство оточено огорожею (бетонною, цегляною), яка виконує в цьому випадку роль шумозахисного екрана, то шумове забруднення значно знижується [8, 17].

Луцька міська санепідемстанція щорічно проводить перевірку всіх підприємств міста згідно графіка, проводяться дослідження забруднення повітря на підприємствах, визначається рівень освітленості, мікроклімат у виробничих приміщеннях, вимірюється шум на робочих місцях.

Виробничі приміщення, в яких зниження рівня шуму пов'язане з великими технічними труднощами орієнтуватись треба не тільки на стомлюючу дію шуму, але й на попередження розвитку професійної

туговухості та інших видів патології [9].

Було заміряно рівень інтенсивності шуму та проаналізовано дані щодо інтенсивності шуму на підприємствах міста. В таблиці 2.1 наведені рівні інтенсивності шуму, що створюють джерела таких підприємств.

Таблиця 2.1 – Рівні інтенсивності шуму, що створюють джерела підприємств міста на прилеглих територіях

Назва заводу	Рівень інтенсивності шуму, дБ
ВАТ „ЛуАЗ”	60-65
ВАТ „ЛПЗ”	60
ВАТ „Волтекс”	55-60
ВАТ „Луцьпластмас”	55-60
ВАТ „Завод продтоварів”	60

З таблиці 2.1 видно, що із врахуванням розмірів санітарно-захисної зони, підприємства, за межами своєї території, створюють незначне шумове забруднення навколишнього середовища, тому в подальшому дослідженні орієнтувались в основному на „вклад” у акустичне забруднення транспорту.

Виключенням є лише авіаремонтний завод. За період тестових випробовувань реактивних двигунів створюється рівень шуму 120-140 дБ. Навіть за межами санітарно-захисної зони заводу, яка до річі, не витримана відносно житлових районів, на значній частині міста (на півночі та в центрі міста) акустичне забруднення перевищує допустимі межі. Було встановлено, що з подвоєнням відстані від джерела шуму, рівень шуму зменшується на 3 дБ, тому навіть на відстані 1 км рівень шуму все одно залишається доволі високим (>70 дБ) і лише на відстані 1,5-2,0 км він досягає допустимих значень.

## 2.2. Акустичне забруднення транспортом

Авіаційна галузь завдає найбільшого акустичного забруднення серед усіх інших видів транспорту. Не так давно у Луцьку функціонував аеродром та аеропорт, на сьогоднішній день він закритий, розформований і є не те, що джерелом забруднення, але й не діючим об'єктом. Військовий аеродром використовують зрідка. Оскільки інтенсивність польотів у місті низька, проводяться вони нерегулярно, тому й не є джерелами суттєвого акустичного забруднення. Окрім того, військова авіаційна частина поступово виводиться з Луцька та змінює свою дислокацію.

Залізнична станція м. Луцька не вузлова, вона є тупиковим відгалуженням Ківерцівської гілки Південно-Західної залізниці. На залізничних коліях місцевого значення, по яким відбувається постачання заводів, рух потягів відбувається з невисокою швидкістю, в межах 15-20 км/год та невисокою інтенсивністю руху, тож на прилеглих до колій місцевого значення територіях шум є незначним і не перевищує 65-70 дБ.

Основні залізничні колії перетинають місто зі сходу на південний захід, найбільш інтенсивний рух поїздів – в районі 40-го кварталу, дуже сильно забудованого, а далі – через територію приміських сіл.

Рух потягів по основним коліям відбувається за певним графіком, не є дуже інтенсивним, проте є джерелом сильного шумового забруднення прилеглих до колій територій, а також супроводжується випроміненням високо інтенсивних звукових хвиль в низькочастотній (шум стуків коліс на стиках), так і в високочастотній областях спектру шуму. Враховуючи те, що звуки низької частоти майже не стихають із відстанню, шум від потягів добре фіксується на відстані багатьох сотень метрів від колії. В таблиці 2.2 наведені рівні інтенсивності шуму, що створюють потяги рухаючись по залізничних коліях.

Таблиця 2.2 – Рівні інтенсивності шуму, що виникають у навколишньому середовищі при русі потягів

Відстань до потяга, м	10	25	50	100
Рівень шуму при русі по колії, б (швидкість 60 км/год.)	88	85	81	75

Серед усіх видів транспорту найбільше акустичне забруднення припадає саме на автомобільний транспорт, який складається із шуму двигуна, трансмісії, газів які викидаються з глушника. Цей шум є основним до швидкості 50 км/год. В разі більших значеннях швидкості перше місце займає аеродинамічний шум коліс. Крім цього в спектрі шуму є високі частоти (обертони). Основна частота звуку, створюваного двигуном, визначається за формулою [2]:

$$v = \frac{N \cdot n}{60} (\Gamma\text{ц}), \quad (2.1)$$

де  $v$  – основна частота звуку, Гц;  $N$  – число обертів колінвалу за хвилину;  $n$  – число циліндрів двигуна.

Серед автомобілів найбільше шумове забруднення створюють, вантажні. Ситуація у місті Луцьк з цим доволі несприятлива – місто прикордонне, інтенсивність транспортних потоків, якими перевозяться експортно-імпортні вантажі, дуже значна. Окрім того, різко зросла кількість автівок у зв'язку внутрішньо-переміщеними особами з районів бойових дій, а також із введенням в дію закону про без розмитнення автомобілів з Європи, що спричинило різке збільшення автопотоку в місті.

В таблиці 2.3 та на рис. 2.1-2.2 наводяться дані рівнів інтенсивності шуму, які одержані при розміщенні датчика шумоміру біля глушника автомобіля. Як видно із таблиці, пріоритетними джерелами шуму (з приведенного переліку) є автомобілі ГАЗ-53 27 та ЗІЛ-130, які створюють при максимальному числі обертів колінвалу двигуна шум із рівнем інтенсивності відповідно 108 і 104 дБ.

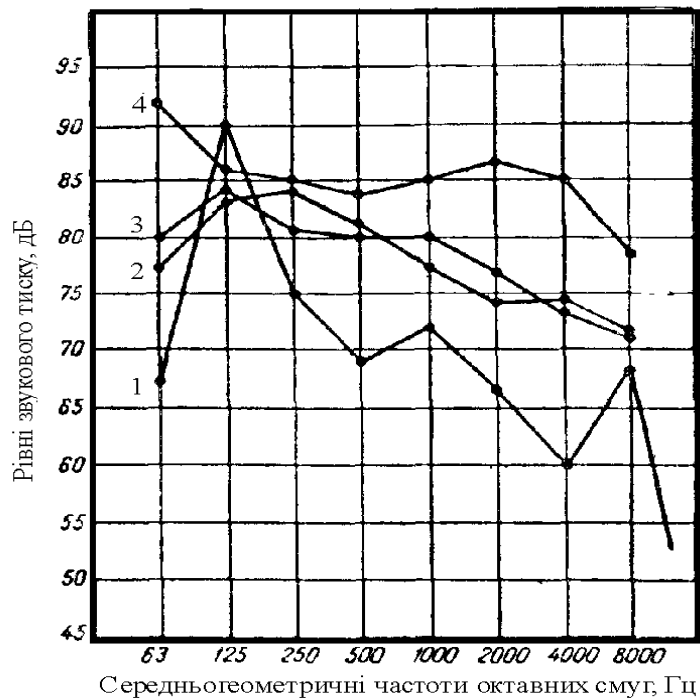


Рис. 2.1 – Рівень звукового тиску в октавних смугах частот шуму автомобілів, заміряних на відстані 7,5 м від осової лінії автомобіля, що рухається, при розгоні: 1 – легковий автомобіль; 2 – вантажний автомобіль з двигуном малої потужності; 3 – автобус; 4 – вантажний автомобіль з потужним двигуном

Таблиця 2.3 – Рівні інтенсивності шуму, які створюють різні автотранспортні засоби за [7]

Тип транспортного засобу	Найбільша частота звуку, Гц	Рівень інтенсивності шуму при різних режимах роботи двигуна, дБ		
		низькі оберти	середні оберти	максимальні оберти
Автомобіль ГАЗ-5327	330	76	93	108
Автомобіль ЗІЛ-130	330	76	84	104
Автомобіль “КАМАЗ”	330	76	86	92
Автомобіль “КрАЗ-256”	330	76	80	90
Автобус “ЛАЗ”	330	76	83	92
Автомобіль “Таврія”	330-360	72	80	84
Мопед “Карпати”	70	80	87	92
Мопед “Сузукі”	90	70	75	90

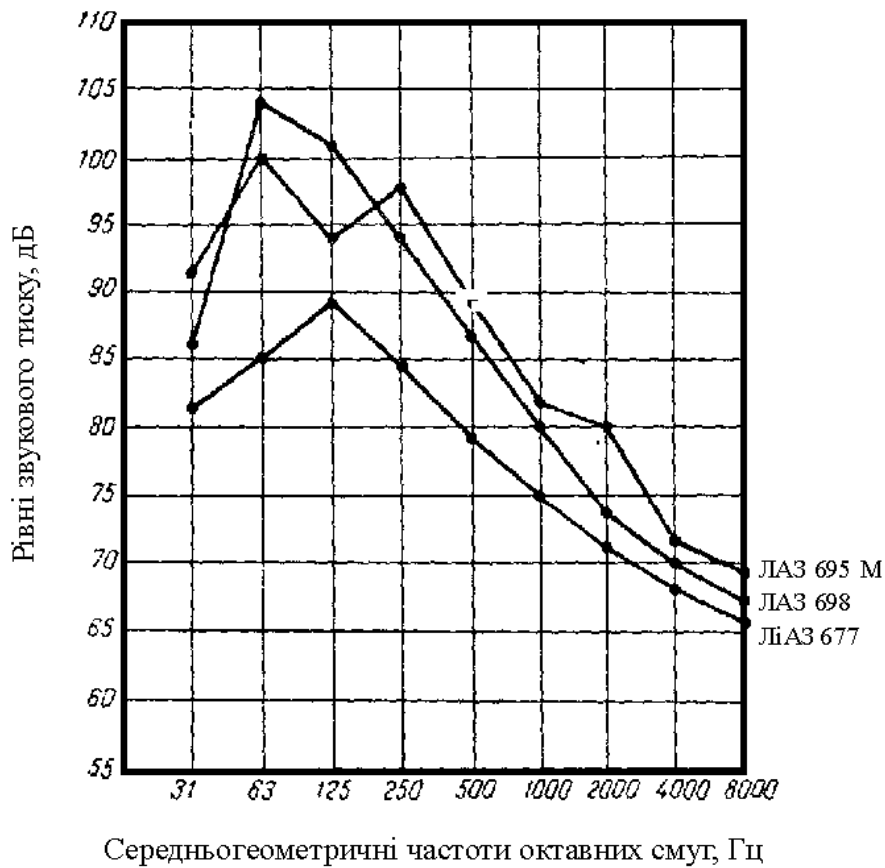


Рис. 2.2 – Рівень звукового тиску в октавних смугах частот шуму різних моделей автобусів, заміряних на відстані 7,5 м від осьової лінії автобуса, що рухається (за [1])

У розрахунках рівня шумового забруднення від автотранспорту, важливим моментом є визначення пріоритетного напрямку розповсюдження шуму, що визначається шляхом побудови діаграми направленості шуму автомобіля. Як свідчать літературні джерела [15], діаграми направленості шуму автомобілів можна вважати як слабо направлені. Для легкових автомобілів звук переважно розповсюджується в напрямку руху та в зворотному напрямку, а для вантажних – звук розповсюджується здебільшого в напрямку руху.

При порівняльній оцінці джерел шуму слід також відмітити мопеди й мотоцикли. Незважаючи на відносно невелику потужність їх двигунів, вони є сильними забруднювачами навколишнього середовища відпрацьованими



газами і шумом, річ у тім, що на цих транспортних засобах встановлені двохтактні двигуни, в бензин добавляють автол (який погано згорає), а шум двигунів – низькочастотний (із частотою до 100 Гц), який слабо затухає в атмосфері.

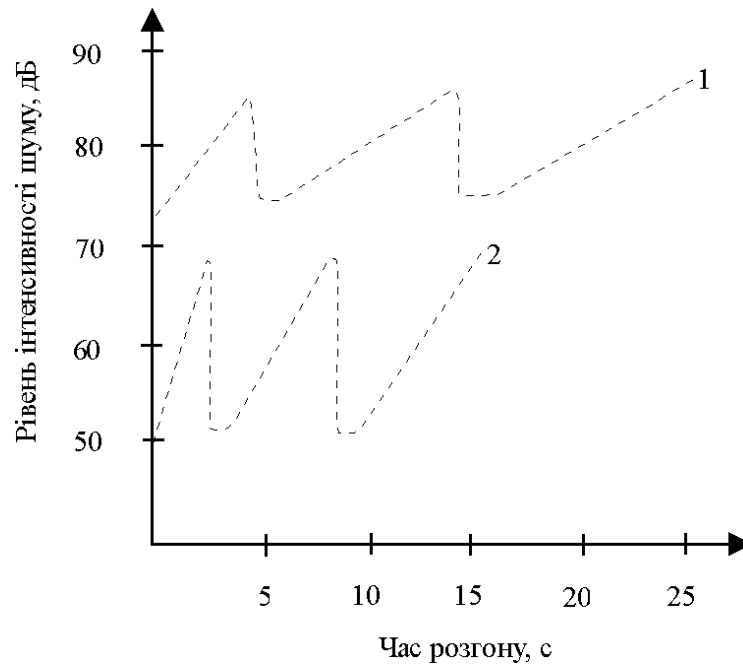


Рисунок 2.3 – Зміна середнього рівня інтенсивності шуму при розгоні:

1 – вантажний автомобіль, 2 – легковий автомобіль.

