

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

В. Е. АБРАКІТОВ

**КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ
ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА КИСВА**

Монографія

**Харків
ХНАМГ
2012**

УДК [528.235:62-533.4](477-25)

ББК 26.1+38.93(2Ук-2)

A16

Рецензенти:

В. Д. Мартовицький, доктор технічних наук, професор, президент Донбаського регіонального відділення Міжнародної академії наук безпеки й екології;

Л. І Нефьодов, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Рекомендовано вченою радою Харківської національної академії
міського господарства

(протокол № 7 від 30 березня 2012 року)

A16

Абракітов В. Е.

Картографування шумового режиму центральної частини міста Києва: монографія / В. Е. Абракітов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2012. - 230 с.

ISBN 978-966-695-254-0

Дана робота продовжує цикл монографій автора, присвячених проблемі моделювання процесів розповсюдження звуку. В роботі розглянута методологія створення карт шуму населених місць із використанням прикладного програмного забезпечення ArcGis. Як територія, що підлягає дослідженню, був обраний густонаселений район у центральній частині м. Києва. Це є важливою проблемою акустики, тому що надає підстави для проведення різноманітних акустичних розрахунків, вирахування очікуваних рівнів звуку тощо. Книга ілюструється картами шуму, побудованими із застосуванням на практиці теоретичних положень роботи.

УДК [528.235:62-533.4](477-25)

ББК 26.1+38.93(2Ук-2)

ISBN 978-966-695-254-0

©Абракітов В. Е., 2012.

© ХНАМГ, 2012

ЗМІСТ

| | Стор. |
|--|-------|
| Зміст | 3 |
| Частина 1. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПРОБЛЕМИ БОРОТЬБИ ІЗ ШУМОМ..... | 5 |
| 1.1. Вступ..... | 5 |
| 1.2. Актуальність проблеми боротьби із шумом..... | 7 |
| 1.3. Нормування шуму на території населених пунктів та на робочих місцях промислових підприємств..... | 8 |
| 1.4. Застосування системного підходу для вирішення проблеми боротьби із шумом | 14 |
| 1.5. Структуризація загальносистемних властивостей проблеми боротьби із шумом як відкритої складної динамічної системи у взаємодії із зовнішнім середовищем..... | 24 |
| 1.6. Основні поняття і характеристики загальної теорії систем | 26 |
| 1.7. Структура та функції системи | 28 |
| 1.8. Взаємовідносини між системним підходом і "системологією" | 36 |
| 1.9. Основні та додаткові властивості системи заходів щодо боротьби із шумом | 37 |
| Частина 2. ТЕОРЕТИЧНА БАЗА ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 42 |
| 2.1. Джерела шуму і шумове тло в місті | 42 |
| 2.2. Необхідність у створенні карт шуму | 49 |
| 2.3. Складові частини й побудова карти шуму міста..... | 50 |
| 2.4. Завдання розміщення точок вимірювання рівнів шуму на місцевості | 53 |
| 2.5. Ідеї автора в їх математичному поданні | 59 |
| 2.6. Крок до побудови тривимірних карт шуму | 74 |
| Частина 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПІДГРУНТЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 77 |
| 3.1. Використовувані в дослідженнях вимірювальні прилади і устаткування..... | 77 |
| 3.2. Умови та методика проведення вимірювань | 80 |
| 3.3. Геодезичні підоснови території..... | 82 |
| 3.4. Загальна уява про геоінформаційні системи та їхні особливості та побудову | 85 |
| 3.5. Універсальність або спеціалізація?..... | 96 |
| 3.6. Методика досліджень нашої наукової роботи | 98 |
| 3.7. Польовий етап досліджень | 99 |
| 3.8. Камеральна обробка результатів: (початок) | 105 |
| 3.8.1. Створення теки та файлу проекту..... | 105 |
| 3.8.2. Про налаштування шейп-файлу | 108 |

| | |
|--|-----|
| 3.8.3. Про системи координат (необов'язковий) | 108 |
| 3.8.4. Подальше налаштування шейп-файлу | 113 |
| 3.9. Створення бази геоданих, векторизація растрових зображень | 118 |
| 3.10. Відбиття нормативних значень на майбутній карті шуму | 125 |
| Частина 4. ПРАКТИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ІЗ | |
| КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ | 135 |
| 4.1. Натурні дослідження шумового режиму на території, прилеглої до | |
| НТУ «КП» | 135 |
| 4.2. Виміри шуму і розподіл шумового забруднення на території | |
| Київо-Печерської лаври | 145 |
| 4.3. Виміри шуму і розподіл шумового забруднення на сусідній | |
| території за межами Києво-Печерської лаври | 158 |
| 4.4. Шумовий режим центральної частини м. Київ в районі вулиці | |
| Хрещатик | 165 |
| Частина 5. НАВІЩО СТВОРЮВАТИ КАРТИ ШУМУ? | 172 |
| 5.1. Методична блок-схема послідовності етапів рішення й розробки | |
| шумозахисту від цільового завдання до проектного рішення ... | 172 |
| 5.2. Інтерактивність як запорука проектування сучасних шумозахисних | |
| засобів і заходів | 174 |
| 5.3. Принципи побудови математичного і алгоритмічного | |
| забезпечення | 176 |
| 5.4. Розробка алгоритму рішення приватних завдань | 183 |
| 5.5. Моделі і методи ухвалення рішення при оптимізації шумозахисних | |
| заходів і засобів | 184 |
| 5.6. Класифікація завдань ухвалення рішення | 185 |
| 5.6.1. Завдання оптимального вибору | 185 |
| 5.6.2. Завдання вибору | 186 |
| 5.6.3. Загальне завдання ухвалення рішень (ЗЗУР) | 186 |
| 5.6.3.1. Завдання ухвалення рішень в умовах визначеності | 188 |
| 5.6.3.2. Завдання ухвалення рішень в умовах ризику і | |
| невизначеності | 190 |
| 5.6.3.3. Вибір оптимального рішення | 197 |
| 5.7. З чого вибирати? (Стислий огляд шумозахисних заходів і засобів, | |
| що існують) | 199 |
| 5.8. Містобудівні рішення, сприяючі шумозахисту | 201 |
| 5.9. Боротьба із шумом у будівлях | 209 |
| Висновки по проведеній науковій роботі | 212 |
| Післямова | 213 |
| Список використаних джерел | 214 |
| Глосарій | 221 |

ЧАСТИНА 1. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПРОБЛЕМИ БОРОТЬБИ ІЗ ШУМОМ

1.1. Вступ

Громадяни України мають право на безпечні для здоров'я умови праці, навчання, виховання, побуту, відпочинку та навколишнє природне середовище, гарантоване Конституцією України [1], ст. 153 КЗоП, ст. 4 Закону України "Про охорону праці" [2].

Науково-технічний прогрес у всіх галузях промисловості й на транспорті супроводжується розробкою й широким впровадженням різноманітного устаткування, верстатів і транспортних засобів. Ріст їхніх потужностей, та швидкий розвиток привели до того, що людина на виробництві й у побуті постійно піддається впливу шуму високої інтенсивності. Наслідком шкідливої дії шуму можуть бути професійні захворювання, підвищення загальної захворюваності, зниження працездатності, підвищення ступеня ризику травм і нещасних випадків, пов'язаних з порушенням сприйняття попереджувальних сигналів, порушення слухового контролю функціонування технологічного устаткування, зниження продуктивності праці. Весь комплекс змін, що виникають в організмі людини при тривалому впливі шуму, на сучасному рівні розглядається як «шумова хвороба».

На сьогодні відзначається незадовільний стан справ в області акустичної безпеки населення, який негативно впливає на фінансово-економічну діяльність промисловості України. Це викликає турботу як з боку населення, так і з боку законодавців, і тому в ст. 24 Закону України "Про забезпечення санітарного й епідемічного благополуччя населення" [3] мова йде про захист населення нашої держави від шкідливого впливу шуму, й інших фізичних факторів. Актуальною народно-господарською проблемою є розробка ефективних заходів щодо боротьби зі шкідливою дією виробничого шуму, що базується на рішенні проблеми моделювання процесів поширення звуку на шляху від джерела до об'єкту, та надає можли-

вість проектувати, конструювати (і т.д.) різноманітні шумозахисні заходи й засоби саме на стадії проектування (або реконструкції) об'єкта, тобто коли він ще не існує в природі.

Відсутність тиші в сучасних містах приводить до передчасної втоми. Шуми високих рівнів стають передумовою для розвитку стійкого безсоння, неврозів й атеросклерозу. Під впливом шуму з рівнями від 85 - 90 дБ починаються стійкі порушення здоров'я. Людина скаржиться на нездужання, випробовує головний біль, запаморочення, нудоту, надмірну дратівливість. Шум створює значне навантаження на нервову й серцево-судинну системи людини, здійснюючи на них руйнівний вплив. У цей час індивід, що піддається на роботі або дома впливу шуму, ризикує стати глухим. Протишумові дослідження, у якій би вузькій підгалузі акустичної екології вони не велися, у кожному разі мають велике позитивне значення в сучасних умовах.

В умовах щільної й насиченої сучасної міської забудови стає усе суужніше застосовувати архітектурно - планувальні, організаційні й конструктивні методи боротьби із шумом, які стали традиційними; і у зв'язку із цим в усім світі відбувається безперестанний пошук нових, несподіваних, непередбачених, неявно виражених раніше технічних рішень, спрямованих на рішення цієї насущної проблеми. У цій роботі, однак же, ми сконцентруємо увагу винятково на проблемі картографування шумового режиму.

Об'єкт досліджень та предмет досліджень. В цій науковій роботі процеси розповсюдження шуму з рівнями, що перевищують нормативні, обрано для вивчення як процес або явище, що породжує проблемну ситуацію. Предметом досліджень при тому виступає математичне моделювання акустичних процесів й формування різноманітних заходів задля формування акустичного комфорту робітників підприємств та населення.

Мета роботи: картографування шумового режиму території об'єкту дослідження, а саме - зовнішньої території міста Київ.

Методи дослідження: експериментальні дослідження (натурні виміри шуму на території); теоретичні дослідження

(побудова карт шуму означених об'єктів із застосуванням математичних моделей процесів розповсюдження звукових хвиль.

Наукова новизна роботи: виконано картографування шумового режиму частини території м. Київ із застосуванням математичних моделей процесів розповсюдження звукових хвиль. До нас такі дослідження на вказаній території не проводилися.

Практичне значення роботи: внаслідок зазначеного картографування шумового режиму частини території м. Київ виявлені зони шумового забруднення на території міста, які характеризовані значною кількістю контрольних точок із вимірними в кожній з них спектрами шуму. На підставі цих даних можна охарактеризувати стан акустичної безпеки в місті та запропонувати відповідні заходи і засоби боротьби із шумом.

1.2. Актуальність проблеми боротьби із шумом

Шум - постійний супутник людської життєдіяльності - один з головних винуватців стресу, дратівливості і втоми. Розрізняють повітряний шум, що виникає в повітрі, поширюється через конструкції, що захищають, і структурний шум, що виникає безпосередньо в конструкціях і випромінюється у вигляді повітряних звукових хвиль.

Незалежно від походження шум є шкідливим чинником, що впливає на людину. Особливо шкідливий міський шум, який супроводжує людину постійно протягом всієї доби і упродовж усього його життєвого процесу.

Дія шуму на організм людини визначається багатьма моментами - близькістю від джерела шуму, тривалістю дії, замкнутістю робочого простору, інтенсивністю фізичного навантаження. Постійний вплив цих чинників здатний привести до виникнення шумової хвороби.

Шкідливий вплив шуму на людину сьогодні загальноновизнаний й проявляється в широкому діапазоні впливів, від суб'єктивних роздратувань до об'єктивних патологічних змін в органах центральної

нервової й серцево-судинної систем [4]. У сучасному місті шум супроводжує людину практично постійно й повсюдно.

Шум діє не тільки на органи слуху. Подразнення шумом крізь волокна слухових нервів передається на центральну нервову та вегетативну нервові системи. Через ці системи шум негативно впливає на внутрішні органи людини, що призводить до значних змін у функціональному стані організму, впливає на психічний стан людини, викликаючи турботу та подразнення [5, 6].

Вплив шуму на центральну нервову систему викликає збільшення латентного періоду зорово-моторної діяльності, призводить до порушення рухомості нервових процесів, зміні енцефалографічних показників, порушує біоелектричну активність головного мозку із проявом загальних функціональних змін, суттєво змінює біопотенціали мозку, їхню динаміку, викликає біохімічні зміни у структурах головного мозку [7-9]. Люди, що знаходяться під впливом шуму, скаржаться на роздратованість, головний біль, запаморочення, підвищену утомливість, зменшення апетиту, та ін. Це є симптоми так званої "шумової хвороби", до симптомів якої віднесені: підвищення кислотності, серцево-судинна недостатність, нейроендокринні розлади.

Концепцію біологічної еквівалентності ефектів впливу шуму та нервового навантаження розглянуто в роботі [9].

Для захисту людей, що випробують негативну дію шуму, потрібне застосування комплексу заходів - технічних, організаційних і медико-біологічних.

1.3. Нормування шуму на території населених пунктів та на робочих місцях промислових підприємств

В Україні й Росії діють різні нормативні документи відносно шуму на міських територіях. Сам по собі підхід до нормування однаковий (і виходить із радянських СНиП II-12-77 [10] і ГОСТ 12.1.003-83* [11]). Однак у Росії діє новий нормативний документ СНиП 23-03-2003 [12]; в Україні по колишньому діють згадані [10] й [11], доповнені українськими ДСН 3.3.6.037-99 [13]

(але «державні санітарні норми» [13] нормують виробничий шум і для території міста підходять лише почасти).

У кожному разі, нормуванню підлягають ті самі параметри - рівень звуку, дБА, і рівні звукового тиску в октавних смугах частот (а також еквівалентні рівні). Розрізняються чисельні значення даних рівнів, притім досить незначно. Норми СНиП II-12-77 [10] трохи складніше в застосуванні, ніж норми СНиП 23-03-2003 [12] за рахунків виправлень на час доби, місце розташування об'єкта й ін.

Нормованими параметрами постійного шуму в розрахункових точках за [10] слід рахувати рівні звукового тиску L в дБ в октавних смугах частот із середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц; шуму, що коливається в часі - еквівалентні (по енергії) рівні звуку $L_{A_{екв}}$ у дБА; переривчастого і імпульсного шуму - слід рахувати еквівалентні (по енергії) рівні звукового тиску у дБ в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц.

Допустимі рівні звукового тиску (еквівалентні рівні звукового тиску) в дБ в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку в дБА для житлових і громадських будівель і їх території слід приймати відповідно до таблиці 1 [10], з поправками до них відповідно до таблиці 2 [10].

У загальному випадку, з урахуванням виправлень на час проведення вимірів, місце розташування об'єкта й ін., рівень звуку на території міста не повинен перевищувати значення 45-65 дБА (варіюється для різних умов), а рівні звукового тиску в октавних смугах частот - не повинен виходити за межі відповідних нормативних спектрів.

На робочих місцях промислових підприємств згідно з ГОСТ 12.1.003-83 шум характеризують рівні звукового тиску в октавних середньгеометричних смугах частот: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц. Для орієнтовної оцінки допускається брати рівні звуку за шкалою А (у дБА).

Табл. 1.1 - Нормативні значення рівнів звуку й звукового тиску для житлових і громадських будівель і їх території (Таблиця 1 [10])

| Приміщення і території | Рівні звукового тиску L (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{зкв}$) у дБ в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами в Гц | | | | | | | | Рівні звуку L_A й еквівалентні рівні $L_{зкв}$ в дБА |
|--|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1. Палати лікарень і санаторіїв, операційні лікарень | 51 | 39 | 31 | 24 | 20 | 17 | 14 | 13 | 25 |
| 2. Житлові кімнати квартир, житла будинків відпочинку і пансіонатів, спальні приміщення в дитячих дошкільних установах і школах - інтернатах | 55 | 44 | 35 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | 30 |
| 3. Кабінети лікарів лікарень, санаторіїв, поліклінік, зали для глядачів концертних залів, номери готелів, житлові кімнати в гуртожитках | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 |
| 4. Території лікарень, санаторіїв, безпосередньо прилегли до будівлі | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 |
| 5. Території, безпосередньо прилегли до житлових будинків (у 2 м від конструкцій, що огорожують), майданчики відпочинку мікрорайонів і груп житлових будинків, майданчики дитячих дошкільних установ, ділянки шкіл | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 |
| 6. Класні приміщення, учбові кабінети, аудиторії шкіл і інших учбових закладів, конференц-зали, читальні зали, зали для глядачів театрів, клубів, кінотеатрів, зали судових засідань і нарад | 63 | 52 | 45 | 39 | 35 | 32 | 30 | 28 | 40 |
| 7. Робочі приміщення управлiнь, робочі приміщення конструкторських, проектних організацій і науково-дослідних інститутів | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| 8. Зали кафе, ресторанів, їдалень, фойє театрів і кінотеатрів | 75 | 66 | 59 | 54 | 50 | 47 | 45 | 43 | 55 |
| 9. Торговельні зали магазинів, спортивні зали, пасажирські зали аерофлотів і вокзалів, приймальні пункти підприємств громадського обслуговування | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |

Примітки [10]:

1. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот в дБ, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку в дБА для шуму, що створюється системами кондиціонування повітря, повітряного опалювання і вентиляції, в приміщеннях і на територіях, прилеглих до будівель, слід приймати на 5 дБ нижче (поправка $\Delta_n = -5$ дБ) вказаних в таблиці 1.1 або фактичних рівнів шуму в приміщеннях в робочий час, якщо останні не перевищують значень, вказаних в справжній таблиці (поправку для тонального шуму по таблиці. 2 в цьому випадку приймати не слід).
2. Еквівалентні рівні звуку в дБА для шуму, створюваного засобами транспорту (автомобільного, залізничного, повітря) в 2 м від конструкцій будівель, обернених у бік джерел шуму, що огорожують, допускається приймати на 10 дБА вище (поправка $\Delta_n = +10$ дБА) рівнів звуку, вказаних в поз. 5 таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 – Поправки до нормативних рівнів (Таблиця 2 [10])

| Впливаючий чинник | Умови | Поправка в дБ або дБА |
|----------------------------|--|-----------------------|
| Характер шуму | Ширококутний шум | 0 |
| | Тональний або імпульсний шум | -5 |
| Місце розташування об'єкту | Курортний район | -5 |
| | Новий проєктований міський житловий район | 0 |
| | Житлова забудова, що розташована у існуючій забудові (що склалася) | +5 |
| Час доби | День –с 7 до 23 годин | +10 |
| | Ніч –с 23 до 7 годин | 0 |

Примітки [10]:

1. Поправки на час доби вносяться при визначенні допустимих рівнів звукового тиску і рівнів звуку для житлових кімнат квартир, спальних приміщень будинків відпочинку і пансіонатів, спальних приміщень в дитячих дошкільних установах і школах-інтернатах, палат лікарень і спальних кімнат санаторіїв, житлових кімнат гуртожитків, номерів готелів, для територій, безпосередньо прилеглих до житлових будинків, територій лікарень, санаторіїв, безпосередньо прилеглих до будівель.
2. Поправки на місце розташування об'єкту слід враховувати тільки для зовнішніх джерел шуму при визначенні допустимих рівнів звукового тиску і рівнів звуку для житлових кімнат квартир, спальних приміщень будинків відпочинку і пансіонатів, спальних приміщень в дитячих дошкільних установах і школах-інтернатах, палат лікарень і спальних кімнат санаторіїв, житлових кімнат гуртожитків, номерів готелів.
3. Поправку на місце розташування об'єкту не слід застосовувати для будівель, що знову будуються, в існуючій забудові (що склалася).

Згідно з гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 528 від 27.12.01 [14], надається визначення класу умов праці в залежності від рівнів шуму та перевищення граничнодопустимих рівнів (ГДР) ультразвуку та інфразвуку. При тому рівні, що менше та дорівнюють ГДР, визначають допустимий клас умов праці; рівні звуку 85-115 дБА - шкідливий клас умов праці; рівні звуку > 115 дБА - небезпечний.

Нейросенсорна приглухуватість (код Н903 згідно з Міжнародною статистичною класифікацією хвороб та споріднених проблем МКХ-10) під систематичним впливом виробничого шуму входить в Перелік професійних захворювань, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 1662 від 8.11.2000 р. [14].

Характеристика непостійного шуму на робочих місцях — еквівалентний рівень звуку. На рис. 1.1 надано нормативні рівні звукового тиску та рівні звуку на постійних робочих місцях («Санітарні норми виробничого звуку, ультразвуку та інфразвуку» ДСН 3.3.6.037-99) у графічному вигляді (тобто спектри).

Виявлено, що вплив шуму збільшується із збільшенням рівнів шуму; із збільшенням частоти шуму (тобто високочастотний шум більш неприємний, ніж низькочастотний (що стверджується також санітарним нормуванням [15, 16, 17, 18])), а також із звуженням ширини смуги частот, на якій знаходиться максимум енергії, що випромінюється.

Норми враховують біологічну небезпеку тонального та імпульсного шуму, а також категорію фізичного напруження (важкості праці) завдяки введенню відповідних поправок.

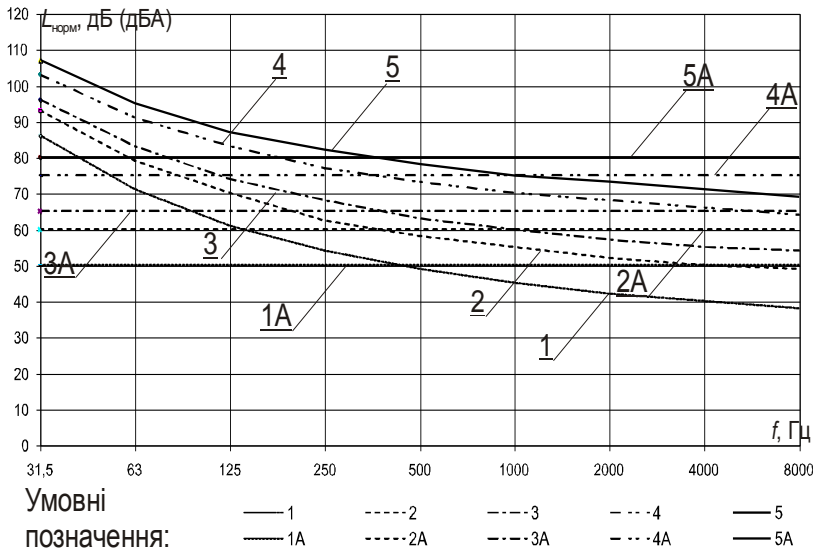


Рис. 1.1 - Нормативні спектри шуму (рівні звуку та звукового тиску згідно ДСН 3.3.6.037-99 для різних видів діяльності):

1. Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; робочі місця у приміщеннях – дирекції, проектно-конструкторських бюро, розраховувачів, програмістів обчислювальних машин, у лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, прийому хворих у медпунктах (рівень звукового тиску, дБ); 1А. Те ж, рівень звуку в дБА (=50 дБА);
2. Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірвальні та аналітичні роботи у лабораторії; робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій; 2А. Те ж, рівень звуку в дБА (= 60 дБА);
3. Робота, що виконується з вказівками та акустичними сигналами, які часто надходять; робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота: робочі місця у приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах та приміщеннях спостереження та дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону, друкарських бюро, на дільницях точного складання, на телефонних та телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах без дисплея та у приміщеннях операторів акустиків; 3А. Те ж, рівень звуку в дБА (=65 дБА);
4. Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами: робочі місця за пультами у кабінетах нагляду та дистанційного керування без мовного зв'язку по телефону; у приміщеннях лабораторій з шумовим устаткуванням, шумними агрегатами обчислювальних машин. 4А. Те ж, рівень звуку в дБА (= 75 дБА); 5 - Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у пп. 1-4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств. 5А. Те ж, рівень звуку в дБА (= 80 дБА).

1.4. Застосування системного підходу для вирішення проблеми боротьби із шумом

Існує безліч підходів [19, 20] до оцінки екологічної якості міського середовища або його складених компонентів, а також до характеристики екологічних умов у містах. Вони в цілому засновані на методичному підході, що опирається на взаємозв'язок між джерелами антропогенного впливу, найчастіше прийнятими як негативні за наслідками, і реакцією на них компонентів міського середовища, включаючи такі похідні, як стан здоров'я населення. Розходження окремих методів полягають:

- у виборі показників, що характеризують види й інтенсивності впливу;
- у виборі показників, що характеризують реакцію й зміни компонентів міського середовища;
- у математичному апараті, використовуваному для розрахунку інтегральних показників якості міського середовища або окремих компонентів, бальних або числових характеристик якості, рівня впливу.