На рисунку 2.3 підйом рівня шуму відповідає руху на I, II, III передачах, а падіння – переключенню передач.

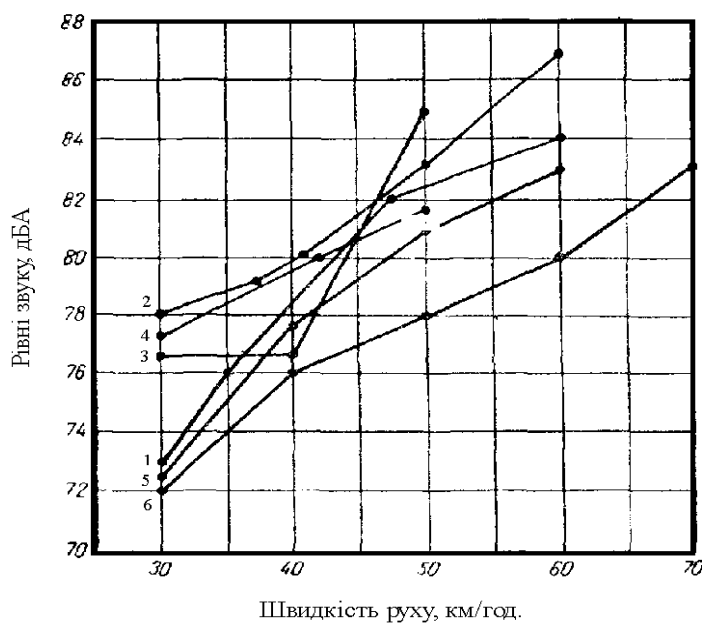


Рисунок 2.4 – Рівень звуку на відстані 7,5 м від автомобілів, що рухаються на прямій передачі: 1 – МАЗ-5335; 2 – МАЗ-504; 3 – МАЗ-200; 4 – МАЗ-200 із двигуном ЯМЗ-2С4 (сідельний тягач); 5 – КАМАЗ-5420, 6 – ЗІЛ-130 (за [1])

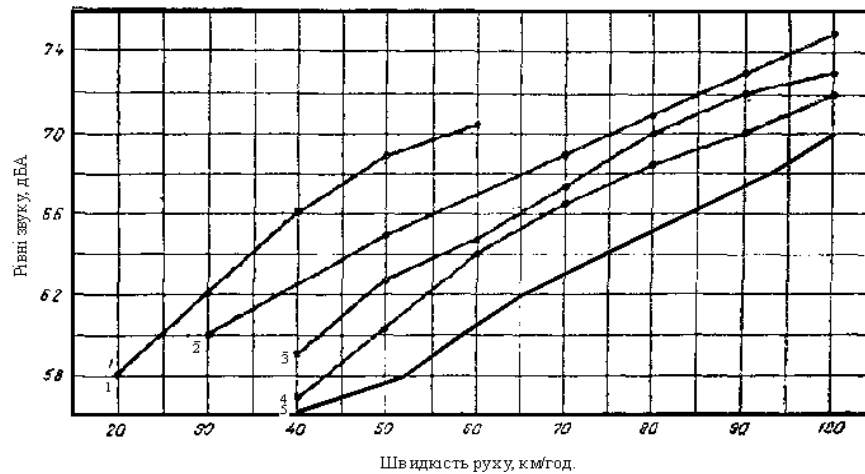


Рисунок 2.5 – Рівень звуку на відстані 7,5 м від автомобілів, що рухаються на прямій передачі: 1 – ЗАЗ-968М (ЛуАЗ-969М), 2 – АЗЛК-2140 (Іж-412), 3 – ВАЗ-2101-07, 4 – ГАЗ-2410, 5 – легкові автомобілі іноземного виробництва (Opel, VW, Ford) (за [1])

При більш прискореному або сповільненому розгоні залежність рівня інтенсивності від часу буде іншою, після досягнення певної швидкості рівень інтенсивності шуму збільшується приблизно на 3 дБ із збільшенням швидкості на кожні 10 км/год. З урахуванням того, що найбільший рівень шуму автомобілі створюють при розгоні, що спостерігається при русі з місця, проїзді перехрест'я вулиць, найбільш вражені шумом ділянки вулиць на відстані 100-150 м від перехрестя (зупинки) у дві сторони від нього. Ці зони являються підвищеної екологічної безпеки тому, що в них також реєструється підвищений викид відпрацьованих газів. Шум транспортних засобів швидко затухає з віддаленням від нього. На рисунку 2.6 показані криві затухання рівня шуму автомобілів із збільшенням відстані до досліджуваної точки.

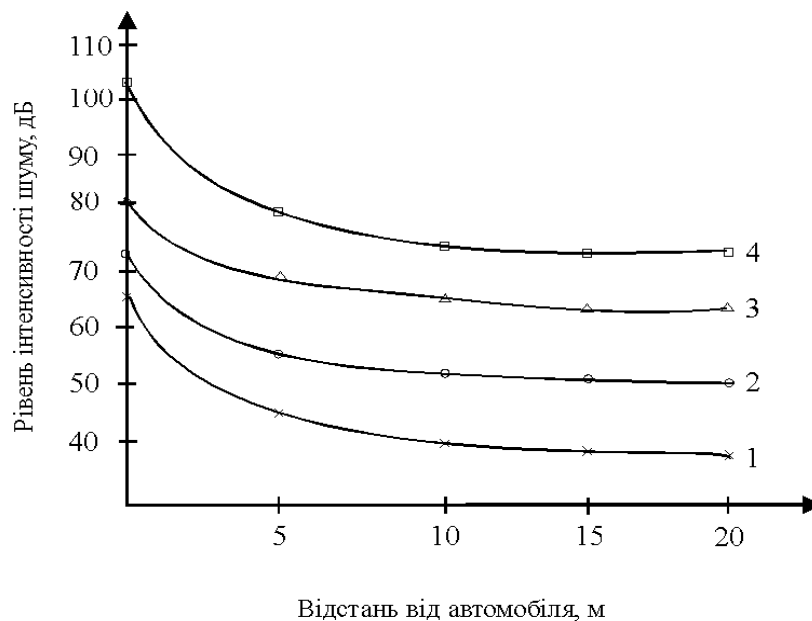


Рисунок 2.6 – Залежність рівнів шуму автомобілів від відстані від глушника до досліджуваної точки (за [2])

- 1 – автомобіль ВАЗ-2106, низькі оберти ( $n=1000$  об/хв);
- 2 – автомобіль ВАЗ-2106 середні оберти ( $n=3000$  об/хв);
- 3 – автомобіль ВАЗ-2106 максимальні оберти ( $n=5000$  об/хв);
- 4 – автомобіль ГАЗ-53 максимальні оберти ( $n=2500$  об/хв).

На рисунку 2.6 видно, що для зниження рівня шуму до 60 дБ потрібно віддалити автомобіль на відстань більш ніж 20 метрів.

Вулиці міста можна умовно розділити на три категорії [2]:

- закриті, з відстанню проїжджої частини від будинків менше 50 м;
- напівзакриті, з відстанню як до проїжджої частини так і до будинків з однієї сторони менше 50м;
- відкриті, з відстанню від проїжджої частини до будинків більше 50 м (із двох сторін).

В місті Луцьк налічується 500 вулиць, провулків, більшість яких відноситься до вулиць закритого типу. До таких відноситься, проспекти Волі, Відродження, Перемоги, Грушевського, а також вулиці Ковельська, Рівненська, Дубнівська, Львівська, Володимирська, Винниченка, Лесі Українки, Шевченка, Кравчука, Хмельницького тощо. До другої категорії

відносяться вулиці Глушець, Гордіюк, Ківерцівська, Конякіна, Боженка. До третьої категорії - вулиці Набережна, Потєбні, Гнідавська, Мамсурова, об'їзна через Рованці, також варто зазначити, що їх суттєво менше, ніж вулиць першої категорії.

Центральна частина міста, а також південний схід та північний захід міста, знаходиться в долині р. Стир, що не сприяє розсіюванню газів в часи ранішньої та вечірньої інверсії, а також при проходженні антициклонів, які супроводжуються безвітряною погодою.

Основна транспортна вітка ділить місто на північну й південну частини, що складається з декількох автомагістралей, які поступово переходять одна в одну: вул. Ковельська – проспект Волі. Ці автомагістралі мають по 4 смуги руху і є вулицями закрито-напівзакритими.

В дипломній роботі вивчалась інтенсивність руху автомобілів по основних вулицях міста. На рисунку 2.7 показано залежність інтенсивності руху автотранспорту проспектом Волі в залежності від часу доби.

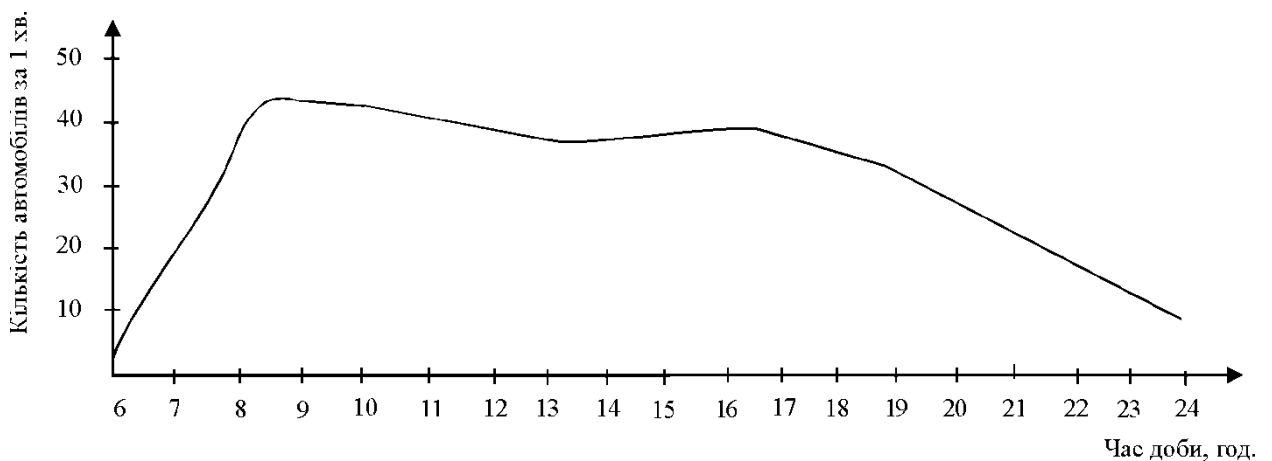


Рис. 2.7 – Зміна інтенсивності руху автотранспорту за доби

На рисунку 2.7 видно, що зранку інтенсивність руху автомобілів знаходиться на рівні 10-20 автомобілів за хвилину, тобто близько 600-1200 автомобілів у перерахунку на годину, згодом інтенсивність руху зростає

й досягає 40-45 автомобілів за хвилину (в деяких випадках до 50). Для порівняння можна взяти дані по м. Києву, де інтенсивність руху автомобілів по деяких транспорто-навантаженим вулицям досягає 100 автомобілів за хвилину йі більше.

Вивчення структури транспортних потоків показало, на вулицях, де введено обмеження руху вантажних автомобілів, їх кількість, а також кількість великих автобусів знаходиться в межах 10-15%. Вантажні автомобілі, які знаходяться в транспортному потоці, відносяться до автопідприємств, що обслуговують місто. Кількість вантажних автомобілів в транспортних потоках на об'їзних шляхах складає – до 40%. Висока частка вантажного транспорту в місті зумовлена транзитним прикордонним положенням міста.

Рух транспортного потоку основними вулицями міста – пульсуючий. Це зумовлено наявністю світлофорів, що мають період зміни сигналу 20-40 с. Відповідної утворюється шумова пульсація.

Як для середніх міст України, у Луцьку високий рівень шумового забруднення автотранспортом. Дослідження, проведені ще в кінці 70-х р.р. Інститутом комунальної гігієни під керівництвом С.І. Еппель, встановили аномально високі рівні акустичного забруднення (рис. 2.8).

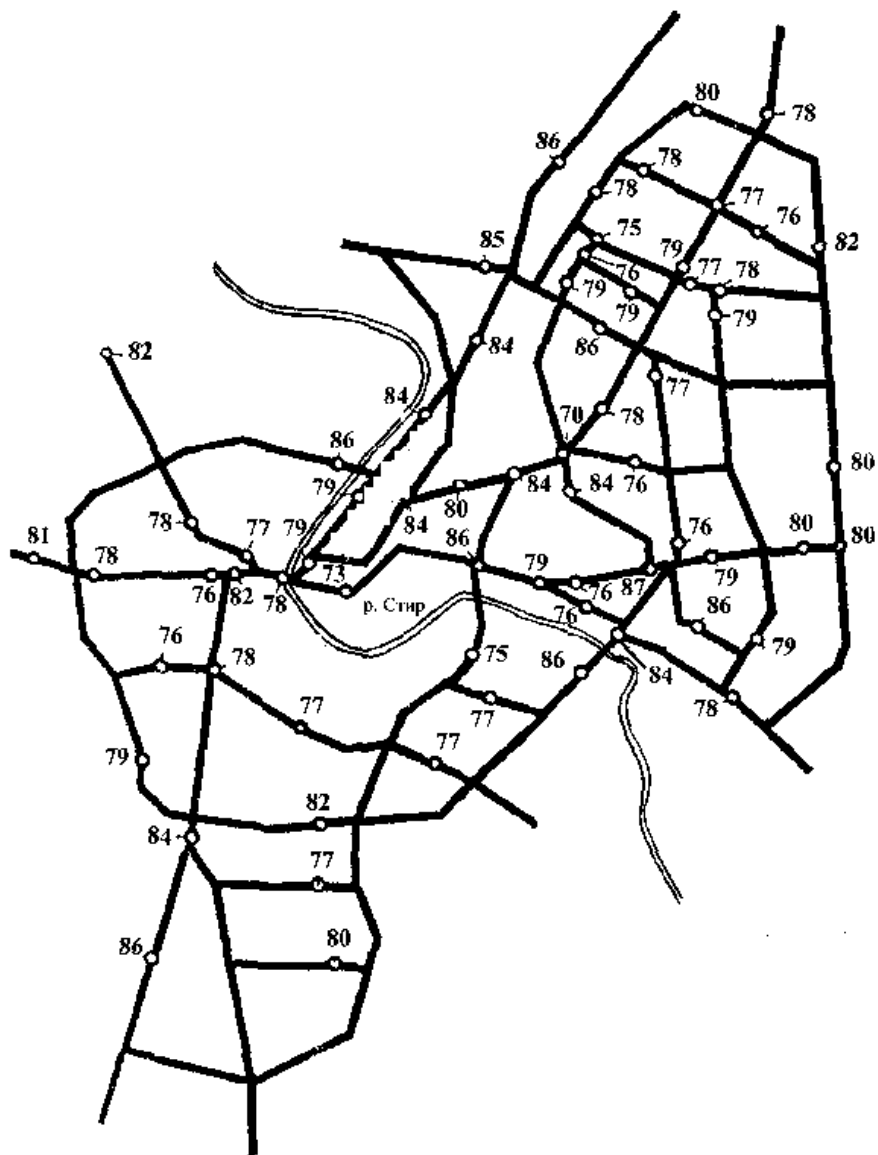


Рис. 2.8. Схема розподілу еквівалентного рівня шуму (Дб) у години “пік” (за [19])

Отже, як видно на рисунку та з додатка А, найвищі рівні шуму (86 дБ А) характерні для району АС-1 (значна інтенсивність руху приміських та міжміських автобусів), заводу комунального устаткування, вул. Чехова, вул. Чкалова (вплив авіаремонтного заводу), а абсолютний максимум – на вулиці Рівненській поблизу АТП 10754 – 87 дБ А. Відносно „тихими” являється район теперішнього 33-кварталу (76 дБ А), Завокзального ринку (70 дБ А), Залізничного вокзалу (70 дБ А). Для перших двох районів нижчий у порівнянні з усією територією міста рівень шуму пояснюється відносно низькою (у порівнянні із сучасною) освоєністю периферійністю.

Характерна значна озелененість та зімкнута забудова для району Залізничного вокзалу. Наприклад, центральна вулиця того ж району – проспект Грушевського була відділена зеленими насадженнями не лише від житлових будинків, але й окремі її смуги руху теж були відділені одна від одною одним рядом дерев і високим (1,5 м) рядом декоративних кущів.

В той час це пояснюється:

- високою часткою вантажних автомобілів у структурі транспортних потоків;
- відносно низьким рівнем розвитку залізничного транспорту, „тупиковістю” Луцька як залізничної станції;
- значними масштабами перевезень, що зумовлені вигідним економіко-географічним положенням Луцька;
- відсутністю вантажних автомобілів невисокої вантажопідйомності з невисоким рівнем шуму для здійснення обслуговуючих функцій.

Сьогодні всі ці проблеми залишились не розв’язаними, за виключенням останньої. Окрім цього, з’явилися нові фактори зростаючого шумового забруднення:

- різке збільшення кількості автотранспорту (рис. 2.9), в 2005 р. воно сягнуло 42 тисяч проти 36 в 2000 р. і 17 тисяч в 1985 р.;

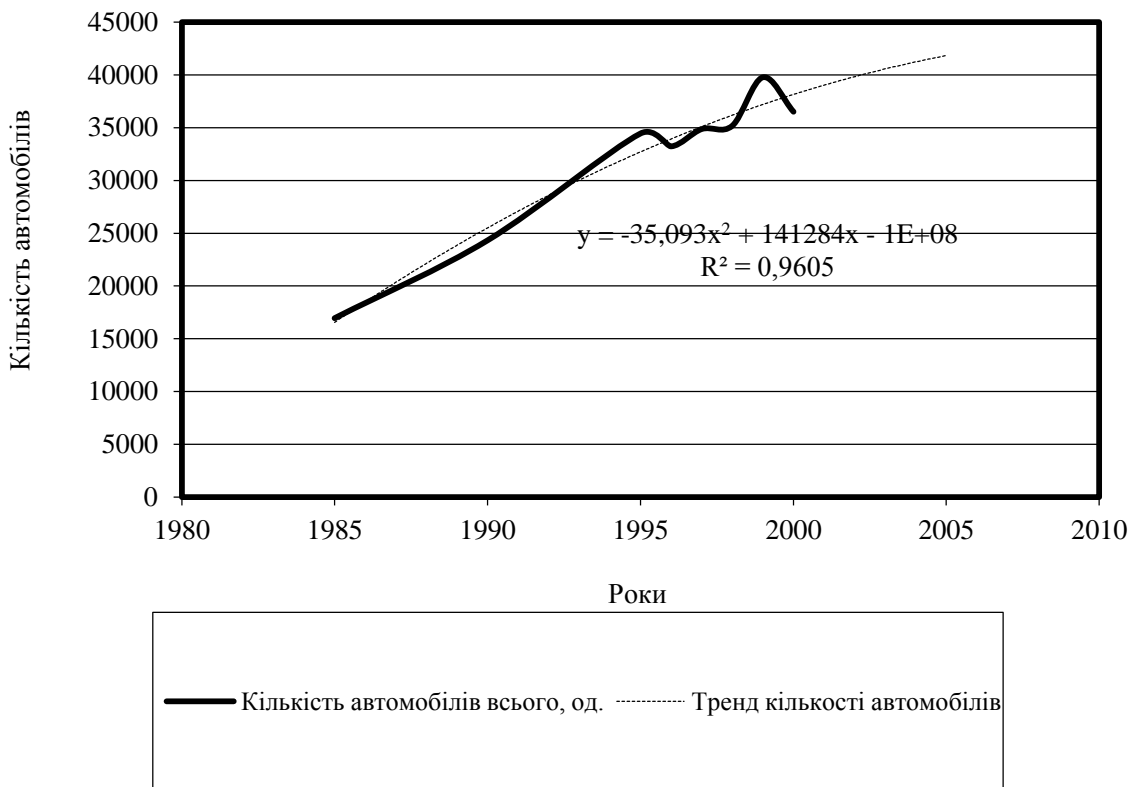


Рис. 2.9 – Динаміка чисельності автопарку міста

- технічне зношення автомобільного парку;
- погано організована робота міського пасажирського транспорту, зменшення парку тролейбусів, практично повне зникнення з міських вулиць великих автобусів (ЛАЗ, ЛіАЗ, Ікарус) та заміна їх на мікроавтобуси; для перевезення зростаючого та все інтенсивніше мігруючого в межах міста населення кількість маршрутних таксі вже досягає 800 одиниць, але транспортні проблеми це не вирішує повністю;
- проходження територією міста транзитних – приміських та міжміських автобусів та маршрутних таксі, які раніше рухались по об'їзних дорогах до АС-1 та АС-2, а зараз рухаються по доволі вільних маршрутах;
- прикордонне положення області, зростання автотранспортних потоків та зростання надпотужних автомобілів підвищеної вантажопідйомності – до 40 т;



- підвищення транспортної рухливості населення в межах міста на приватних автомобілях із збільшенням кількості внутрішньо-переміщених осіб та з підприємницькою метою.

Науковці Інституту комунальної гігієни зробили висновок, що для міста Луцьк характерний аномально високий рівень шуму – наприкінці 70-х років він по більшості території міста перевищував 70 дБ. Перевищення рівня шумового забруднення зумовлене багатьма причинами, але вихідною передумовою, все таки, є недосконала функціональна організація міської території, непродумана мережа транспортних шляхів, невдале планування житлових мікрорайонів, а також відсутність управління транспортних потоків. Механізмом реалізації усіх цих передумов є транспорт, тому й не дивно, що шумове забруднення міста майже на 90% спричинене саме ним. Вкінці 70-х р.р. цей показник становив – 80%, а для більшості міст України, таких як Луцьк, частка транспорту в структурі шумового забруднення коливається в межах 75-80%, що значно менше ніж в Луцьку [20].

Рівень шумового забруднення території внаслідок руху транспорту можна визначити двома шляхами. Перший – вимірюючи його з допомогою приладів і за методикою, детально описаними в розділі 1.4. Другий – ґрунтується на використанні моделі шумового забруднення, що генерується транспортним потоком, запропонованої В.М. Орнатським (1985). Проте ці прилади для вимірювання шуму є складними в роботі, зняті з них показники вимагають додаткової статистичної обробки, калібрування шкал. Окрім того в місті вони є лише в одиничному екземплярі – в лабораторії міської СЕС. Тому при оцінці шумового забруднення вимірювання проводили не для всіх точок, зображених на рис. 2.11, а лише для деяких. Зокрема вимірювали рівень шуму там, де шумове забруднення спричинене не лише транспортним потоком, але й іншими факторами. Також вимірювання проводились для закритих вулиць, з відстанню проїжджої частини від будинків менше 50 м; напівзакритих, з відстанню до проїжджої частини до будинків з однієї сторони менше 50 м; відкритих, з відстанню від проїжджої частини до будинків більше 50 м (із двох сторін). За цими точками була здійснена

верифікація моделі Орнатського для м. Луцька і для більшості точок, зображених на рис. 2.11, отримали розрахункові результати шумового забруднення.

Розрахункова модель має наступний вигляд:

$$L_p = 46 + 11.8 \lg N + \sum_{i=1}^4 \Delta_i \quad (2.2)$$

де  $L_p$  – розрахунковий рівень шуму на відстані 7 м від осьової лінії дороги;  $N$  – кількість екіпажів, які проїжджають цією ділянкою дороги за 1 год.;  $\sum \Delta_i$  – сума поправок, що враховують місцеві особливості і відхилення умов конкретної ситуації від типової. Поправок у моделі є 4:

$\Delta_1$  – поправка на частку легкового і вантажного транспорту в структурі транспортного потоку (при збільшенні частки вантажного транспорту на кожні 10% поправка становить +1дБ);

$\Delta_2$  – поправка на швидкість руху транспорту (становить +1 дБ на кожні 10% зростання швидкості руху понад 40 км/год.);

$\Delta_3$  – поправка на ухил дороги (визначається за таблицею 2.4);

Таблиця 2.4 – Поправка  $\Delta_3$  до моделі Орнатського

Ухил дороги, °	Поправка $\Delta_3$ із врахуванням частки вантажного транспорту (%) у загальному транспортному потоці						
	0	5	20	30	40	70	100
20	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
40	1,0	1,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
50	1,0	2,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
60	1,5	3,5	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
>60	2,0	4,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0

$\Delta_4$  – поправка на наявність трамвайної колії, відкритої лінії метро чи стоянки таксі.

Результати перевірки адекватності натурних даних та розрахункової моделі наведені на рис. 2.10.

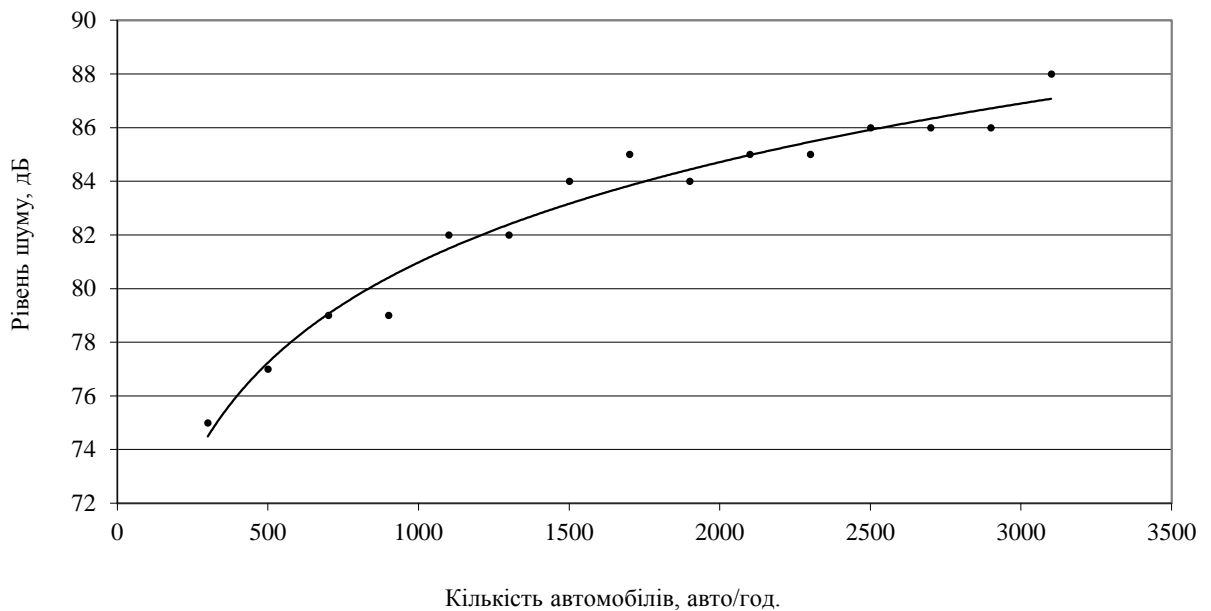


Рис. 2.10. Результати верифікації моделі Орнатського емпіричними даними

З рис. 2.10 видно, що між емпірично виміряними (точки на графіку) та теоретично розрахованими рівнями (суцільна лінія) шуму існує досить тісний взаємозв'язок з коефіцієнтом детермінації 0,967. Цю щільність зв'язку з точки зору статистичної достовірності можна оцінити як достатню – лише трохи більше 3% значень варіаційного ряду не вкладаються в модельний інтервал.