Виконувані в рамках цієї методології оцінки можуть бути ефективно використані в області прийняття соціальних й економічних рішень, що регулюють саме поточну господарську діяльність у місті. З їхньою допомогою можна також спланувати етапність і технологічні рішення намічуваного будівництва. Але вони не дозволяють ввести екологічний фактор у територіальне планування в містах. На їхній основі неможливо оцінювати й рекомендувати конфігурацію структури міського простору, як у планувальному, так й у функціональному аспектах, тому що для побудови інтегральної міської структури необхідно працювати з первинною природною структурою і створюваною містом соціально-господарською структурою. Підходи, про які говориться вище, дозволяють лише оцінити наслідки функціонування вже сформованої в результаті будівництва міської структури, і працюють тільки як інструменти в рамках прийняття конкретних господарських і соціальних рішень в області керування функці-

онуванням уже створених містобудівних структур.

Проблема акустичної безпеки, на наш погляд, полягає в недоврахуванні або ігноруванні об'єктивних закономірностей боротьби із шумом у вигляді складної динамічної системи, що розвивається, зі своєю методологією дослідження [21], набором правил, принципів й аксіом. Спробуємо усунути цю прикру прогалину.

Що ж таке "Системний аналіз"? Необхідним (і недостатньо проробленим у інших авторів), на наш погляд, є застосування системного аналізу (надалі СА) як методологічного підходу в рішенні завдань екологічної безпеки населення за фактором шуму.

СА [22] - сукупність методологічних засобів, використовуваних для підготовки й обґрунтування рішень із складних проблем різного, у т.ч. наукового, технічного характеру; іноді - синонім системного підходу, що вивчає проблеми організації та функціонування складних об'єктів [23].

Залучення методів СА для вирішення зазначених проблем необхідно тому, що в процесі прийняття рішень доводиться здійснювати вибір в умовах невизначеності, що обумовлена наявністю факторів, які не піддаються строгій кількісній оцінці. Процедури й методи СА спрямовані саме на висування альтернативних варіантів вирішення проблеми, виявлення масштабів невизначеності по кожному з варіантів і зіставлення варіантів по тому або іншому критерію ефективності.

Основою СА є загальна теорія систем і системний підхід [23], з яких СА запозичує лише самі загальні вихідні подання і передумови. Його методологічний статус досить незвичайний: з одного боку, СА має в розпорядженні деталізовані методи й процедури, почерпнуті із сучасної науки й створені спеціально для нього, що ставить його в ряд з іншими прикладними напрямками сучасної методології, з іншого боку - у розвитку СА відсутня тенденція до оформлення його в строгу й закінчену теорію. У СА тісно переплетені елементи науки й практики. Тому далеко не завжди обґрунтування рішень за допомогою СА пов'язане з

використанням строгих формалізованих методів і процедур; допускаються судження, засновані на особистому досвіді й інтуїції, необхідно лише, щоб ця обставина була ясно усвідомлена. Найважливіші принципи СА зводяться до наступного: процес прийняття рішень повинен починатися з виявлення і чіткого формулювання кінцевих цілей; необхідно розглядати всю проблему як ціле, як єдину систему й виявляти всі наслідки й взаємозв'язки кожного приватного рішення; необхідні виявлення й аналіз можливих альтернативних шляхів досягнення мети; цілі окремих підрозділів не повинні вступати в конфлікт із цілями всієї програми.

Центральною процедурою в СА є побудова узагальненої моделі (або моделей), що відображає всі фактори і взаємозв'язки реальної ситуації, які можуть виявитися у процесі здійснення рішення. Отримана модель досліджується з метою з'ясування близькості результату застосування того або іншого з альтернативних варіантів дій до бажаного, порівняльних витрат ресурсів по кожному з варіантів, ступеня чутливості моделі до різних небажаних зовнішніх впливів. СА опирається на ряд прикладних математичних дисциплін і методів, широко використовуваних у сучасному управлінні: операцій дослідження, метод експертних оцінок, метод критичного шляху, теорію черг і т.п.

Методологічні засоби, застосовувані при вирішенні проблем за допомогою СА, визначаються залежно від того, чи переслідується єдина мета або деяка сукупність цілей, і т.д. Коли є одна досить чітко виражена мета, ступінь досягнення якої можна оцінити на основі одного критерію, використовуються методи математичного програмування. Якщо ступінь досягнення мети повинна оцінюватися на основі декількох критеріїв, застосовують апарат теорії корисності, за допомогою якого проводиться впорядкування критеріїв і визначення важливості кожного з них. Незважаючи на те, що діапазон застосовуваних у СА методів моделювання і вирішення проблем безупинно розширюється, СА за своїм характером не тотожний науковому дослідженню: він не

пов'язаний із завданнями одержання наукового знання у власному значенні, але являє собою тільки застосування методів науки до вирішення практичних проблем і має на меті раціоналізацію процесу прийняття рішень, не виключаючи із цього процесу неминучі в ньому суб'єктивні моменти.

Застосування СА до проблеми боротьби із шумом вперше розвинене в нашій роботі [24]. Необхідність у боротьбі із шумом - це комплекс різноманітних питань, проблем, які, в свою чергу, можна розділити в процесі аналізу на сотні підпитань, що впливають із них, і підсистем. Все це дозволяє відносити її до складних систем - складеного об'єкта, частини якого можна розглядати як окремі структури, об'єднані відповідно до певних принципів у єдине ціле й зв'язані між собою заданими співвідношеннями [25, 26].

Згідно [27], будь-який об'єкт може бути охарактеризований наступними ознаками: явище, властивості, закономірність (рис. 1.2).

Відкрити невідому раніше **закономірність** означає встановити внутрішній істотний зв'язок явищ, що повторюється, і виразити її певною математичною і функціональною залежністю.

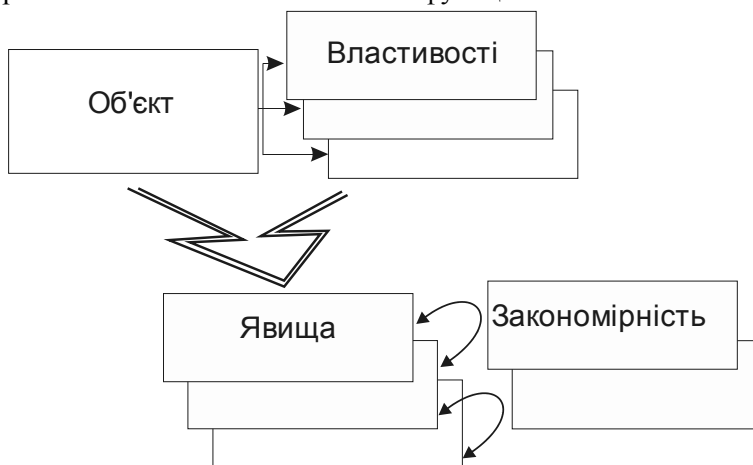


Рис. 1.2 – Взаємозв'язок філософських категорій явище, властивості, закономірність у визначенні будь-якого об'єкта

Закон - це загальний, об'єктивний, відносно стійкий зв'язок явищ, що повторюється з необхідністю, властивою цим явищам. У тому випадку, коли певні умови наявні, закон діє протягом усього часу, поки вони існують, - отже, характеризується не миттєвими, короткочасними, - а відносно стійкими, постійними зв'язками [28. - С. 20-24]. Закони охоплюють різні по широті області явищ. Вони не рівнозначні по масштабах, проте з глобальних, і - разом з ними, - декілька менш масштабних законів природи складається загальне Знання про світ, що оточує нас.

Дуже важко встановити той або інший закон природи і описати властивий йому закономірний зв'язок математичною формулою або строгою функціональною залежністю. Тому величезну роль в процесі наукового пізнання грає не лише встановлення закономірних зв'язків між окремими (відомими) явищами - але і виявлення (і наступний опис) самих (досі невідомих) явищ. **Явище** - це те, в чому проявляється (чи виявляється) суть якого-небудь матеріального об'єкту. Якщо суть виражає глобальні зв'язки, внутрішню основу - те явище є її виявленням. Суть розкриває себе в явищах.

Розкривши суть і вивчивши внутрішні процеси, можна стверджувати, що виявлене явище (чи, інакше називається, "ефект") є новим кроком в пізнанні фізичних, хімічних, або інших процесів природи. **Властивість** - якісна ознака, що становить відмітну особливість якого-небудь матеріального об'єкту. Предмети і явища мають багато властивостей. Але усі ці властивості в однаковій мірі виражають їх якісну визначеність. Лише сукупність істотних відносно стійких властивостей, що відрізняють цей предмет від інших, характеризує його якісну визначеність.

Далі наводимо цитату із роботи [29]: *«Конечно, системами являются не только материальные вещи, но и мысленные, идеальные объекты. Однако и при таком понимании существенным является взаимосвязь этих объектов. Естественно, что типы связей, существующие в такой, например, системе, как знание, не могут не*

отличаться от типов связей в материальных телах. Тем не менее для любых связей верны те диалектико-материалистические характеристики, о которых говорилось выше. Системный подход к исследованию означает рассмотрение исследуемых объектов в качестве систем. А это в свою очередь предполагает анализ взаимосвязей в рамках каждой системы.

Всегда ли необходимо рассматривать объекты как систему? Отнюдь нет. Кроме системного подхода к исследованию существуют и другие подходы, столь же правомерные и предполагающиеся диалектикой. Например, структурный подход, который, с нашей точки зрения, не тождествен системному подходу, хотя и связан с ним.» Далі в роботі [29] розповідається про структурний підхід, що є альтернативним системному: «...Структурный подход как таковой предполагает исследование многообразия отношений между объектами, отвлекаясь от природы этих объектов. При этом можно отвлечься и от связей между этими объектами. Например, можно изучать возрастную структуру народонаселения как совокупность отношений между численностью людей, достигших того или иного возраста. При этом вовсе не предполагается какой-либо связи между этими людьми и не существенны все остальные характеристики людей...» З того явно випливає, що структурний підхід зовсім непридатний до вивчення проблеми акустичної безпеки, а має іншу галузь застосування – наприклад, математика, лінгвістика тощо. Далі ми керуємось тільки-но системним підходом.

Взагалі поняття «система» докладно розібране на с. 103-125 роботи [29].

Сформулювавши всі ці основоположні визначення, які повною мірою застосовні до будь-яких об'єктів матеріального світу, (у т.ч. й до будь-якої системи як до об'єкту дослідження системного аналізу), можна переходити до розгляду боротьби із шумом як системи.

Говорячи про проблему боротьби із шумом, варто виділити наступні глобальні частини такої складної системи:

1. Навколишнє середовище як без джерел шуму (надалі - ДШ), так і з багатьма ДШ в ньому;
2. Середовище поширення шуму (як вкладений компонент, елемент навколишнього середовища) – як з розташованими в ньому об'єктами, що захищаються, так і без них;
3. Об'єкт, що захищається (як вкладений компонент, елемент навколишнього середовища й елемент середовища поширення шуму).



Рис. 1.3 - Загальні підходи, на яких ґрунтується системне дослідження

Кінцева мета вирішення проблеми – забезпечення акустичного комфорту в об'єкті, що захищається.

При аналізі або в описі процесу дії частини складної системи можна розділяти на самостійні підсистеми.

Так, "1. Навколишнє середовище" розбивається на такі частини:

- 1.1. Території, не піддані впливу шуму (наприклад, замиська зона й т.п. - зона повного акустичного комфорту);
- 1.2. Території, не піддані **негативному** впливу шуму (шум є, але його рівні не перевищують припустимих значень, зона відносного акустичного комфорту);
- 1.3. Території, піддані **негативному** впливу шуму (зона акустичного дискомфорту).

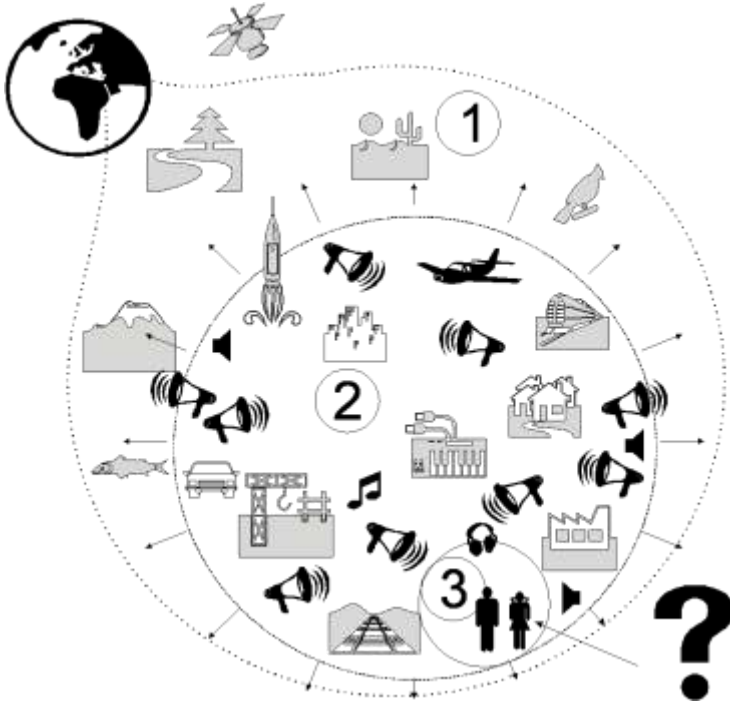


Рис. 1.4 - Проблема акустичної безпеки в її образній інтерпретації. Позначення позицій 1-3 рис. 1.4 – див. вище

У свою чергу, такі частини розбиваються на менші частини, ті – ще на менші складові частини, і т.д.

Властивості складної системи в цілому визначаються не тільки особливостями складових її елементів, але й характером взаємодії між ними [30]. Так, людина активно взаємодіє з навколишнім середовищем, перетворюючи його переважно за техногенним типом розвитку. Будівництво промислових підприємств, прокладання транспортних шляхів, конструювання нових машин, механізмів, інструментів й устаткування приводить до шумовипромінювання значених пристроїв, створених в ім'я власного техногенного блага Людиною. Реактивність зворотних зв'язків матеріального світу виявляється в тому, що шумове забруднення починає отруювати

Людині життя.

Людина починає боротися із шумом: (у той же час продовжуючи посилено генерувати його). Викорінювання ДШ в даному контексті не представляється можливим. Людство повинне жити, відправляючи власні техногенні потреби (тобто продовжуючи посилено експлуатувати ДШ, щомиті, щогодини, щодня створюючи нові й нові: так вимагає прогрес техніки). Таким чином, маємо протилежну полярність тенденцій: необхідність створення й експлуатації усе могутніших і потужних ДШ; з іншого боку - необхідність безшумного існування Людини? Як завжди, істина розташована десь посередині: завдання боротьби із шумом зводиться до знаходження оптимального компромісу: необхідно забезпечити одночасно існування й найпотужніших ДШ, і акустичну безпеку Людини, яка неминуче піддається їхньому впливу. Отже, головне завдання боротьби із шумом полягають у знаходженні якогось балансу між наявністю і функціонуванням ДШ, і їхнім впливом на Людину. Завдання полегшується тим, що критерії такої оптимізації добре відомі: ними є нормативні рівні шуму, встановлені на основі медичних довіджень.

Відомі й засоби вирішення такого завдання - різноманітні шумозахисні заходи, що переслідують мету зниження шуму до нормативних рівнів.

Однак проектування, розрахунок, застосування шумозахисних засобів через відсутність методології їхнього застосування зараз здійснюється досить безсистемно й хаотично, що приводить до порушення зазначеного балансу між наявністю ДШ, як об'єктивною неминучістю, - і мінімізацією їхнього негативного впливу на Людину. Незважаючи на широку популярність, поширення, найширше застосування шумозахисних заходів і засобів найчастіше їхня дія виявляється неефективною у дуже багатьох випадках.

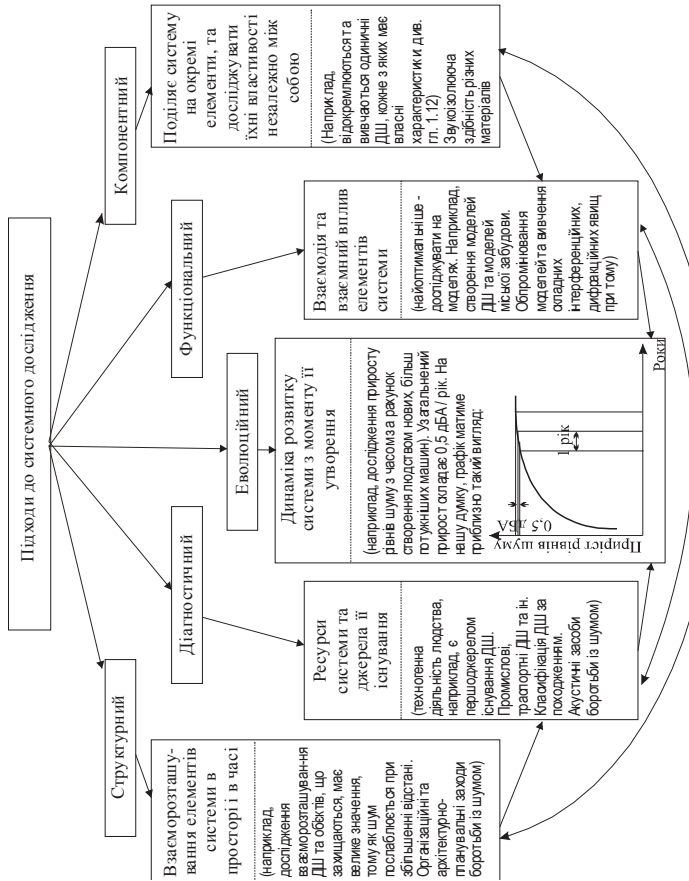


Рис. 1.5 - Повтор рис. 1.3 в децю новому вигляді. Підходи, на яких ґрунтується системне дослідження проблеми захисту від шуму

1.5. Структуризація загальносистемних властивостей проблеми боротьби із шумом як відкритої складної динамічної системи у взаємодії із зовнішнім середовищем

Що ж розуміти під системою заходів щодо боротьби із шумом? Взагалі система - це сукупність зв'язаних між собою і в той же час різних між собою й незалежних одна від одної частин або деяка безліч елементів, створена для досягнення заданої мети; у техніці - сукупність взаємозалежних технічних об'єктів і процесів, об'єднаних єдиною метою і загальним алгоритмом функціонування [30]. У роботі [31] дається більше цікаве, більше підходяще за стилем і суттю визначення системи: *"устойчивое образование, упорядоченное счётное множество элементов массово - волновой природы, участвующих в программных эволюционных процессах информационно - энергетического характера"*.

Таким чином, система заходів боротьби із шумом повинна містити в собі, щонайменше такі елементи, що впливають із неї:

- 1) навколишнє середовище;
- 2) середовище поширення шуму (із ДШ в ньому); саме шумозахисні засоби (у середовищі поширення шуму);
- 3) об'єкти, що захищаються.

Основою дослідження повинна бути аксіома відкритості: шум та боротьба з ним існують у вигляді взаємодії складних відкритих систем. Чому відкритих? Питання замкненості вкладених одна в одну систем докладно розглянуті нами в роботі [27]. Треба як якості цитат з неї навести основні висновки (рис. 1.6).

З точки зору вище розташованої (тобто охоплюючої) системи незамкнута система, що пролягає нижче (тобто котра є вкладеною в неї), - є замкнутою, якщо вона входить у вище розташовану систему як складова частина.

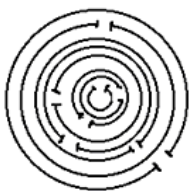


Рис. 1.6 - Ілюстрація вкладеності незамкнутих систем одну в одну, внаслідок чого з точки зору вище розташованої системи незамкнута система, що вкладена неї, себто та пролягає нижче, - є замкнутою, якщо вона входить у вище розташовану систему як складова частина

Величина розімкненості кільця (симетричної системи) визначається товщиною кільця, помноженою на число. Отже, величина розімкненості (симетричної) системи, що характеризується єдиним (основним) параметром, є різниця цих подібних параметрів для цієї (охоплюючої) і пролягаючої нижче (вкладеної) системи або для вищерозміщеної і цієї системи, помноженої на число. Величини розімкненості різних систем в одній ієрархії пропорційні.

В той же час з точки зору системи, що пролягає нижче, вище розташована (охоплююча) система є незамкнутою, якщо ця система, що пролягає нижче, (себто є вкладеною в неї), є частиною вище розташованої системи.

К тому слід зазначити, що ідеальних замкнутих систем не існує; верхній рівень будь-якої системи в будь-якому разі виходить у Всесвіт; а вся сукупність об'єктів та систем може бути представлена у вигляді систем за рис. 1.6, вкладених одна в одну [32].

В загальній теорії систем це може бути зіставлене із позицією «**Межі системи**» на наступному рис. 1.1.7, а також (в деякій мірі) - позицією «**Синергія**» з нього ж.

У даному випадку ми протиставляємо один одному дві складних системи: безпосередньо шум, і боротьбу з ним; і кожна з них, згідно із попередніми поданнями, є відкритою. Чому складних? "*Сложная система - упорядоченное множество структурно взаимосвязанных и функционально взаимодействующих разнотипных подсистем, объединённых структурно в целостный объект функционально разнородными взаимосвязями с целью достижения целей при определённых условиях*" [33].

Щодо складності системи десятків і сотень тисяч ДШ в умовах сучасного міста, думаю, ніхто заперечувати не буде? Можна помітити тільки, що складність - це не заплутаність, а структурованість і взаємозв'язок! ([34]).

І метою досліджень боротьби із шумом є розкриття цього взаємозв'язку (що можна, наприклад, здійснити засобами моделювання); і навмисна примусова зміна структурованості й взаємозв'язку в бажаному для Людини напрямку (тобто оптимізація шумового режиму за допомогою найбільш прийнятних для даного випадку шумозахисних заходів).

1.6. Основні поняття і характеристики загальної теорії систем

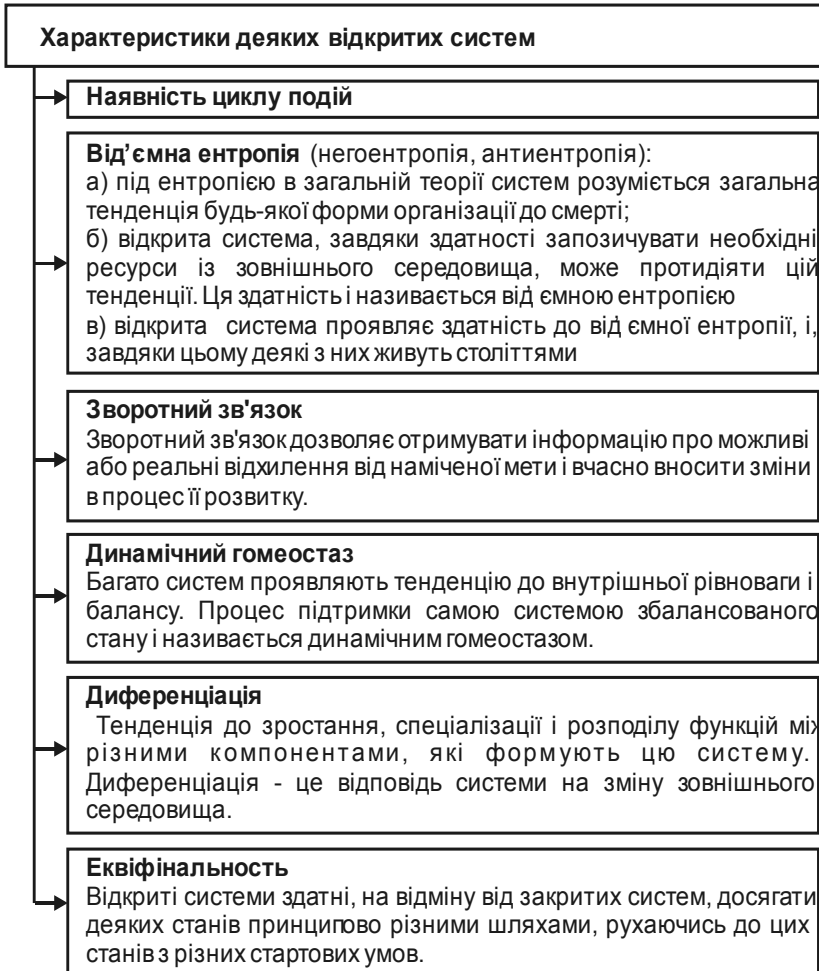
При системному підході важливе значення придбаває вивчення характеристик системи, тобто, насамперед, характеристик "входу", "процесу" ("перетворення") і характеристик "виходу". При системному підході зазвичай йдуть ззаду наперед - спочатку досліджуються параметри "виходу", тобто, в нашому випадку, умови акустичного комфорту населення. На "виході" у результаті має бути рівні звукового тиску на території нижче нормативних - або споконвічні, або досягнуті за рахунок застосування шумозахисних заходів. Потім визначають параметри "входу", тобто досліджується вихідний стан шумового режиму досліджуваного об'єкту чи території.