З метою економії часу і матеріальних ресурсів можна оцінити стан шумового забруднення м. Луцька за модельними даними, величина розходження між емпіричним та теоретичним розподілом знаходиться в межах інструментальної похибки і похибки вимірювань.

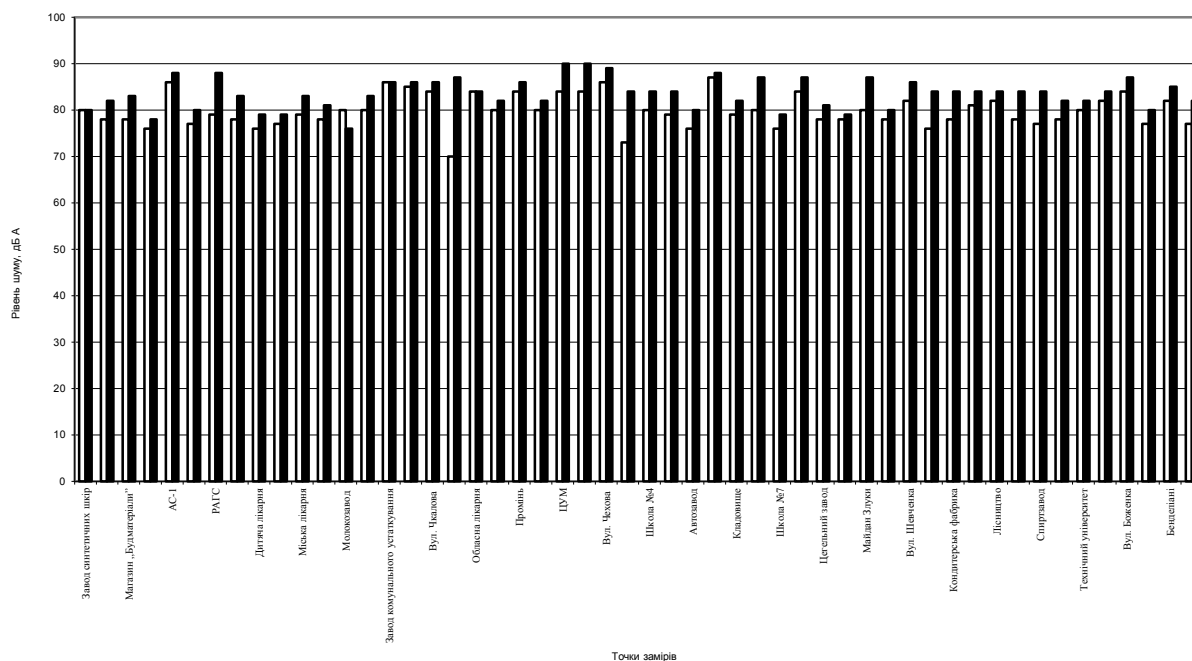


Рис. 2.11 – Порівняльна оцінка рівня шуму в 1979 р. і в 2021 р.

Проведені дослідження та розрахунки свідчать про зростання шумового забруднення в наш час на 3-5 дБ А в порівнянні з шумовим забрудненням кінця 70-х р.р., а в окремих частинах міста і більше (рис. 2.11-2.12, додаток А). При порівнянні рівнів шуму в різні роки видно, що в 2021 р. стабільно високим рівнем шуму характеризуються ті ж точки, що й в 1979 р. (рис. 2.12): АС-1 (88 дБ А), вул. Чехова (89 дБ А), вул. Чкалова (86 дБ А), АТП 10754 (87 дБ А), а абсолютний максимум – 90 дБ А характерний для ЦУМу, вул. Глушець та КРЗ під час функціонування автомобільного ринку. Це не є випадковим явищем, адже всі ці точки спостережень є найкрупнішими транспортними розв'язками. Наприклад, як видно з рис. 2.11, вул. Глушець є однією з найнавантажениших транспортних ланок міста.

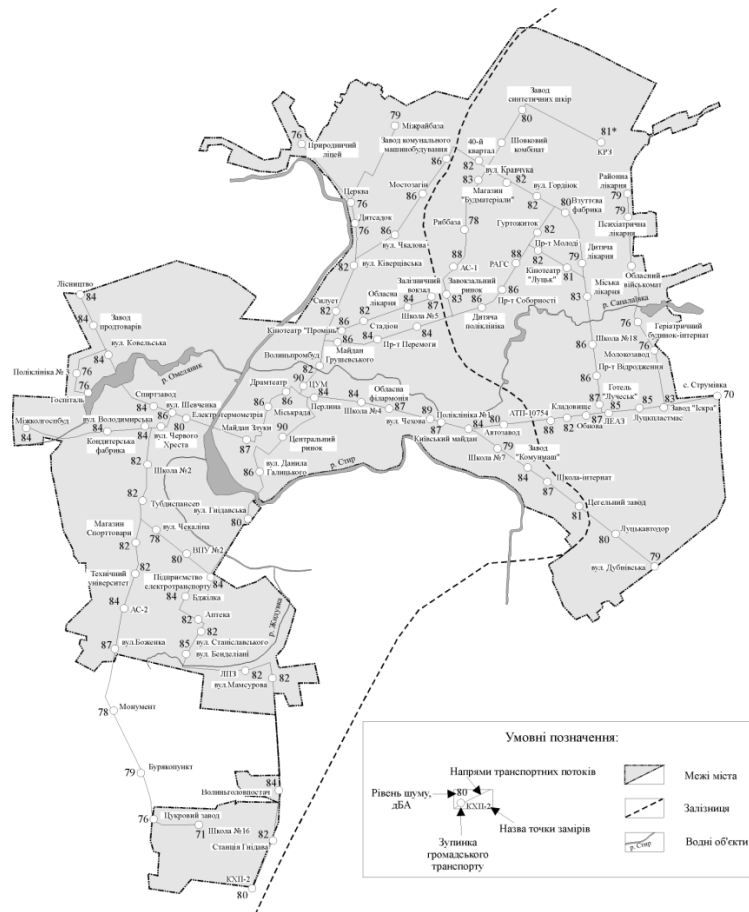


Рис. 2.12. Схема розподілу еквівалентного рівня шуму (дБ А) у години “пік”

Якщо вулицю перекрити, доступ транспорту до центру буде дуже ускладнений – транспортні розв’язки в районі господарського суду та Київського майдану не зможуть розвантажити потік перш за все пасажирського транспорту. ЦУМ і Майдан Злуки (87 дБ А) є ключовими точками цих транспортних розв’язок. Переобладнання території колишнього автобусного парку на авторинок спричинило тут концентрацію в окремі дні (четвер, субота, неділя) до декількох сотень легкових автомобілів та мікроавтобусів, що й пояснює аномалію акустичного поля міста.

З найнижчими рівнями шумового забруднення міста є: Молокозавод (76 дБ А), Риббаза (78 дБ А), вул. Дубнівська (79 дБ А). Це пояснюється значною віддаленістю їх від крупних транспортних потоків, зменшення

обсягів промислового виробництва того району.

Цікавим також є аналіз динаміки приростів рівня акустичного забруднення. З рис. 2.13 видно, найбільші абсолютні прирости характерні для наступних точок: Залізничний вокзал – 17 дБ А, КРЗ – 12 дБ А (із врахуванням функціонування автомобільного ринку), Магазин „Перлина” – 11 дБ А (знаходиться за 100 м від ЦУМу). Якщо прослідкувати генезис цих аномалій, стає зрозуміло, що всі вони зумовлені зростанням автотранспортного парку, особливо маршрутних таксі. Найменший приріст (1 дБ А) характерний точкам замірів з традиційно високим рівнем шуму – Мостозагін, АТП-10754 (86 і 88 дБ А відповідно). В районі заводу синтетичних шкір, рівень шуму не змінився, а в районі Молокозаводу і вул. Шевченка– навіть зменшився на 4 і 2 дБ А відповідно. Таке явище зумовлено зменшенням вкладу в структуру акустичного забруднення крупних промислових підприємств, що не мають повноцінної санітарно-захисної зони, у зв’язку із зменшенням обсягів промислового виробництва на цих заводах, а на деяких з них навіть зупинкою виробництва й реорганізацією підприємства.

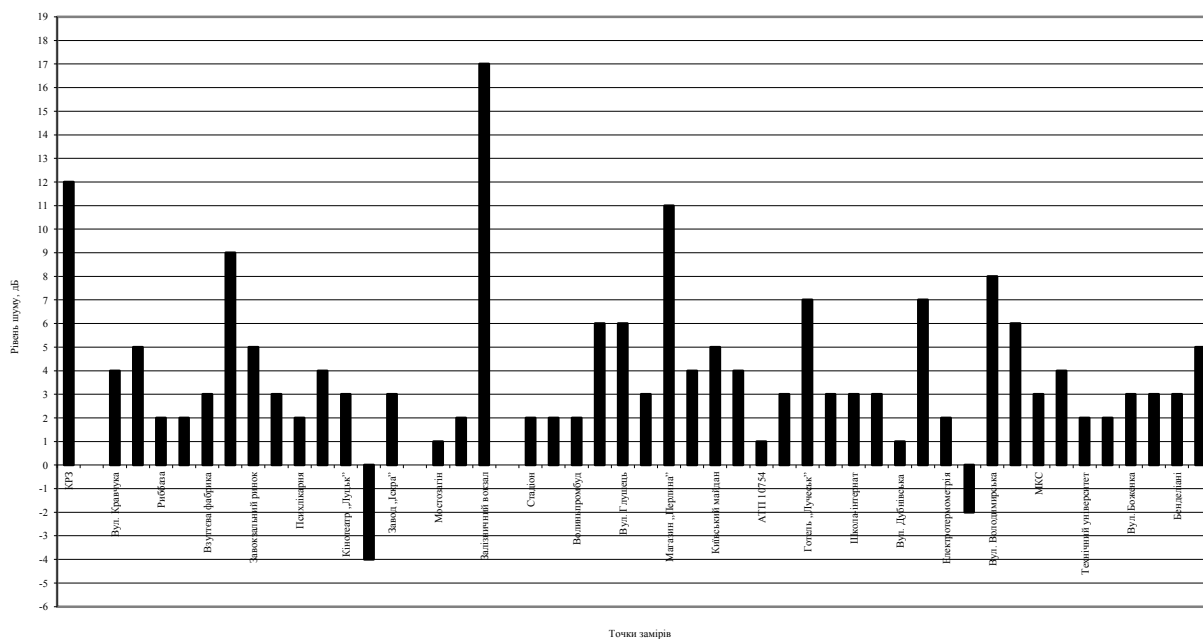


Рис. 2.13 – Абсолютні прирости рівня шуму в 2021 р у порівнянні із 1979 р.

## 2.3. Акустичне забруднення внутрішньоквартальних джерел шуму

В житлових мікрорайонах, окрім вулично-транспортного шуму, також виникає свій власний, внутрішньо кварталний шум. Основними його джерелами є спортивні ігри на майданчиках масового активного відпочинку, ігри на дитячих майданчиках, в басейнах, а також побутові і господарські процедури – вибивання меблів, одягу, ремонтні роботи і т.п. Значний шум з'являється у місцях розвантаження товарів і продуктів для магазинів, він пов'язаний також з автомобільним шумом. Причиною шуму на території кварталів можуть бути машинна стрижка газону, музичні інструменти [15]. Як відмічають спеціалісти Луцької санепідемстанції, останнім часом, найбільше нарікань серед населення Луцька з числа внутрішньо кварталних джерел шуму викликають сигналізації автомобілів, що паркуються під вікнами житлових будинків та ігри дітей з петардами. Як і транспортні, ці шуми внутрішньо кварталних джерел є непостійними. Рівні звуку внутрішньо кварталних джерел, виміряні на відстані 7-10 м від джерела, значні – 80-90 дБ А. При цьому найбільший рівень створюється під-час руху вантажних машин, що обслуговують магазини або інші господарсько-побутові служби. Збільшена тенденція до розміщення закладів громадського харчування – нічних клубів, барів, кафе в житлових будинках, їх підвалах або поблизу них, останнім часом дуже непокоїть мешканців будинків. Шум і вібрації від потужних звукових хвиль створюють негативний вплив на мешканців цих будівель. Розвантажувальні операції характеризуються неприємними імпульсними голосними звуками високої тональності. Значення рівнів звуку для внутрішньо кварталних джерел, за даними Б.Р. Пруткова та І. А. Шишкіна (1967) наведені нижче.

Рівні звукового тиску в октавних смугах від внутрішньо кварталних джерел мають різний характер – від низькочастотних до високочастотних. Дитячі

спортивні ігри, відрізняються середньо- і високочастотними домінантами.