В ідеальному випадку рівні на «вході» нижче нормативних, себто ніякого втручання не потребується і оптимальний «вихід» автоматично забезпечений. Але дуже часто все це буває не так, і вихідні рівні на зашумованій території значно перебільшують норму. Ось тоді потребується примусове втручання, тобто зменшення шуму за рахунок якихось заходів. І, нарешті, не менш важливе значення придбаває дослідження параметрів "процесу", що перетворює вихідні рівні в кінцеві. Це є процес зменшення рівнів звукового тиску. На цьому етапі, залежно від об'єкту дослідження, застосовується механізм моделювання.

Розглянемо акустичну безпеку території з точки зору теорії систем. Таке дослідження з точки зору теорії систем почалося б з уточнення цілей, щоб допомогти зрозуміти характер рішень, які необхідно прийняти, щоб цих цілей досягти. Треба було б досліджувати зовнішнє середовище, щоб усвідомити існуючий стан системи. Стосовно проблеми боротьби із шумом, це означає проведення безпосередніх вимірів акустичних характеристик в деяких контрольних точках, що розташовані на місцевості. Потім дослідник звертається до внутрішнього середовища системи. Щоб спробувати зрозуміти головні її підсистеми, взаємодію і зв'язки з системою в цілому, дослідник проаналізував би всю інформацію, включаючи, насамперед, процес зменшення рівнів звукового тиску в різноманітних умовах. Відомо, що із збільшенням відстані від джерела шуму до контрольної точки ці рівні зменшуються. Значний вплив на них здійснюють акустичні екрани, рельєф місцевості тощо.



Рис. 1.7 – Основні поняття теорії систем



*Рис. 1.8 – Характеристики деяких відкритих систем
(вибіркове подання)*

1.7. Структура та функції системи

До найважливіших характеристик системи сумісно із тими, що вказані на рис. 1.7 й 1.8, відносяться її структура та функції

[35]. Їх можна взагалі характеризувати через позицію «**Компоненти системи**» на схемі рис.1.1.7.

Зважаючи на це, термін "структура" відноситься до основних понять – (до таких, наприклад, як "число" або "заряд"), - опису яких не існує закінчених дефініцій і які визначаються переліком властивостей. Це торкається цікавого питання про сформовану парадигму класифікації структур. Структуру прийнято характеризувати просторовим розташуванням структурних елементів, визначенням їхнього якісного складу, типом симетрії, розподілом. Такий підхід, за своєю суттю, також є модельним: дослідник за своїм розумінням або інтуїцією виділяє й затушовує різні властивості елементів, роблячи атрибутивними одні з них і зневажаючи іншими.

Функції системи уособлюють собою зовнішній прояв її властивостей в конкретних умовах та характеризують заданий вплив системи на оточуюче середовище. Оскільки структура забезпечує реалізацію функцій, між ними існує тісний взаємозв'язок. В роботі [27] ця проблема розкривається декілька з іншого боку: що в системі важливіше – форма (під якою можна мати на увазі структуру) чи зміст (під яким можна мати на увазі функції)? Нерозривний взаємозв'язок і взаємодію між ними можна ілюструвати так.

Про традиційне формулювання категорій: "*зміст*" - сукупність елементів і їх взаємодій, та "*форма*" -- внутрішня організація, структура змісту, - можна істотно сперечатися, якщо прийняти, що структура є істотним елементом змісту, і одні і ті ж об'єкти, пов'язані між собою по-різному, представляють якісно різні об'єкти, що мають відмінний один від одного зміст.

Зміст виражає процес взаємодії елементів явища або об'єкту і визначається як самими елементами, так і їх структурою.

Форма виражає спосіб існування, вираження, прояву змісту. Пізнання будь-якого - об'єкту здійснюється зазвичай поетапно:

- 1) пошук елементів, що визначають властивості цілого об'єкту. На цьому етапі пізнання структура об'єкту розглядається тільки як його будова;
- 2) прагнення пояснити властивості об'єкту (а для цього необхідно адже здійснити його фіксацію і його теоретичне

виділення від іншого). На цьому етапі структура виступає як інваріантний аспект об'єкту;

- 3) вищий рівень пізнання: структура як закони зв'язку, система стосунків між частинами.

Поведінка об'єкту виражається у наш час математичним поняттям "функції", тобто форма носить тепер функціональний характер.

Форма по-різному реагує на зміну змісту. Очевидно, найбільш характерною є така схема послідовної видозміни і взаємодії вищезгаданих категорій, яку наведено на рис. 1.9. Це є деталізованим відображенням позиції «Цикл життя» з рис. 1.1.7.

Взаємодія старих і нових форм виражається в тому, що зміст може використовуватися і підпорядковувати собі стару форму, але тільки на базі нової відповідної їй форми, оскільки через недостатній розвиток зміст ще не може існувати в новій формі повністю, стара форма при цьому еволюціонує.

Таким чином, здійснюється постійна еволюція форм та змістів системи у вигляді їх почергових змін, за рахунок чого здійснюється еволюція самої системи.

З цим висловленням слід зіставити головну ідею нашої роботи [36], котра полягає в тому, що будь-який еволюційний рух можна уявити собі в вигляді почергової зміни подовжньої та поперечної складових хвильового руху. Розвиток і удосконалювання, за уявою автора [36], є фази негармонійних коливань уздовж осі часу, вони являють собою відповідно поздовжню й поперечну складові складного хвильового руху в інформаційно-соціальному континуумі, причому чисельне значення розвитку в конкретний момент часу є точка, що відповідає максимальному значенню амплітуди коливань, чисельне значення вдосконалювання - флукутації в точках з проміжними значеннями тієї ж амплітуди.

Справа в тому, що "розвиток" і "удосконалювання" у загально-вживаній мові розглядаються, як правило, як слова - синоніми. Проте, можна виділити певні значеннєві аспекти, властиві кожному з них окремо. Так, розвиток - це зворотно-поступальний рух "нагору"; удосконалювання - рух "уперед". Сама собою напрошується якась аналогія із хвильовим рухом. Як відомо, пружна хвиля, наприклад, звукова хвиля у твердому середовищі, являє собою сполучення поздовжньої й поперечної хвиль (що поширюються із різними

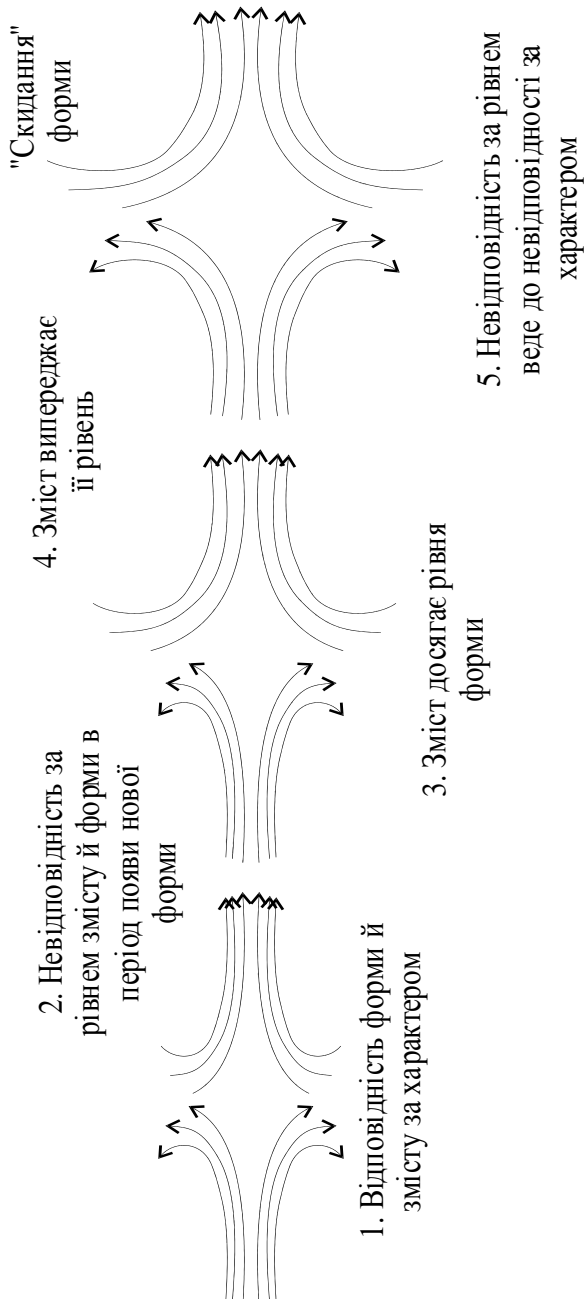


Рис. 1.9 - Взаємозв'язок форми і змісту як взаємодія пари категорій, що взаємозамінюють одне одного

швидкостями), і при її аналізі й вивченні може бути розкладена на ці дві (поздовжню й поперечну) складові. Таким чином, розглядаючи процес "розвиток-удосконалення", ми можемо простежити чітку аналогію з фізикою, де розвиток є поздовжня хвиля, а вдосконалювання - поперечна хвиля ([27, 36], рис. 1.10).

Вектор коливальної швидкості \overline{v}_L в поздовжній хвилі однаково направлений з вектором швидкості її поширення \overline{c}_L (тобто з напрямком її поширення), у поперечній хвилі еквівалентний вектор v_c , названий вектором зсуву, перпендикулярний до вектора швидкості її поширення \overline{c}_c , причому $\overline{c}_L \neq \overline{c}_c$.

Коливальна швидкість хвилі v , як відомо, її основний енергетичний параметр, що визначає амплітуду зсуву часток Y , м залежно від частоти f , Гц.

$$v = 2\pi Y f, \text{ м/с.}$$

(При цьому в реальних подовжньо-поперечних хвилях, для яких у фізиці прийняті спеціальні назви: вигинова хвиля, крутильна хвиля й ін., амплітуда поздовжньої Y_L і поперечної Y_c складових, природно, не рівні між собою, і тип, (вірніше, конкретна назва: вигинова, крутильна й т.д.) хвилі визначається вищеописаною енергетикою хвильового руху аж до чистих поздовжніх хвиль у рідинах і газах (де $Y_c = 0$).

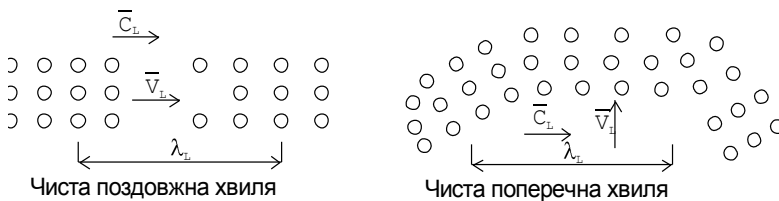


Рис. 1.10 - Вектори коливальної швидкості \overline{v}_L , \overline{v}_c і швидкості поширення \overline{c}_L , \overline{c}_c в різних типах хвиль

Незважаючи на розпливчастість понять "розвиток" й "удосконалювання" у пізнанні, завжди можна провести чітку грань між ними.

У твердих тілах порівняно рідко спостерігаються чисті поздовжні, ($\overline{v_c}=0$) або чисті поперечні ($\overline{v_L}=0$) хвилі - для цього потрібне дотримання ряду специфічних умов. У випадку нашої аналогії вищесказане можна інтерпретувати в такий спосіб: розвиток неможливо без удосконалювання, так само як і удосконалення неможливо без розвитку.

Для розвитку, при якому напрямок коливань збігається з напрямком поширення хвилі, ці коливання повинні адже від чогось відштовхуватися? У ролі такого "п'ятачка" і служить опорна поверхня, створювана вдосконалюванням, при якому напрямок коливань перпендикулярний до напрямку розповсюдження хвилі. Таким чином, можна аргументовано стверджувати, що неможливий "чистий" розвиток без будь-якої, нехай навіть найменшої складової вдосконалення, тобто сам по собі "чистий" розвиток без яких-небудь базових елементів, основ, азів науки й т.п. позбавлений всякого змісту - виходить процес, при якому оперують із нульовими значеннями. Історія розвитку науки й техніки знає чимало прикладів, коли важливі й значні винаходи бралися, як говориться, "з по-користі" - але навіть у цьому випадку їхні автори володіли хоча б мінімальними пізнаннями, що забезпечують можливість формалізації цих знань.

Також, очевидно, неможливо "чисте" удосконалювання без будь-якого розвитку (хоча поперечна хвиля з рівним успіхом може рухатися в тому же самому напрямку, що й поздовжня - це загальноновизнаний факт), тому що на якихось етапах цього вдосконалення воно неминуче переходить у розвиток. Очевидно, це явище обумовлено якимись фазовими стрибками при подоланні неоднорідностей середовища поширення, подоланні границь розподілу середовищ і т.д. хвильовими явищами, тому що середовище поширення хвилі - у нашому випадку саме інформаційне або соціальне середовище - явно не є однорідним.

Тоді виникає закономірне питання про оптимальне співвідношення складових "розвиток" й "удосконалювання". Перш, ніж перейти до нього, зробимо ще один відступ.

Відомі такі терміни, як "інтенсивний шлях" та "екстенсивний

шлях". Поставляючи це із прийнятої нами аналогією, можна визначити еквівалентність пар понять "інтенсифікація" й "розвиток" та "екстенсифікація" й "вдосконалення".

Отже, вектори коливальної швидкості "розвитку" й "удосконалювання" взаємно перпендикулярні. Поздовжня хвиля, як відомо, не піддається поляризації (тобто справжній розвиток йде незрозуміло як і найчастіше всупереч усьому); поперечна хвиля, як стверджує фізика, легко може бути поляризована (що ми спостерігаємо суцільно й поруч у процесі вдосконалювання). Таким чином, вдосконалення, як правило, завжди поляризовано за рахунок різних зовнішніх факторів, на відміну від розвитку. За рахунок цього воно ще й зарегульовано – тоді, як розвиток більшою мірою вільний й обмежується лише зовнішніми перешкодами.

Іноді (а взагалі ж це явище цілком і повністю закономірно) вдосконалювання (а точніше: бурхливе, стрімке, наймогутніше вдосконалювання) переходить у розвиток, виносить предмет своєї діяльності на якісно новий рівень. Розвиток також переходить в удосконалювання (часом, щоправда, настільки переходить, що всякий рух саме при цьому вмирає). У кожному разі такий перехід характеризується різким уповільненням розвитку, розповзанням його вшир. Поступальний рух уперед зупиняється на місці, починає розширюватися, затримується на певному рівні - ні, щоб далі вже вперед - і починає потихеньку заповнювати цей самий рівень. По закінченні його заповнення, однак, фаза вдосконалювання замінюється розвитком - загальмований, зупинений було рух різко вихлюпується, вибухоподібно розширюючись, забезпечуючи при такому вибуху кумулятивний ефект...

Таким чином, перехід інтенсивного розвитку в екстенсивний, або перехід від революції до еволюції, а також перехід розвитку в удосконалювання неминучий; також неминучий і зворотний перехід. Переходи ці здійснюються стрибками; але при цьому перехід від розвитку до вдосконалення завжди більш плавний. Переводячи на мову популярних видань з фізики - розвиток у цей момент часу є максимальне значення амплітуди коливань; удосконалювання ж яв-

ляє собою флуктуації біля її середньоквадратичного значення. Отже, величини умовних одиниць, що характеризують розвиток і удосконалювання, зв'язані між собою як $\sqrt{2}$? Принаймні, можна визначити розвиток й удосконалювання як фази (у фізичному, а не якомусь ще іншому змісті) гармонійних коливань уздовж осі часу. А наше життя складається із сукупності таких коливань із боку інших людей і суспільних інститутів, у результаті чого (накладення самих різних коливань) гармонійні коливання перетворюються в негармонійні.

Отак, за нашим поданням, здійснюється розвиток систем. Але продовжуємо наше системне дослідження.

Найчастіше досліджувану систему вважають складною, якщо в неї можна відзначити специфічні відмітні риси: наявність великої кількості елементів, багатозв'язковий характер відносин між окремими частинами, розмаїтість виконуваних функцій, наявність організованого багатоцільового керування. Складна система повинна враховувати взаємодію з навколишнім середовищем і вплив факторів випадкової природи. При аналізі складних систем використовуються підходи [37, 38].

Заходи боротьби із шумом активно взаємодіють із зовнішнім середовищем, і внаслідок наявності шуму - існують завдяки цій взаємодії. Навколишнє середовище характеризується величезним різноманіттям факторів, їхнім взаємозв'язком, складністю, мінливістю й невизначеністю.

Метою створення будь-якої системи, у т.ч. системи заходів боротьби із шумом, є максимізація її ефективності, тобто отримання максимального ефекту від використання системи на одиницю ресурсів, що витрачаються. Під ефектом розуміється міра досягнення поставлених перед системою цілей. Неформально глобальна мета на етапі розробки технічного завдання на синтез формалізується як безліч необхідних властивостей $P_S = \{p_{Sj}\}, (j = \overline{1, m})$.

Елементи безлічі P_S , приведені до вигляду, що допускає кількісну оцінку, утворюють безліч локальних критеріїв оцінки

ефекту системи $P_s^k = \{p_{si}^k\}, (i = \overline{1, n})$. Взагалі $n \leq m$, оскільки групи властивостей є взаємозв'язаними, змінюються погоджено і можуть бути оцінені одним синтетичним приватним критерієм. Систему з необхідними властивостями можна побудувати тільки на безлічі елементів $M_{s,i}$ і стосунків між ними R_s . Таким чином, "платою" за досягнення необхідних властивостей є вкладення в систему деяких різнорідних ресурсів (тимчасових, трудових, матеріальних, екологічних і т.д.):

$$B = \{b_l\}, l = \overline{1, L}.$$

Ці ресурси необхідні для реалізації елементів і стосунків між ними.

Процес проектування складних систем, вимагає трудових витрат, обчислювальних, матеріальних і тимчасових ресурсів, за величиною сумірних з витратами на створення системи. Система заходів боротьби із шумом, безперечно, є складною системою.

1.8. Взаємовідносини між системним підходом і "системологією"

Термін "системологія" був вперше запропонований В. Т. Куликом для позначення загальної науки про системи [39]. У системологію як науку включаються усі теорії систем - як загальна теорія систем, так і спеціальні теорії. Оскільки ті і інші є конкретними формами застосування системного підходу, системологію в цілому можна розглядати таким же чином. Отже, системний підхід - метод системології. Системні теорії - результати застосування цього методу. Можна вказати на два способи переходу від загальної теорії систем до спеціальних теорій. При одному з них при переході до спеціальних теорій обмежується тип властивостей, що цікавлять теорію, і тип взаємовідносин. Можна виділити окрему системну властивість, що цікавить нас, зробивши її предметом спеціального дослідження. В цьому випадку інші системні властивості можуть прийматися на увагу лише постільки, оскільки вони пов'язані з виділеними. Таким чином, були побудовані такі спеціальні теорії, як, наприклад, теорія простоти систем, теорія цілісності систем, теорія надійності і так да-

лі. Тут перехід від загальної теорії систем до спеціальних теорій кий, що сфера застосування отриманих системних принципів або положень може залишатися без змін, теоретично - універсальною. Так, загальний критерій простоти систем може бути застосований усюди, де застосовна загальна теорія систем. Вказаний спосіб спеціалізації загальної теорії систем можна назвати інтенціональним, оскільки він обмежує зміст теорії.

Але може існувати і інший, протилежний підхід до спеціалізації загальної теорії систем - екстенціональний, при якому в процесі переходу від загальної до спеціальної теорії систем здійснюється обмеження об'єму, тобто сфери застосування загальносистемних закономірностей в деякій області, що історично склалася. Із змістовного, інтенціонального боку вони можуть теоретично співпадати один з одним, оскільки усі закономірності, що вони дійсно є загальносистемними, застосовні в усіх цих областях. Проте на практиці ті або інші закономірності можуть набувати в одній області більшого значення, чим в іншій.

1.9. Основні та додаткові властивості системи заходів щодо боротьби із шумом

Основними властивостями системи заходів щодо боротьби із шумом є: системність, комплексність, цілісність (рис. 1.11).

Крім цього, нами при проведенні СА виявлений ще ряд додаткових властивостей.

Системність досягається спільним розглядом елементів: міське середовище - ДШ - шумозахисні заходи – об'єкт, що захищається (наприклад, кімната житлового будинку, робоче місце на виробництві, і т.п.) - людина, яка перебуває там.

В більшості наших власних робіт, серед яких слід назвати найбільш важливу [40], ми вводимо при розгляді взаємозв'язку шкідливості шуму та застосування заходів боротьби із ним проміжну ланку – моделювання процесів розповсюдження шуму (рис. 1.12). Слід звернути увагу на чисельні зворотні та внутрішні зв'язки між елементами схеми.

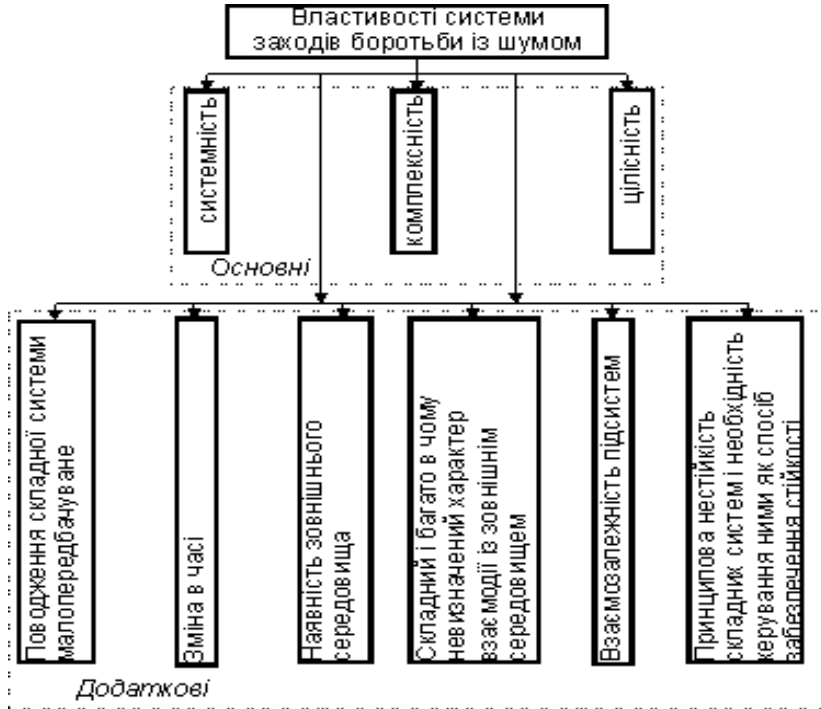


Рис. 1.12 - Властивості системи заходів боротьби із шумом

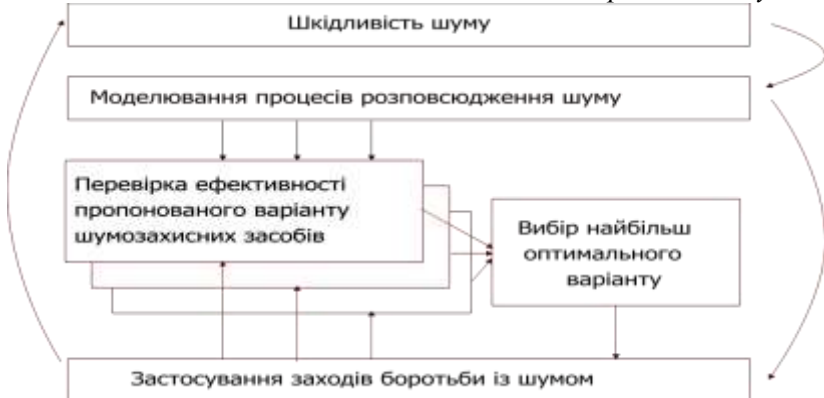


Рис. 1.12 - Логічний ланцюжок досліджень: пропонуючи ті чи інші шумозахисні заходи, оптимізуючи їх вибір, реалізуючи їх на практиці - ми в кінцевому разі зменшуємо шкідливий вплив шуму на здоров'я людини

Комплексність характеризується послідовною організаційно-правовою інтеграцією питань боротьби із шумом на різних рівнях: від окремої людини, яка захищається, до глобальної всесвітньої проблеми акустичної безпеки всього людства.