Таблиця 2.5 – Рівні шуму внутрішньо квартальних джерел (за [1])

Джерело шуму	Рівень шуму на відстані 7 м від джерела, дБ А
Сміттезбиральна машина	75
Розвантаження продуктів	70
Ігри дітей в басейні	80
Спортивні ігри	75
Волейбольний майданчик	78
Баскетбольний майданчик	70
Городки	75
Футбольний майданчик	78
Тенісний майданчик	65
Настільний теніс	62
Стадіон не захищений трибунами	83

Підсумовуючи все вище сказане, слід відмітити, що частка внутрішньо квартальних джерел у сумарному звуковому забрудненні м. Луцька є невисокою. Крім того, цей шум має епізодичний характер і точкове поширення.



### 3. РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОВОГО ШУМУ ТА РОЗРОБКА ШУМОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ

#### 3.1. Розрахунок поширення звуку в міських умовах

Поширення шуму в міському середовищі є частковим випадком законів фізики звукових хвиль. В приземному шару атмосфери поширення шуму в місті залежить від ряду загальних і специфічних чинників оточуючого середовища. Під загальними, мається на увазі вплив повітряного простору, під специфічними чинниками – наявність будівель, зелених насаджень, різних покриттів на поверхні ґрунту, а також спеціальних екрануючих пристроїв на шляху розповсюдження звукової енергії від джерел шуму. Враховуючи основні з цих чинників, можна побачити загальну схему зниження шуму в міській забудові в наступному вигляді [2]:

$$L_n = L_1 - A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5 - \dots \quad (3.1)$$

де  $L_n$  – рівень звуку, або рівень звукового тиску в досліджуваній точці на відстані  $n$  від джерела шуму;  $L_1$  – рівень звуку, або рівень звукового тиску на відстані 7 м від джерела шуму або на іншій початковій вимірювальній відстані;  $A_1$  – зниження звуку від сферичного розповсюдження в вільній однорідній атмосфері;  $A_2$  – зниження звуку, викликане його поглинанням у повітрі;  $A_3$  – зниження звуку від впливу поверхні землі;  $A_4$  – зниження звуку за наявності зелених насаджень;  $A_5$  – зниження звуку за наявності екрануючих пристроїв.

Всі вище перераховані чинники можуть варіювати в значних межах і їхня роль у конкретних умовах шумового режиму в міській забудові може значно коливатися. Розглянемо детальніше основні характеристики цих чинників, їх вплив на розповсюдження звуку в приземному шарі атмосфери, характерні для міської забудови.

В однорідній атмосфері із збільшенням відстані від джерела інтенсивність звуку падає. Це зниження інтенсивності, або зниження рівня звуку що розповсюджується у відкритому повітряному просторі, може бути розділене на зниження, викликане сферичним розповсюдженням ( $A_1$ ) і додаткове зниження, обумовлене звукопоглинанням повітря, заломлюючими градієнтами температури, вітру й турбулентністю ( $A_2$ ).

Сферичне розповсюдження звуку в вільній атмосфері залежить від характеру джерела звуку. З геометричної точки зору джерела бувають точкові, лінійні і такі, що утворені декількома точками, розташованими в ряд на визначених відстанях одна від одної. Закономірність сферичного розповсюдження звуку від точкового джерела у вільному звуковому полі виявляється зменшенням інтенсивності звукової енергії обернено пропорційно до квадрата відстані [5]:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (3.2)$$

де  $W$  – звукова потужність джерела, Вт;  $r$  – відстань від центру випромінювання до точки спостереження, м;  $4\pi$  – просторовий кут випромінювання у разі випромінювання в нескінченному просторі.

Прологарифмувавши цей вираз, отримаємо:

для точкового джерела:

$$L_n = L_1 - 20 \lg \frac{r_n}{r_1} \quad (3.3)$$

а для лінійного джерела:

$$L_n = L_1 - 10 \lg \frac{r_n}{r_1} \quad (3.4)$$

де  $r_1$  – відстань до точки, в якій вимірювався рівень звукового тиску  $L_1$ ;  $r_n$  – відстань до точки, в якій потрібно визначити  $L_n$ .

Як видно з виразів, у разі сферичного поширення від точкового джерела

зниження рівня звуку, буде рівне 6 дБ на кожну подвоєну відстань від джерела.

Різниця між реальним зниженням звуку і тим зниженням, яке має місце внаслідок сферичного поширення, залежить від частоти звуку та відстані від джерела звуку до його приймача. Це зниження відбувається за рахунок поглинання звуку повітрям, заломлення звукових хвиль, викликаного вертикальними вітровими та температурними градієнтами, розсіяння звуку внаслідок турбулентності повітря. Явище звукопоглинання в повітрі при його розповсюдженні обумовлюється тертям між молекулами повітря [5]. Воно залежить від температури і вологості повітря. Ці два параметри можна визначити через відносну вологість. Поглинання в атмосфері у разі відсутності вітру спостерігається більш високе при відносній вологості 20-30% (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Залежність між поглинанням звуку й вологістю повітря

Відносна вологість повітря, %	Частота звуку, Гц					
	1000	3000	5000	7000	9000	10000
10	1,3	8,3	14,0	18,3	21,0	22,0
20	0,6	5,0	10,0	18,3	25,0	32,0
40	0,5	2,5	6,0	10,0	16,0	21,0
60	0,4	1,6	3,3	7,0	11,0	14,0
80	0,3	1,0	2,4	5,0	8,3	10,5

Як показано у таблиці, навіть середньо частотні і високочастотні смуги знижуються всього лише на 1-10 дБ на 100 м. В зв'язку з цим молекулярне поглинання має суттєве значення, якщо відстані між джерелами шуму і об'єктами з нормованим шумовим режимом будуть значними, наприклад, при розрахунку ступеня поширення шуму від літаків, вертольотів, залізничних магістралей на рівній відкритій місцевості. В умовах міської забудови при розрахунку шуму від потоків міського транспорту та внутрішньо кварталних джерел вплив молекулярного поглинання на відстанях 100-300 м не матиме практичного значення та може не враховуватися.

В залежності від характеру земної поверхні, поглинання нею звуку і –

зрозуміло, що чим більш неоднорідна поверхня, тим більше тертя виникає при проходженні звуку над цією поверхнею, тим більша частина енергії поглинається. В загальному вигляді можна виразити величину поглинання звуку земною поверхнею таким чином [1]:

$$A_3 = A_1 \cdot k_{\text{погл.}} \quad (3.4)$$

де  $k_{\text{погл.}}$  – коефіцієнт поглинання шуму, який відповідно становить: для асфальту (бетону) – 0,9, для ґрунту – 1,0, для газону – 1,1.

Четверта поправка на зниження інтенсивності шуму пов'язана із шумопоглинальною дією рослин.

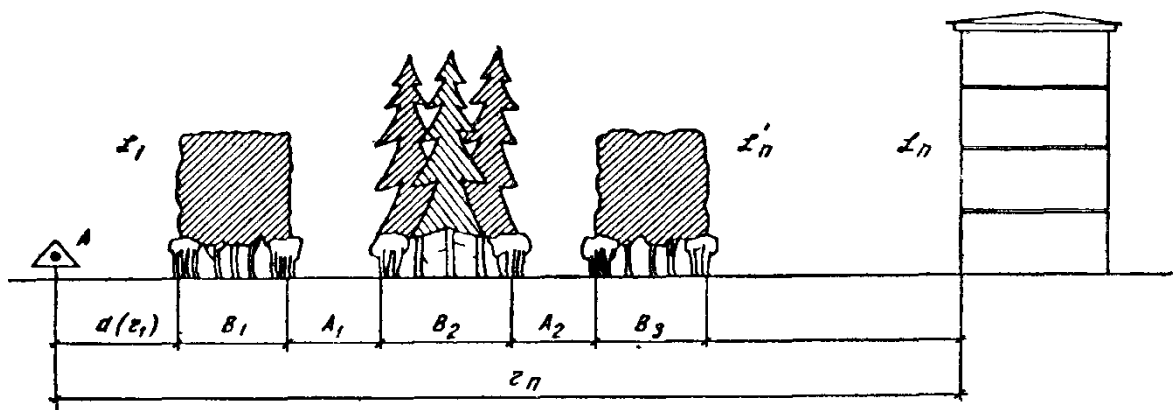


Рис. 3.1 – Схема для врахування послаблення звуку зеленими насадженнями

У випадку, зображеного на рис. 3.1, загальний вигляд рівняння для врахування зниження рівня шуму можна представити таким чином [2]:

$$L_n = 20 \lg \frac{d + \sum_1^z B_m + \sum_1^z A_m}{d} + 1.5z + \beta \sum_1^z \beta_m \quad (3.5)$$

де  $d$  – відстань від джерела шуму до смуги зелених насаджень;  $B_m$  – ширина смуги зелених насаджень;  $A_m$  – відстань між смугами;  $z$  – кількість смуг;  $\beta$  – питоме зниження шуму (дБ/м), яке беруть з таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Питоме зниження шуму (за [2])

Джерело шуму	Кількість одиниць рухомого складу в обох напрямках руху за 1 год.	Мінімальна відстань до житлового будинку або місця відпочинку на території мікрорайону чи кварталу, м	
		із зеленими насадженнями	без зелених насаджень
Автомобільний транспорт	100	15	25
	200	30	50
	300	35	60
	400	40	70
	500	50	100
	1000	100	200
	2000	200	400
Залізничний транспорт	до 10	100	200
	більше 10	200	400

Звукова тінь з`являється при поширенні звуку за звуковим бар'єром (рис. 3.2).

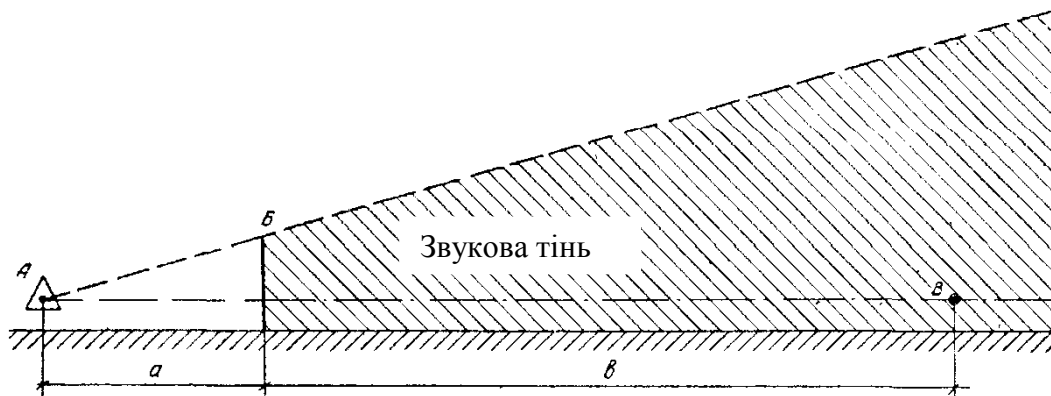


Рис. 3.2 – Утворення звукової тіні за бар'єром-екраном (за [15])

Проте в зоні звукової тіні шум від джерела, який екранується бар'єром зникає не повністю. Явищем дифракції виникає тоді, коли звук огинає екран, вона пояснюється тим, що кожний елемент об'єму або частинка середовища, в якому розповсюджується звук, згідно принципу Гюйгенса, є центром елементарних сферичних хвиль. В наслідок цього хвильова енергія частково проникає в область тіні за перешкодою.

Чим більша довжина звукової хвилі  $\lambda$ , тим менше при даному розмірі перешкоди область тіні за перешкодою (рис. 3.3).

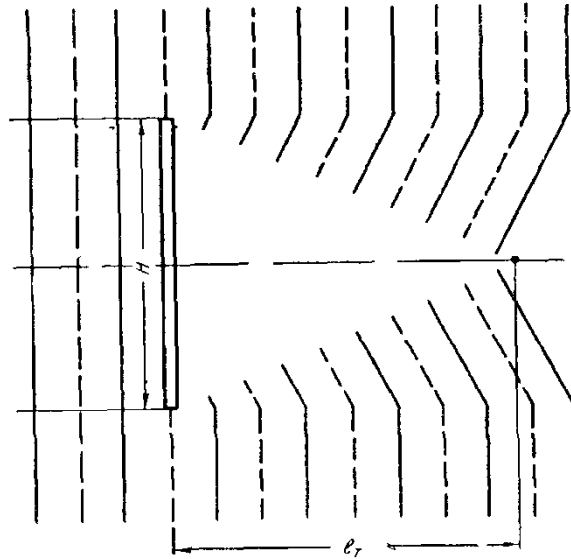


Рис. 3.3 – Схема огинання плоскими звуковими хвилями екрану

Довжина зони тіні за екраном може виражатися наступною формулою [6]:

$$l_T = \frac{H^2}{4\lambda} \quad (3.6)$$

$l_T$  – довжина зони тіні;  $H^2$  – ширина екрану.

Додаткове зниження рівня звукового тиску за екраном-бар'єром в точці Б від джерела А (із рис. 3.2) при висоті перешкоди (екрану), рівній  $h$ , та відстані від джерела  $a$ , залежить від співвідношення  $\frac{h^2}{\lambda a}$  та визначається за графіком на рис. 3.4.