Цілісність - системна якість організованих матеріальних об'єктів, що виражає їхню унітарну природу, нерозчленованість і континуальність (безперервне різноманіття) і що охоплює всю топологічну сукупність елементів: від ДШ до людини, підданої впливу звукового випромінювання.

Дані елементи утворюють єдину систему у вигляді безлічі елементів, в якій реалізується відношення із заданими властивостями. Тому до боротьби із шумом застосовна узагальнена концепція, що базується на принципах цілісності й ієрархічності, що затверджують первинність системи як цілого над її елементами й ієрархічною організацією [37].

Головним системно утворюючим параметром системи, що характеризує відносини між окремими складовими частинами, є негативний вплив шуму на людину, зменшення якого реалізується шляхом зниження його рівнів до припустимих значень.

Інші, додаткові властивості системи заходів боротьби із шумом, виявлені в результаті системного аналізу, полягають у наступному:

1. *Поводження складної системи малопередбачуване.* Розподіл звукової енергії, збільшений безліччю інтерференційних і дифракційних явищ, досить складно описати теоретично, і навіть відтворити засобами імітаційного моделювання (недоліки яких наведені далі за текстом). Причому управління як процес організації цілеспрямованого впливу на об'єкт, покликаний привести його в необхідний стан, у складних системах не завжди дозволяє досягти поставлених цілей: принцип контр-інтуїтивного поводження Форрестера - складні системи реагують на зовнішні впливи зовсім інакше, аніж очікує наша інтуїція [41]. Практичний досвід повністю стверджує цей пункт: бо застосування шумозахисних засобів не завжди дає очікуваний результат, а в роботі [42] наводиться такий, безумовно, цікавий факт – шумозахисні посадки дерев, як це свідчило із даних вимірів, - не зменшували, а збільшували шум!¹

¹ На наш погляд, справа в інтерференційних явищах. Інтерференція може надати посилення енергії хвилі.

2. *Зміна в часі.* Незважаючи на те, що система має цілісність - всі її елементи й зв'язки між ними піддані змінам, будучи динамічною структурою.

3. *Наявність зовнішнього середовища.* Жоден об'єкт не може бути ізолюваний від впливів з боку інших систем. Всі вони піддані діям екзогенних факторів: природи й соціуму. Досліджуючи ту або іншу систему, необхідно визначити її границі (наприклад, просторові), і виділити її із зовнішнього середовища. Навколишнє середовище характеризується величезним різноманіттям факторів, їхнім взаємозв'язком і невизначеністю.

4. *Складний і багато в чому невизначений характер взаємодії із зовнішнім середовищем.* Система відкрита, їй властивий обмін інформацією, ресурсом, речовиною.

5. *Взаємозалежність підсистем:* складені елементи комплексу зв'язані між собою не тільки відносинами, що визначають структуру, але й зв'язані функціонально. Взаємозалежність підсистем виступає як необхідна умова структурної цілісності й означає, що в них є загальні точки типу "вхід-вихід".

6. *Принципова нестійкість складних систем і необхідність керування ними як спосіб забезпечення стійкості.* Структури мають розподілену конфігурацію, і у просторово-тимчасовому відношенні в різних місцях локальна стабільність постійно порушується.

Таким чином, захист від шуму, при розгляді його на основі системного підходу, має всі властивості складних динамічних систем, що відрізняються структурованістю, взаємозв'язком і взаємозалежністю окремих елементів, а її поведіння характеризується відкритістю, мінливістю, стохастичністю, і (у певній мірі), невизначеністю.

Проблемами системного аналізу системи заходів боротьби із шумом в інших галузях, окрім нас, займаються також інші дослідники [43-47]. Поруч з ними слід відзначити роботу [48], присвячену шумовипромінюванню пасажирського транспортного засобу, за умови розгляду його, як системи, - що, (як про те написано в [48]), *"зводиться до аналізу її складових частин, їх ієрархії та зв'язків між ними та з оточуючим середовищем, а також властивостей і характеристик системи в цілому"*. Така робота органічно вплітається в наш розгляд системного аналізу боротьби із шумом в якості розгляду локальної складової час-

тини (а саме - транспортних шумів).

Але наукових публікацій, присвячених проблемі застосування системного підходу до проблеми боротьби із шумом, насправді не так багато. В цьому можна засвідчитись, вводячи в пошукову строку Google або Yandex запит із відповідним текстом. Побачимо картинку, наведену на рис. 1.13.

На першому місці, як це можна спостерігати, тут фігурують три наші застарілі наукові роботи 2007 року. Далі - якісь посилання на чисельні веб-сторінки, що не мають відповідного змістовного наповнення за темою. Це свідчить, що системний підхід в протишумових дослідженнях недостатньо розроблений, і являє собою безперечний простір для наукового пошуку нових дослідників.

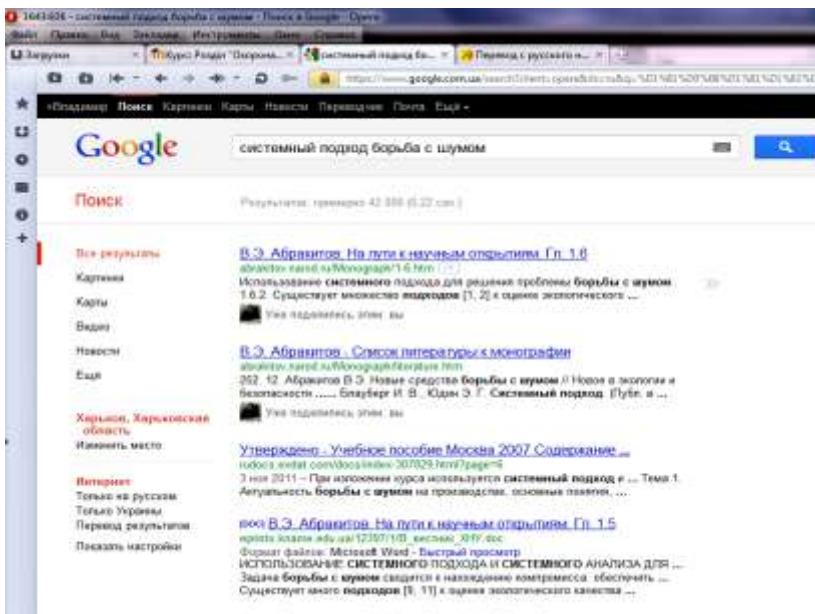


Рис. 1.13 – Результати пошуку в Інтернеті за фразою «Системный подход борьба с шумом»

ЧАСТИНА 2. ТЕОРЕТИЧНА БАЗА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Джерела шуму і шумове тло в місті

Складність системи заходів боротьби із шумом, наприклад, підкреслюється розташуванням ДШ та їхньою взаємодією в сучасному місті. При дослідженні шумового режиму різних об'єктів міського господарства, де людина піддається впливу шуму, при дослідженні шляхів оптимізації акустичних умов на міських територіях, при розробці шумозахисних заходів, визначенні їхньої ефективності й ін. надто важливо мати інформацію про кількісні і якісні характеристики акустичних процесів, які відбуваються при цьому. Забігаючи вперед, слід казати, що така інформація у ході наших досліджень була нами отримана (про що й буде розповідатися далі). Але передбачаючи подальшу розповідь, треба зазначити головні закономірності процесів розповсюдження шумів на території міської забудови хоча б самому загальному вигляді.

В будь-якому випадку, численні джерела міського шуму розкидані по території міста, у результаті чого в ньому практично завжди відчувається так зване «акустичне тло» [49]. По даним вимірів, фоновий рівень звуку в сучасному місті становить 35-45 дБА навіть уночі (усередині житлових груп мікрорайонів, у замкнутому контурі забудови, у точці, максимально віддаленої від транспортних магістралей при відсутності видимих джерел шуму й т.п.) [50]. Внаслідок цього, наприклад, добре відомі й широко застосовувані найчастіше залежності спаду рівнів на 3 дБ при подвійному віддаленні від лінійного джерела й на 6 дБ - від точкового (вони чомусь уперто кочують із книжки в книжку), м'яко говорячи, мають обмежену область застосування. Ми не заперечуємо зазначені вище залежності, ми просто застерігаємо від їх необдуманого повсюдного застосування, що носить у руках «теоретиків від акустики» формальний характер; а в наших роботах [51, 52] саме й визначаємо їм належне місце (спад рівнів залежно від відстані має місце тільки до влучення в зону фоно-

вого шуму. Далі відстань від джерела збільшується, але рівні не зменшуються – і це є шумове тло).

Картина поширення шуму на території міської забудови дуже складна, і рясніє непередбачуваними елементами, на перший погляд, що абсолютно суперечать здоровому глузду. Чого варте, наприклад, зростання рівнів звуку у міру видалення від джерела (замість належного мати місце умоглядного убунання)? Нічого дивного в цьому явищі немає, просто при відступі від джерела шуму до будівлі, що стоїть уздовж дороги, стикаємося з інтерференційними явищами (на прямі звукові промені накладаються відбиті від стін будівлі. Поблизу фасаду відбувається значна інтерференція; тому у міру видалення від джерела (дороги) в даному конкретному випадку шум зростає, - але необізнаного новачка це просто шокує! Подібними прикладами, - (якими воістину рясніє наш літопис шумового режиму), - ми хочемо сказати, що опис і картографування шумового режиму не настільки просте завдання. Необхідно досконально розбиратися в усіх зустрінутих неправдоподібних моментах, і тоді неочевидні на перший погляд явища (типу згаданого зростання рівнів у міру видалення від джерела) легко можуть бути пояснені. Дві буквально поруч розташовані точки з різницею рівнів в 8-9 дБ: добре, подивився убік, побачив ближню споруду, і відразу ж і здогадався - одна з них потрапила в звукову тінь. А на перший погляд: "такого не може бути"?! Складність, невігданість, несподіванка результатів вимірів надає процесу вимірів особливий шарм. Подібні приклади показують, що доскональний опис шумового режиму - процес творчий, що частенько евристичний, такий, що заперечує який-небудь механістичний підхід і дії аналогічно: ("раз тут знизилося на 3 дБ, - значить, і у іншому місці - так само"? - скільки прикладів з числа наших вимірів показують, що це не так!)

Проте, отримані дані в результаті наступного аналізу можуть бути узагальнені і на їх базі можуть бути виявлені деякі загальні закономірності.

У ряду джерел, присвячених мат. моделюванню процесів поширення звуку, зустрічаються формули (наприклад, с. 19

[53]), що говорять про те, що зниження шуму складає :

- 6 дБ при подвоєнні відстані від точкового джерела:

$$L = L_0 - 20\lg(R/R_0); \quad (2.1)$$

- 3 дБ при подвоєнні від лінійного:

$$L=L_0-10\lg(R/R_0). \quad (2.2)$$

Цифри 6 і 3 дБ утворюються як результати обчислення $2R_0/R_0$ за формулами (2.1) и (2.2) (оскільки $R=2R_0$)

Тут L - шуканий рівень звукового тиску, дБ на відстані R , м від джерела з відомим (заданим) рівнем L_0 , дБ на відстані R_0 , м.

Іншими словами, є залежності величини рівня звуку від величини відстані, виражені у вигляді пропорцій, - проте вони мають край обмежену сферу застосування.