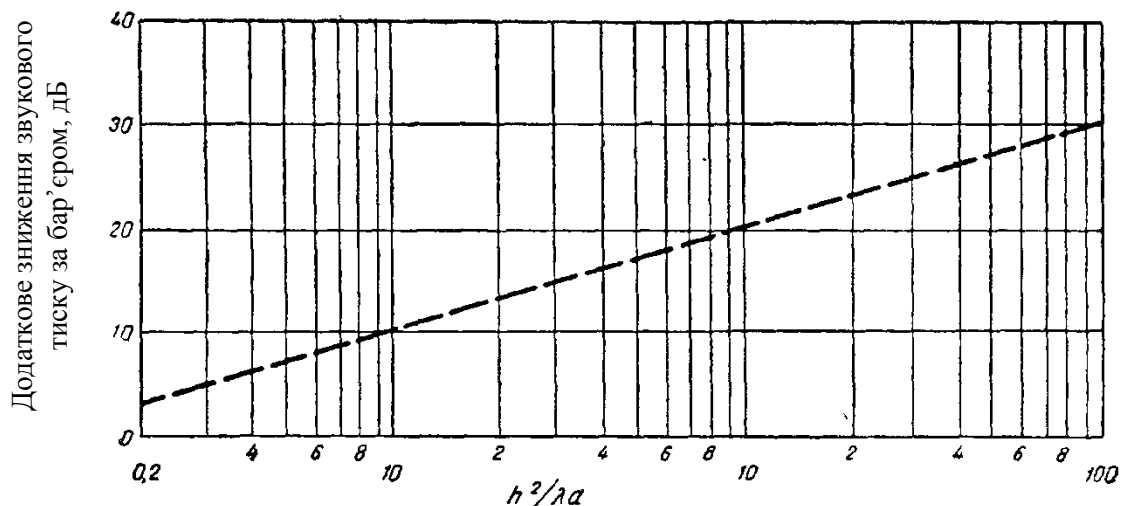


Рис. 3.4. Графік додаткового зниження рівня звукового тиску за бар'єром

### 3.2. Моделювання шумового забруднення окремих частин міста

Користуючись методикою розрахунку шуму в умовах міста, що викладена в попередньому підрозділі, було проведено моделювання та оцінка окремих територій Луцька на поширення звукових хвиль в конкретних умовах (ландшафтних, будівельних, планувальних), встановлення відповідності існуючого рівня акустичного забруднення санітарним нормам (висвітленим у розділі 1.5).

Для проведення оцінки було вибрано окремі частини міста, які характеризуються високим рівнем шуму, значною інтенсивністю руху автомобілів, високою щільністю населення, наявністю закладів соціальної сфери (шкіл, дитсадків, лікарень, поліклінік тощо).

Визначальним фактором при моделюванні поширення звуку у міській території є тип забудови. Виділяють три основні типи забудови: рядкова, периметральна та групова забудова (відповідно верхня, середня і нижня частина рис. 3.5).

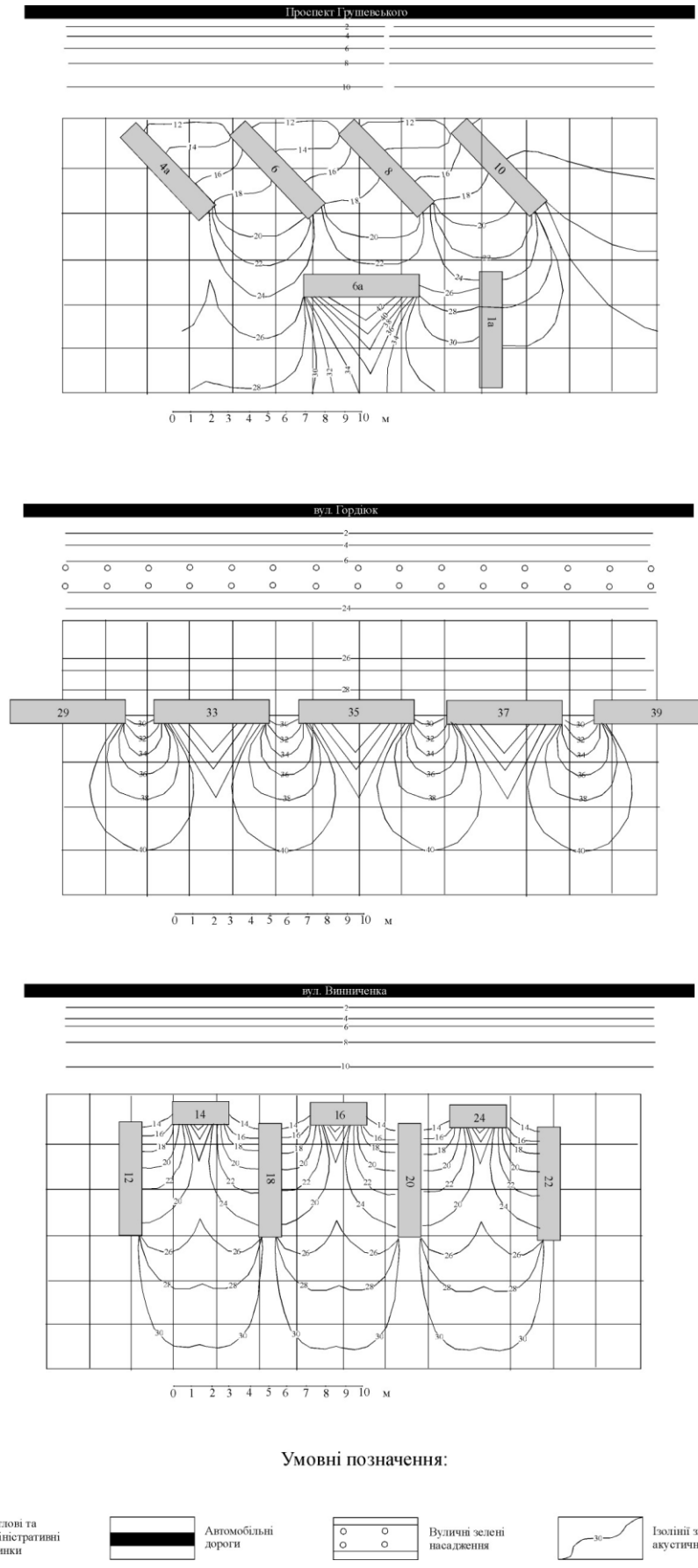


Рис. 3.5. Результати моделювання шумового забруднення окремих частин міста



Саме тому було вибрано три типових ділянки міської території, які б максимально відповідали вище наведеним типам забудови. Для всіх ділянок характерно високе шумове забруднення (більше 80 дБ).

Прикладом рядкової забудови являється ділянка пр. Грушевського між стадіоном „Авангард” і вул. Кузнєцова. Тут рівень шумового забруднення становить 84 дБ і зумовлений інтенсивним рухом автотранспорту в напрямку Залізничного вокзалу. Будинки 3-4-ох поверхів, побудовані в 60-х р.р. (так звані в народі „хрущовки”). При рядковій забудові, якщо торці будинків виходять на магістральну вулицю, створюються умови для безперешкодного проникнення шуму від транспорто-потоків у внутрішньо-квартирний простір. При цьому шумовий режим у житлових будівлях буде змінюватись від стіни будинку, поверненої до вулиці, до стіни, поверненої в середину кварталу. Різниця в рівні звуку між стіною будинку, поверненою до вулиці, і протилежною відрізнятиметься на величину зниження від відстані, тобто на 4-8 дБ А залежно від довжини будинку. Отже, біля будинку, що виходить на магістральну вулицю з розрахунковим рівнем звуку 80 дБ А і більше, буде по всій протяжності шум вище нормативного, тобто більше 55 дБ А. Як видно з рис. 3.5, лише для найвіддаленішої від вулиці торцевої частини внутрішньо-дворового будинку №1а зниження шумового забруднення становитиме 30 дБ А, що значить загальний рівень шуму – 54 дБ А ( $84 - 30 = 54$  дБ А). Для всіх інших будинків шумове забруднення перевищуватиме нормативне. Таким чином, рядкова забудова, як для шумового режиму на території між будівлями, так і для житлових приміщень у цих будівлях буде несприятливою. Майже такий самий шумовий режим буде при рядковій забудові з осями будинків, нахиленими до осі вулиці.

Найбільш поширена у Луцьку-периметральна забудова. Тому було вибрано ділянку міської території з найбільш типовими („масово-проектними”) будівлями. Саме таким вимогам відповідають райони новобудов, зокрема, 40-Б квартал. Щоб змодельювати оцінку шумового забруднення, вибрали типовий фрагмент вул. Гордіюк між кільцем на вул.

Гордіюк – Конякіна (транспортною розв'язкою на КРЗ, Ківерці, центр міста і Завокзальний ринок). Рівень шумового забруднення тут становить 83 дБ А, авжеж також зумовлений транспортним шумом. Будинки – 9-и поверхові, цегляні та крупнопанельні, побудовані 80-х р.р. У цьому випадку мають місце найконтрастніші умови шумового режиму в житлових будинках і на внутрішньоквартальній території спостерігаються при периметральній забудові, паралельній червоній лінії вулиці. Таким чином в приміщеннях, що виходять у бік вулиці, шум буде максимально високим, його рівень залежить від рівня шуму транспортного потоку та відстані від вулиці до житлових будинків. Фасад внутрішнього будинку буде вже в сприятливих умовах, і територія за ним також захищена від шуму, проникаючого з вулиці. Тут позначиться екрануючий ефект будинку, який забезпечить додаткове зниження шуму на 15-20 дБ А. Проте цей прийом забудови прийнятний лише тоді, коли рівень проникаючого шуму з вулиці до приміщення, що виходять у бік вуличного простору, не перевищуватиме санітарних норм. Тому житлові помешкання не мають орієнтуватися в бік вулиці або вони повинні мати герметизацію вікон із відповідною звукоізоляцією (використання потрібного застосування або склопакетів і пластикової чи алюмінієвої столярки). Як правило, звичайні будинки з типовим рішенням планування житлових секцій та конструкціями вікон не підходять для умов периметральної забудови магістральних вулиць й міських швидкісних доріг при рівні шуму транспорто-потоків більше 70-75 дБ А. Рівень забруднення осель, розміщених в лицьовій частині фасаду будинків, був би феноменально високим, якби його не послаблювали двохрядні зелені насадження. Перший ряд представлений типовими для нашої зони деревами (липа, каштан, клен, тополя) та розміщується безпосередньо біля проїжджої частини (7-10 м від осьової лінії дороги), другий - невисокими деревами з чагарниковими заростями. Їх екологічний стан поганий – в зв'язку з високою загазованістю території помітні ознаки токсикації свинцем, кадмієм та чадним газом, що присутні у вихлопі автомобілів. Але все ж зелені рослини послаблюють

рівень шуму, тому біля лицьової сторони будівель він якраз досягає санітарного нормативу – 55 дБ А ( $83 - 28 = 55$  дБ А). Помешкання, які знаходяться у внутрішньо дворовій забудові мають сприятливіші умови – тут шум знижується від 55 дБ А до 45 дБ А.

Третьою ділянкою, де здійснювалось моделювання та оцінка шумового забруднення, є фрагмент вул. Винниченка, знаходиться в центрі міста, в долині р. Сапалаївка, між вул. Бойка й корпусами та гуртожитками ВДУ ім. Лесі Українки, рівень шумового забруднення становить тут 82 дБ А. Забудова 4-5 поверхова, стара, частково 60-х р.р. (“хрущовки”), частково ще довоєнна (приміщення швейної фабрики „Волинь”). При груповому прийомі забудови – з вільним чи систематичним розміщенням помешкань мають місце проміжні умови шумового режиму між рядковою і периметральною забудовами. В цілому умови несприятливі. Периметрально розташовані будинки створюють слабку звукову тінь, а внутрішньодворові, рядково розташовані будинки, повністю знаходяться в зоні підвищеного шумового забруднення (більше 62 дБ А). Тільки на відстані більше 10 м від внутрішньої стіни периметрально побудованих помешкань рівень шумового забруднення знижується до допустимого за санітарними нормами. Спроби обмежити рух цією вулицею транспортних засобів і заборона руху тут вантажних авто, результатів не дали. Все пояснюється інтенсивним рухом маршрутних таксі та тролейбусів до центру міста і до транспортної розв’язки на вул. Ківерцівську, Залізничний вокзал, 40-і 33-ий квартали.

Підсумовуючи, доречно буде відмітити, що моделювання шумового забруднення типових ділянок міської території як в центрі міста, так і старих районах (Привокзальний), так і в районах новобудов (40-ий квартал) показало суцільне та значне перевищення санітарних норм по шумовому забрудненню. В них проживає понад 2/3 населення міста. Окрім того, 40-ий квартал знаходиться в межах Північно-Східного виробничого району міста і там екологічна ситуація ускладнюється викидами забруднюючих речовин та шумовим забрудненням від промислових підприємств, а також

розташуванням у дворах будинків великої кількості шкіл та дитячих садків.

### 3.3 Комплекс заходів по зниженню шумового забруднення

#### 3.3.1 Захист від міського транспортного шуму

Найпростішим засобом зниження транспортного шуму в містах і є просте віддалення будинків та від джерел шуму, проте таке зниження рівня звуку становить лише 3 дБ від лінійного джерела і 6 дБ від точкового джерела при подвоєнні відстані. Отже, необхідне зниження від джерел транспортного шуму у м. Луцьк, рівень 80 дБ і більше, вимагає дуже великих розривів. Наприклад, для житлових масивів цей розрив повинен бути від декількох сотень метрів до 500 м і більше, дещо меншим (до 100 м) він буде для точкового джерела, тому, він мало придатний в умовах міста. Зниження шуму завдяки відстані буде доцільним в випадках, коли рівень шуму є невисоким (до 70 дБ А) чи є можливість вирішувати задачу шумозахисту за рахунок великих просторів (у декілька сотень метрів) і більше. Такий спосіб забудови можна використати для розміщення аеродромів біля населених місць, транзитних залізничних або автомобільних доріг, які не вимагають наближення їх до міста, а також для великих промислових об'єктів, наприклад, металургійних заводів тощо [8].

Для того щоб ефективність зниження шуму в містах була більш ефективною, потрібно використовувати інші, радикальніші засоби. Ними можуть бути зелені насадження, екрануючі перешкоди (рельєф місцевості, штучні земляні кавальєри, вали, заглиблення автодоріг, стінки, будівлі-бар'єри і т.п.) [15].

Окрему групу становлять функціональні заходи. До прикладу, транзитні потоки автотранспорту і залізничні магістралі слід спрямовувати, оминувши селітебну зону міста [7].

Засобом захисту від шуму можуть бути зелені насадження, вони можуть поєднуватися з екрануючими засобами, наприклад, смуги уздовж доріг і проїжджих частин магістральних вулиць, бульвари за екрануючими

придорожніми спорудами. Неабиякий ефект шумозахисту також дають широкі посадки зелених насаджень у вигляді лісопаркових масивів між автодорогами та житловими масивами. Доцільним є використання розривів з озелененням, якщо інтенсивність руху транспорту та рівня шуму не дуже висока. В великих містах поширений один із прийомів розміщення на території між транспортним потоком та житловими будівлями споруди господарсько-побутового призначення, до прикладу, магазини, майстерені тощо, що сприяє економному використанню території та її раціональному функціональному зонуванню, а також покращує умови шумового режиму в житловій забудові, створює зручності при обслуговуванні магазинів вантажним транспортом, оскільки для підвезення товарів і продуктів до складів магазинів транспорт узагалі не заїжджає на територію житлового кварталу, а значить, й не є джерелом додаткових шумових перешкод. Магазини або інші обслуговуючі об'єкти можуть також служити деякою перешкодою для проникнення шуму на житлову територію мікрорайонів і кварталів, якщо їх розмістити у вигляді вставок між житловими корпусами будинків[15].

При розташуванні житлових будов різних поверхів біля магістральних вулиць та міських швидкісних доріг пріоритетними є будови з меншою кількістю поверхів. Багатоповерхові (5-9 поверхів) будинки доцільніше розміщати в глибині кварталу чи мікрорайону, що дозволить створити більшій кількості мешканців сприятливі акустичні умови. А от розміщення висотних житлових будинок біля червоних ліній вулиць з інтенсивним транспортним рухом створить в них антисанітарні умови по шумовому режиму, забрудненню вихлопними газами й запиленості [2].

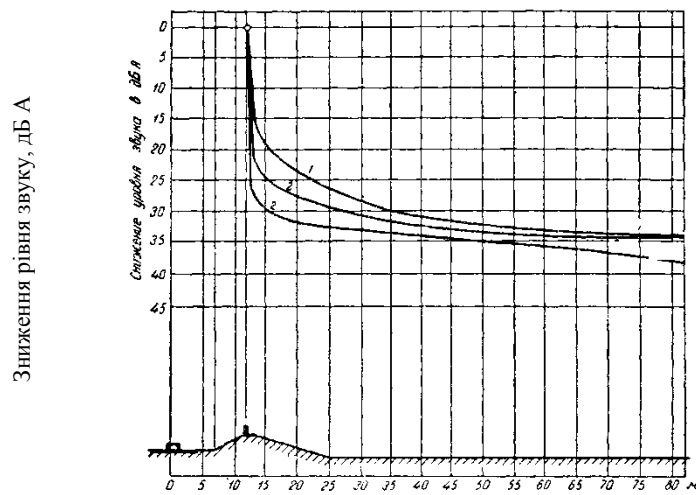


Рис. 3.6. Зниження рівня звуку від транспортних засобів за екраном у вигляді кавальєру з стінкою на його вершині загальною висотою 4,5 м (за [1]):  
 1 – від потоку автомобілів; 2 – від окремих автомобілів (верхня крива – вантажний, нижня – легковий автомобіль)

Екрануючі придорожні споруди є чи не найбільш ефективними засобами шумозахисту. Найвигіднішим і найпростішим екраном від шуму транспорто-потоків вважаються заглиблення для проїжджої частини вулиці або швидкісної дороги, їх укоси служать екранами-перешкодами для розповсюдження шуму до прилеглої території. Цей містобудівельний прийом паралельно створює умови для зручного переходу в різних рівнях магістральних вулиць та вулиць різного призначення. Рух транспорту у заглибині більш спокійний для водіїв. При раціональній забудові міст в майбутньому, обійтись без цього простого, але в той же ж час дуже ефективного і перспективного рішення майже не можливо [1].

У випадку, коли проїжджу частину магістральної вулиці чи міської дороги необхідно екранувати від території житлового масиву, розташованих на одних висотних відмітках з вулицею, можна використовувати земляний кавальєр або стінку, чи їх поєднання (рис. 3.6).

Як шумозахисний екран застосовують протяжні будівлі нежитлового

призначення, що розміщуються уздовж проїжджої частини якомога ближче до неї, щоб виграти у висоті «звукової тіні». До прикладу, це можуть бути торгові центри у вигляді торгових рядів, пов'язаних між собою галереями, переходами, перекинутими над проїжджою частиною. Будівлі двоповерхові. Входи в магазини зроблені з боку мікрорайону, під'їзди для постачання магазинів – із боку проїзду. Це забезпечує повну ізоляцію території кварталу й забудови від шуму та інших шкідливих впливів автотранспортного потоку. Високі будинки розміщуються в другому «ешелоні» забудови. При цьому шумовий режим по санітарних нормах забезпечується повністю для всіх будинків і для всієї території мікрорайону. З архітектурної точки зору таке рішення крім санітарного значення було б дуже оригінальним і могло б стати для м. Луцька використанням міської території.

Вище розглянуті рішення шумозахисту під виглядом екранів-бар'єрів застосовні лише при достатній ширині вулиць (70-100 м), а забудова з обох боків не перевищує 5-7 поверхів. Проте, реальності міста такі, що вулиці мають значно меншу ширину (пересічно 20-30 м, іноді до 50 м), тому необхідно ширше впроваджувати решту варіантів шумозахисту. Одним із таких є герметизація віконних отворів, які виходять в бік вулиці. У цьому випадку необхідно забезпечити приміщення механічною вентиляцією чи кондиціонуванням повітря. З використанням нових будівельних технологій і матеріалів (метало-пластикових вікон із склопакетами) - на сьогодні це більш ніж реально. Їх екологічна шкідливість, про що багато говориться, не є підтверджена ні гігієнічно науковими розробками, ні рівнем технічної сертифікації. Щоправда застосовувати такі вікна бажано в комплекті з квартирним кондиціонером.

Іzolювати можна й транспортний потік, застосувавши тунель чи спеціальний екран-козирок, що закриває на рівні верху першого поверху вулицю. В такому випадку проїжджа частина залишається під козирком, а пішохідні шляхи переносяться на другий ярус. Приміщення перших поверхів можна використовувати для магазинів, кафе, майстерень та інших установ сфери послуг



[18].

Розглянуті види шумозахисних заходів торкалися містобудівних рішень. Ефективними є й адміністративні заходи щодо регулювання шумового режиму від транспорту. Здійснюються вони шляхом регламентування руху за часом доби, за складом транспортних засобів в потоках, до прикладу, обмеженням руху вантажних автомобілів у певних районах міста. Також – вибір оптимального маршруту руху транспорту, розвантаження магістралей з найбільш інтенсивним рухом, будівництво альтернативних доріг. Найбільш пріоритетним із цієї групи заходів для м. Луцька є добудова кільця об'їзних доріг (з Львівської на Володимирську й Ковельську). Наступне місце по ефективності посідає побудова в межах міста швидкісних магістралей – окремо для громадського транспорту та окремо для легкових та вантажних автомобілів, що, наприклад, на сьогодні успішно реалізовано в Києві [7].

Ну і технічні засоби, які передбачають зниження шуму в джерелі шуму. Основним джерелом шуму від автомобіля на швидкості до 60 км/год є звук, із яким вихлопні гази виходять із глушника. Глушник вантажного автомобіля (рис. 3.7), а тим більше легкового є пристроєм доволі простим, проте це не заважає його подальшому технічному удосконаленню із врахуванням природоохоронних вимог [8].

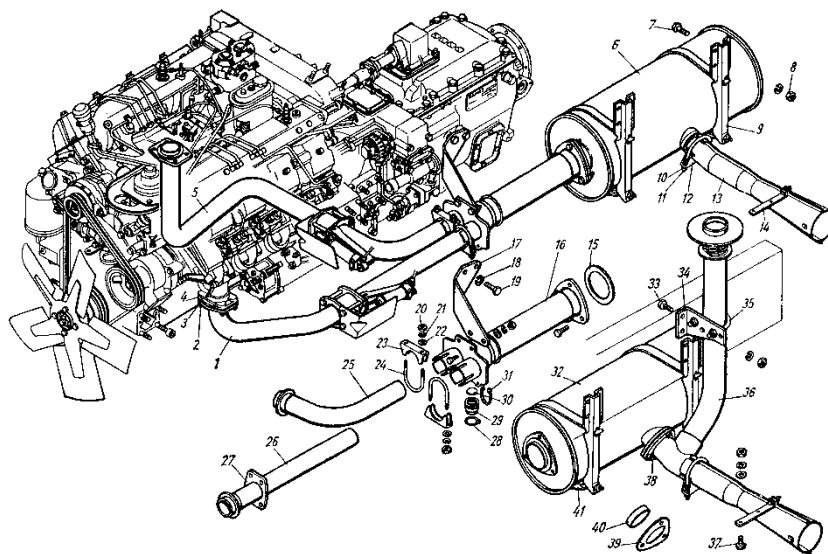


Рис. 3.7. Місце глушника шуму в паливній системі автомобіля КамАЗ 5320

Цифрами позначено: 1. Труба приймальна, ліва в зборі; 2. Гайка; 3. Шайба пружинна; 5. Прокладка; 6. Труба приймальна права в зборі; 7. Болт; 8. Гайка; 9. Кронштейн; 10. Шайба плоска; 11. Драбина; 12. Хомут; 13. Патрубок випускний; 14. Патрубок випускний; 15. Кронштейн; 16. Прокладка; 17. Рукав з трійником у зборі; 18. Кронштейн; 19. Шайба пружинна; 20. Болт; 21. Гайка; 22. Шайба пружинна; 23. Шайба плоска; 24. Хомут; 25. Драбина хомута; 26. Труба приймальна задня права в зборі; 27. Труба приймальна задня ліва в зборі; 28. Фланець натяжний; 29. Петля заглушки; 30. Заглушка газовідбірника; 31. Прокладка; 32. Ланцюг; 33. Болт; 34. Кронштейн; 35. Драбина; 36. Труба випускна в зборі; 37. Болт; 38. Болт; 39. Прокладка; 40. Втулка глушника; 41. Хомут в зборі

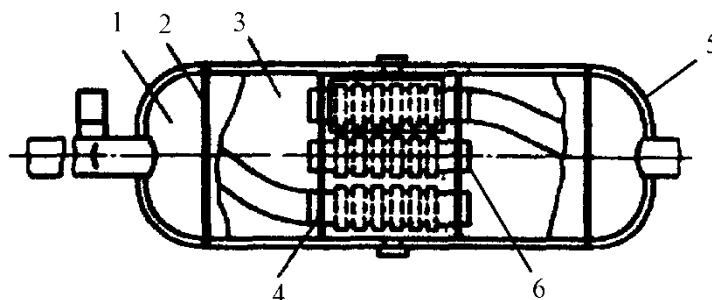


Рис. 3.8. Схема глушника шуму автомобіля ВАЗ 2106 (за [2])

Цифрами позначено: 1. Задня частина з випускним патрубком; 2. Зварювальний шов; 3. Зібрана частина корпусу; 4. Задня перегородка; 5. Передня частина з випускним патрубком; 6. Середня перфорована труба.

Підсумовуючи, можна виділити наступні основні заходи для зменшення рівня шумового забруднення м. Луцька:

#### 1. Містобудівні:

- а). при проектуванні нових районів та житлових кварталів закладати дороги в спеціальних заглибленнях (наприклад, для 55-го мікрорайону);
- б). використовувати кавальєри або кавальєри із стінками в місцях, де це дозволяє наявність простору вулиць (проспект Соборності, Відродження);

в). споруджувати будівлі-екрани (у районі вул. Ковельської, Рівненської, МКС);

г). поліпшити стан дорожнього покриття, оскільки його поганий стан зумовлює зменшення швидкості руху та відносну затримку окремого автомобіля на певній ділянці шляху (по всьому місту);

д). добудувати об'їзні дороги (зі Львівської на Ковельську, Володимирську);

е). проектувати відкриття нових закладів торгівлі, громадського харчування та сфери послуг таким чином, аби мінімізувати транспортний потік для їх потреб.

## 2. Благоустрій міста:

а). озеленення території з закладанням багатосмугових зелених насаджень з розривами, в яких потрібно розмішувати пішохідні тротуари (див. рис. 3.5);

б). упорядкування газонів, скверів, парків, догляд за рослинами в умовах екотоксикації вихлопними газами;

в). суцільне озеленення незабудованих просторів (територій шкіл, дитячих садків, лікарень, промислових підприємств);

г). при озелененні території міста використовувати ті види місцевих дерев, які володіють найбільшим властивостями по питомому зниженню шуму.

## 3. Санітарно-гігієнічні:

а). налагодити періодичний контроль шумності парку громадського транспорту;

б). слідкувати за розміром санітарно-захисних зон підприємств (особливо авіаремонтного заводу);

в). слідкувати за якістю звукоізоляції в нових будинках, розробити ефективні й дешеві засоби звукоізоляції для вже діючих об'єктів житлового фонду (особливо по проспекту

Соборності);

#### 4. Організаційні:

- а). розвантажити транспортні потоки на вул. Хмельницького, Глушець, Парковій, Карпенка-Карого та в районі ЦУМу;
- б). зменшити парк маршрутних таксі, поступово замінюючи їх великими міськими автобусами та тролейбусами;
- в). оптимізувати маршрути громадського транспорту і розклади руху;
- г). винести кінцеві зупинки приміських маршрутних таксі на околиці міста за відповідними напрямками;
- д). заборонити експлуатацію, будівництво, а також оренду складських приміщень у центральних районах міста;
- е). сприяти розвитку фізичної культури й спорту, формуванню здорового способу життя, образно кажучи „витіснити автомобіль велосипедом”.

### 3.3.2. Захист від житлово-комунальних шумів

Важливим фізичним фактором екології людини в містах, окрім власне транспортного шуму є житлово-комунальний шум. Для того щоб знизити шуми, як виникають в житлових і громадських приміщеннях, можуть застосовуватися наступні методи: 1) усунення причин шуму й послаблення його в джерелі; 2) ізоляція шуму; 3) поглинання шуму. Перший метод є найрадикальнішим, він здійснюється шляхом застосування малошумного інженерного, санітарно-технічного і побутового устаткування. Однаки у багатьох випадках із технічних і економічних причин цього досягти не вдається. Окрім того, сама людська життєдіяльність, що супроводжується вельми високою інтенсивністю шуму, не може бути усунена. Тому доводиться вдаватися до технічних засобів будівельної акустики і знижувати шум за допомогою звукоізолюючих і звукопоглинальних конструкцій і засобів [2].

Шуми, проникаючі в приміщення житлово-громадських будівель, можуть бути зовнішніми й внутрішніми. Зовнішні - детально проаналізовані в інших розділах дипломного проєкту. Внутрішні шуми в будівлях поділяються на побутові та шуми, пов'язані з роботою інженерного і санітарно-технічного обладнання (ліфти, вентилятори, насоси і т. д.). Побутові створюють самі мешканці будинку. Це гучних розмови, спів, гра на музичних інструментах, крики, плач дітей, робота радіоприймачів, телевізорів, магнітофонів, а ще в повітрі виникає й розповсюджується так званий „повітряний” звук [1]. Танці, заняття спортом, пересування меблів, біг дітей створюють ударний звук. З фізичної точки зору удар в свою чергу викликає коливання. При ходьбі, танцях, пересуванні меблів в огорожах будинку створюються звукові хвилі, які передаються на конструкції перекриттів, стіни, перегородки і розповсюджуються по будинках на значні відстані. У зв'язку із дуже малим загасанням звукової енергії в матеріалах, з яких виконують конструкції будівель.

Джерелом як повітряного, так і структурного звуку, який виникає й

розповсюджується по конструкціях будинку, є вентилятори, двигуни, лебідки ліфтів та інше механічне обладнання. Також сильний повітряний шум (80-85 дБ) створюють і вентиляційні установки. Цей шум разом з потоком повітря розповсюджується по вентиляційних каналах та через вентиляційні ґрати проникає в оселі мешканців будинку. Окрім того, вентилятори і електродвигуни, які приводять їх у дію, внаслідок вібрації можуть зумовити вельми інтенсивні звукові коливання у вигляді структурного звуку в перекриттях і стінах будинків. Такі коливання, так само, як і ударний звук, легко розповсюджуються по конструкціях будови та випромінюються в приміщення, розташовані навіть на значній відстані від вентиляторів, створюючи повітряний звук [8].

У підвалах будинків для обслуговування систем опалювання й водопостачання здебільшого встановлюють насоси з електродвигунами, при цьому деколи без проведення відповідних заходів щодо віброізоляції. У цих випадках у фундаментах виникають коливання звукової частоти, які передаються стінам будівлі і поширюються по ним, створюючи шум безпосередньо в помешканнях. В багатоповерхових будівлях значний шум виникає від ліфта при русі його кабіни, від ударів і поштовхів черевиків по направляючих, клацання поверхових вимикачів і особливо від ударів дверей шахти і кабіни при їх, закритті. Такий шум розповсюджується не тільки по повітрю в шахті і сходовій клітці, проте, головним чином, по конструкціях будівлі унаслідок жорсткого кріплення ліфта до стін і перекриттів [7].

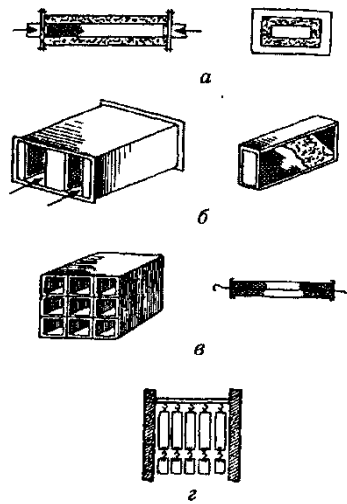


Рис. 3.9. Найпоширеніші типи вентиляційних глушників за [8]:

а). трубчатий; б). пластинчастий; в). щільниковий; г). циліндричний

Щоб зменшити повітряний шум застосовують звукоізолюючі огорожувальні конструкції, ставлять спеціальні глушники шуму в системах вентиляції й кондиціонування повітря (рис. 3.9), звукопоглинальні облицювання поверхонь приміщень.

Зниження шуму, що передається по конструкціях будівлі (структурного й ударного шуму), досягають за допомогою заходів, що послаблюють жорсткість зв'язку джерела шуму з конструктивними елементами будівель, тобто віброізоляції (рис. 3.10), шляхом зменшення провідності структурного шуму по конструкціях, а також шляхом конструктивних рішень міжповерхових перекриттів, які мають достатню звукоізоляцію від ударного шуму.

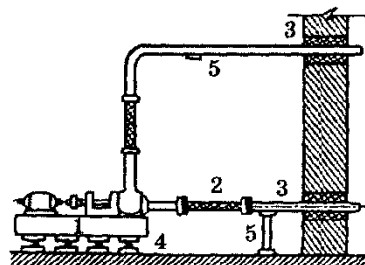


Рис. 3.10. Віброізоляція насосної установки (за [9]):

1). залізобетонна плита основи; 2). гнучкі вставки; 3). віброізоляція трубопроводу; 4). віброізолятори; 5). стояк із пружинною прокладкою

Ефективним заходом також є раціональне, з точки зору, шумового режиму планування будинків, приміщень, зменшення шумності інженерного устаткування, що використовується в будівлях, раціональне його розміщення; зменшення шуму у вентиляційних каналах та камерах, трубопроводах, санітарно-технічних системах. Велитенський вплив на звукоізоляцію житлових приміщень також чинить планування типових секцій багатоповерхового будинку. Досвід показує, що раціональне планування дає набагато більші результати, ніж будь-які інші подальші конструктивні або організаційні заходи щодо поліпшення звукоізоляції готових об'єктів [20].

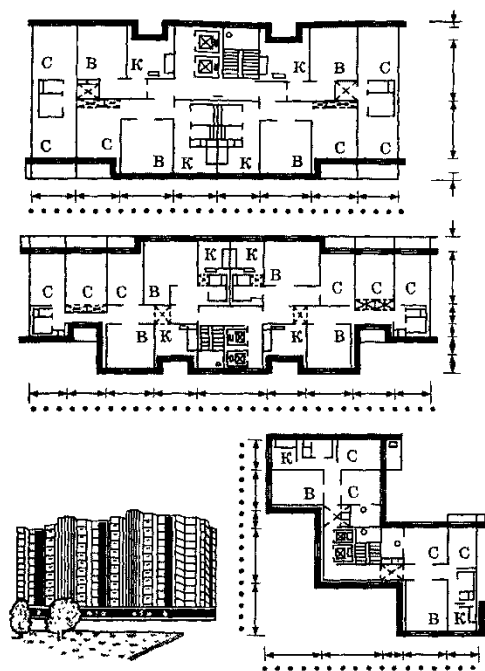


Рис. 3.11. Плани секцій шумозахищених будинків.

Крапками позначено джерела шуму. К – кухня, В – вітальня; С – спальня

Багаторічна практика експлуатації багатоповерхових будинків дозволяє встановити джерела шуму, вплив яких на умови проживання в оселях в більшій мірі залежить від планування секцій. До яких відносяться ліфтові.



Технічно й санітарно правильним також є зосередження всіх приміщень, пов'язаних з утворенням того або іншого шуму, по можливості в одному місці, бажано навкруги сходової клітки. Санітарні вузли та кухні групуються навкруги сходової клітки і блокуються в суміжних квартирах, що сприяє локалізації шуму і попереджує житлові кімнати від їх впливу.

Отже, можна виділити найбільш пріоритетні для м. Луцька напрямки захисту від житлово-комунальних шумів:

#### 1. Будівельні:

- а). планування нових будинків із врахуванням шумозахисних вимог;
- б). використання новітніх будівельних матеріалів із високими шумоізоляційними властивостями;
- в). контроль БТІ, органів влади, управління комунального господарства міста і громадських організацій за якістю будівельних робіт;
- г). використання ущільнюючих матеріалів при зашкленні вікон та встановленні дверей.

#### 2. Технічні:

- а). використання глушників шуму та віброізоляції для інженерних комунікацій;
- б). зниження шуму в джерелі (інженерно-технічному устаткуванні) методом шумогасіння та демпфування.

#### 3. Організаційні:

- а). впорядкування місць парковок автомобілів під будинками;
- б). ефективне обмеження торгівлі піротехнічними засобами.

## ВИСНОВКИ

Під час роботи над дипломним проектом було виконано дослідження акустичного забруднення м. Луцька та проаналізована структура шумового забруднення. Постійно зростаюча урбанізація поряд з факторами хімічного й біологічного забруднення довкілля, відзначається посилення дії несприятливих фізичних факторів навколишнього середовища серед яких і акустичне забруднення міста різноманітними шумами.

Встановлено, що для м. Луцька вплив стаціонарних джерел (промислових підприємств) є незначним та суттєво поступається за масштабами іншим джерелам. Тому в ході дипломного проекту більшу увагу приділили аналізу транспортних і житлово-комунальних шумів. І саме на транспортні шуми припадає найбільша частка в шумовому забрудненні міста – це приблизно 90%.

Ще дослідженнями науково-дослідницького інституту загальної й комунальної гігієни (під керівництвом Еппель С.І.) в 1978-1979 р.р. було встановлено, що для Луцька вже в той час були характерні аномально високі рівні шумового забруднення. Також були проведені натурні вимірювання рівня шуму та розрахунки його еквівалентного рівня на основі математичних моделей поширення звуку у міському середовищі. Математичні моделі верифіковані для ландшафтних і архітектурних умов м. Луцька. Результати цих досліджень співставлені із матеріалами звітів вищезгаданого НДІ й свідчать про негативну тенденцію до збільшення шумового забруднення. За оцінками останніх 25 років, рівень акустичного забруднення окремих частин міста зріс на 10-15 дБ і більше.

Проаналізувавши впливу шуму на організм людини в умовах міської агломерації, було вивчено структури джерел акустичного забруднення м.Луцька, змодельовано процес і наслідки шумового забруднення окремих частин міста.

В окремих частинах м. Луцька стан шумового забруднення на 30 дБ і більше перевищує санітарні норми. Ситуація, яка склалась зумовлює необхідність розробки комплексу заходів, викликаних рівнем шумового

забруднення міста. В ході дипломного проєкту запропоновані можливі шляхи вирішення цієї проблеми.

Проведення вимірювань рівня шуму та виконано розрахунок економічної ефективності організації відповідно до вимог сучасних методик.

Отже, у результаті досліджень, аналізу, розрахунків шумового забруднення м. Луцька запропоновано природоохоронні заходи, після застосування яких екологічний стан міської території та умови проживання населення міста покращаться. Розроблено рекомендацій для зменшення шумового забруднення м. Луцька.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Карагодина И.Л., Осипов Г.Л., Шишкин И.А. Борьба с шумом в городах. – М.: Медицина. 1972, 160 с.
- 2 Дідковський В.С., Акименко В.Я., Запорожець О.І., Савін В.Г., Токарев В.І. Основи акустичної екології. – Кіровоград.: Поліграфічно-видавничний центр ТОВ “Імекс ЛТД”, 2001. – 520 с.
- 3 Зарубин Г.П., Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и здоровье. – М.: Знание. 1977 – С. 210.
- 4 Оптимизация природоохранные мероприятий промышленного города. в интересах укрепления и сохранения здоровья населения. Сборник научных трудов / Под ред. П.Г.Ткачева и В.Ф.Горбич. – Рязань, 1990. – 140 с.
- 5 Трофимова Т.Н. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1998. – 542 с.
- 6 Ливенцев М.Н. Курс физики: учебное пособие для медицинских ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1978. – 336 с.
- 7 Гончарук Є.Г., Бардов В.Г., Гаркавий С.І. Комунальна гігієна. – К. : Здоров'я, 2003. – 728 с.
- 8 Борьба с шумом на производстве. Справочник / под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985, - 393 с.
- 9 Денисов Э.И. // Гигиена труда и профзаболевания, 1979, №11, С. 24-28.
- 10 Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И., Овакимов В.Г. Теоретические основы гигиенического нормирования шума. Вестник АМН СССР, - 1981. – С. 62-64.
- 11 Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
- 12 Даценко І.І. Екологія та гігієна людини. Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2000. – 248с.
- 13 Шандала М.Г., Звиняцковский Я.И. Окружающая среда и здоровье населения. – Киев.: Здоровье, 1988 – С. 152.