Насправді ж, якщо візьмемо контрольну точку з рівнем L_0 , дБ, узятую на відстані $r_0= 7,5$ м, - наступна контрольна точка з рівнем L_0-6 , дБ буде перебувати на відстані $r= 15$ м; наступна L_0-12 на відстані $r= 30$ м; и т.д. Таким чином, виміри за даною методикою дискретні залежно від відстані: ми НЕ МОЖЕМО обчислити рівень на відстані, скажемо, 29 м, - а змушені користуватися відрізками, кратними 7,5 м. Крім того, часто випускають із уваги, що певні граничні умови накладаються й на спад рівнів (до речі, також дискретних разом з відстанню із кроком в 3 дБ. Внаслідок того, що рівні - величини логарифмічні, їхня інтерполяція складна й найчастіше неможлива: так, навіть чисто математично треба, що на відстані 11 м від точкового джерела {тобто. $1,5r_0$ } шуканий рівень не буде дорівнювати L_0-3). Залежність (2.1), так само як і залежність (2.2), буде виконуватися аж ніяк не «у періоді» (тобто загасання до величин близьких до нуля дБ на більших відстанях від джерела), як це уможлядно думається: (мол, «на відстані 7,5 м рівень становить 41 дБА; а на відстані приблизно 2,0 км рівень = 0 дБА»: такі лінійні обчислення, формально начебто б правильні, - але в корені не вірні, представлені в табл. 3), -- а до збігу величини зазначеного загасання з величиною рівня фонового шуму.

Як ми успішно показали даними наших натурних вимірів за [51], величина фонового шуму в місті становить від 29-30 дБА до 48-49 дБА.

Таблиця 2.1 - Формально правильні (але такі, що не враховують фізику процесу) обчислення спаду рівня від точкового джерела по формулах (2.1) и (2.2) згідно за [51]

а) для точкового джерела (відстані загасання для розрахункового $L = 41$ дБ)

| | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| $L_0,$ дБ= | 41 | 35 | 29 | 23 | 17 | 11 | 5 | -1 | -7 | -13 |
| r, M = | 7,5 | 15 | 30 | 60 | 120 | 240 | 480 | 960 | 1920 | 3840 |

б) для лінійного джерела (відстані загасання для розрахункового $L = 41$ дБ)

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---------|----|----|----|-----|------|-------|-------|-------|------------|
| $L_0,$ дБ= | 41 | 38 | 35 | 32 | ... | 11 | 8 | 5 | 2 | -1 |
| r, M = | 7, 5 | 15 | 30 | 60 | ... | 7680 | 15360 | 30720 | 61440 | 12288 0 |

Приймаємо фонний рівень = 41 дБА (як це було з'ясовано в деяких серіях наших вимірів [51]). Таким чином, повертаючись до розглянутого приклада з рівнем 41 дБА, можна сказати так: на відстані 7,5 м від точкового джерела зафіксований рівень 41 дБА, на відстані 15 м від того ж джерела зафіксований рівень 35 дБА; на відстані 30 м від того ж джерела теж зафіксовано той же рівень 29 дБА й т.д., - (де 29 дБА - фонний шум). На відстані більш 30 м рівень вже ні в жодному разі не знижується, незважаючи на збільшення відстані від джерела в будь-якому ступеню. Цифри реальні, і взяті з прикладів наших вимірів [51]. Це докладно показано на рис. 2.1 а,б, а також рис. 2.2.

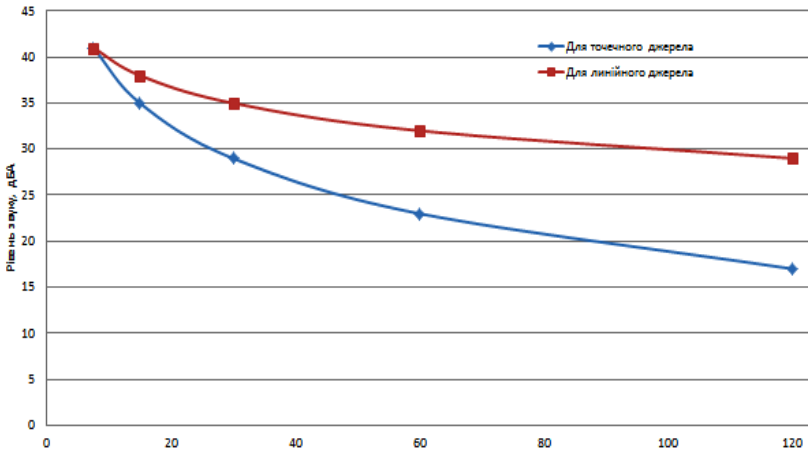
Криві рівнів, названих «прогнозно-неправильними», обчислені по алгоритму відомих формул (2.1) та (2.2), табл. 2.1, мають чисто математичне, - але в жодному разі - не змістове значення. Дійсно, має сенс тільки ділянка такої кривої до перетинання із графіком «фонний шум»; а далі зі збільшенням відстані буде підтримуватися рівень шуму саме ФОНОВОГО. Нижче фонового

рівні шуму можуть знизитися тільки в уяві авторів формул (2.1) та (2.2), - але в жодному разі не в реальності.

Таким чином, банальна цифрова модель (формули (2.1) та (2.2)) в жодному разі не відбиває дійсної закономірності спаду рівнів залежно від відстані. Математична модель же авторської розробки, як буде показано далі, [52] базована на вивченні форми й площі фронту, значно ближче до реальності, і прекрасно погоджується з даними натурних вимірів.

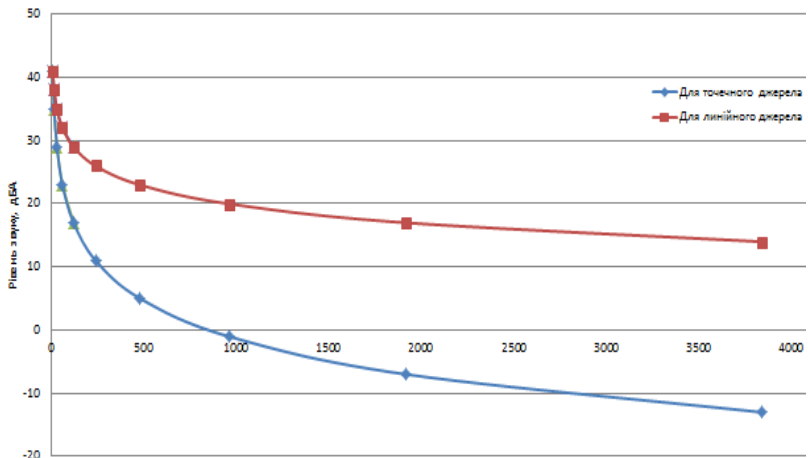
Отже, ізолінії, що характеризують зменшення рівня звуку / звукового тиску від джерела, поступово з'єднуються з ізолініями фонового шуму, а зони із збільшеними рівнями подалі від джерела розпливаються посеред зон рівнів фонового шуму. В своєму образному вигляді це візуально виглядає, (на наш погляд), наприклад, як відображення рельєфу на географічній карті - де точкові значення рівнів звуку від точкових джерел еквівалентні висотам гірських піків, лінійні джерела звуку нагадують висоти гірських хребтів, ізолінії однакових рівнів звуку адекватні горизонталям на карті, а ось зони фонового шуму відповідають позначкам висоти над рівнем моря у лощинах, балках чи ярах?!

Залежність зменшення рівня звуку від відстані



а)

Залежність зменшення рівня звуку від відстані



б)

Рис. 2.1 - Залежність спаду рівня звуку від відстані: криві відповідно до примітивного математичної моделі (розрахунок по формулах (2.1) и (2.2)): а) загальний вигляд; б) укрупнений вигляд

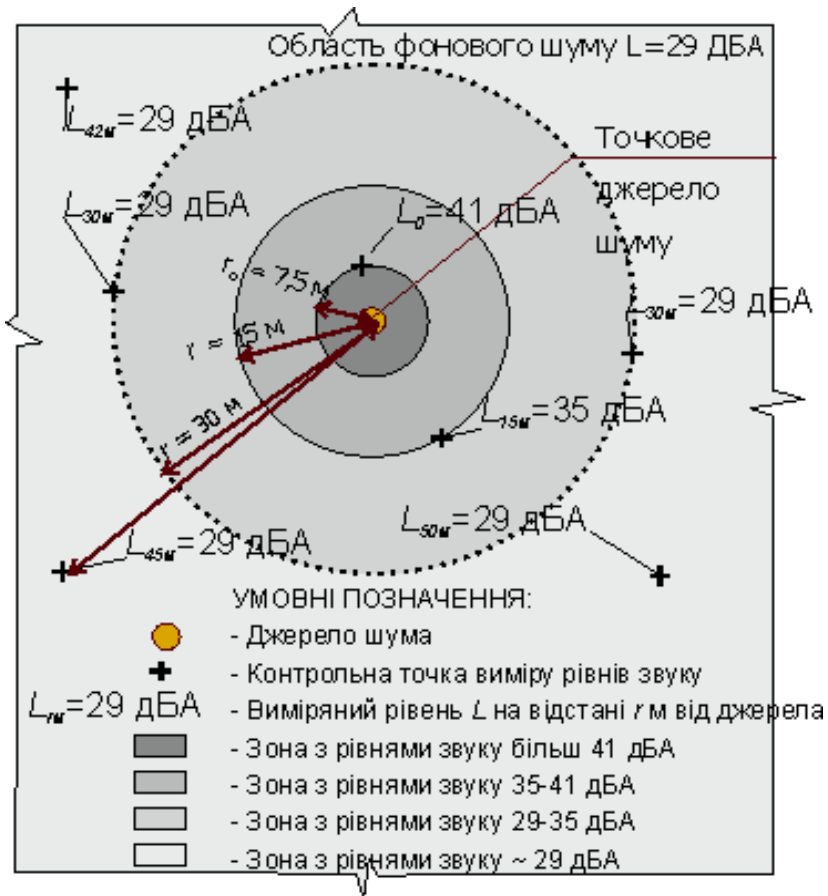


Рис. 2.2 – Ідеалізована карта шуму із зонами зашумованості, що ілюструють спад рівнів звуку від вихідного $L_0=41$ дБА до фонового $L_{r>30m}=29$ дБА

Така візуальна подібність, що виникає у побудові карт шуму, описувана нами у цьому розділі теоретично, наочно представлена на побудованих за даними РЕАЛЬНИХ ВИМІРІВ чисельних картах шуму, і читачеві надалі надається можливість самому засвідчитися, чи є справедливою така аналогія (карти шуму із топографічною картою)?

Відповідно до стандартизованої методики, рівні транспортного шуму характеризуються вихідним значенням L_0 , що прив'язується не тільки до відстані R_0 , рівної 7,5 м, але й до висоти 1,2 м (на якій розташована дана контрольна точка. Отже, наступні розрахункові точки стосовно рівня поверхні повинні розташовуватися на відповідній же рівнозначній висоті? - (ця вимога в переважній більшості літературних джерел замовчується (мовчазно мається на увазі)). У той же час для рішення ряду реальних шумозахисних завдань необхідно створити просторову, тривимірну картину розподілу шуму (розрахувати рівні на різних висотах над рівнем земної поверхні, наприклад, на висотах 5,3 м, 11,75 м, або будь-яких інших)?

2.2. Необхідність у створенні карт шуму

Величина шумового забруднення, розподіленого по території міста, значно коливається від точки до точки. Вона залежить від пори року, від близькості й кількості джерел шуму й ін. Одне з головних завдань, які виникають перед містобудівниками в проектній практиці полягає в тім, щоб передбачити зони впливу майбутніх джерел шуму, передбачити шумовий режим житлової забудови й реалізувати конкретні рішення в цій області.

Для того, щоб боротися із шумом у містобудуванні, планувати й здійснювати які-небудь шумозахисні заходи, необхідно мати картину його поширення в міській забудові. Таким чином, виникає необхідність у картографуванні шумового режиму. Щоб максимально використати на цій стадії можливі заходи щодо шумозахисту, необхідна карта (схема) основних джерел міського шуму, виконана в масштабі генерального плану міста. Вона є основою для регулювання шумового режиму в зоні селитьби міста, основою для розробки комплексних містобудівних заходів щодо захисту житлової забудови від шуму.

У сучасних містах одним з основних і найбільш істотних джерел шуму є транспорт, що рухається по вулицях [10, п. 5.3]. Отже, у першу чергу, карти шуму повинні бути прив'язані до

транспортних магістралей. Згідно [54]: «...Карты шума улично-дорожной сети составляют на текущий период, расчётные и перспективные сроки и должны входить в состав проектной документации при разработке технико-экономических основ развития города, генерального плана города, проектов детальной планировки его районов и схем санитарно-гигиенической оценки существующего и прогнозируемого состояния окружающей среды. Карты шума служат основой для оценки существующего и прогнозируемого шумового режима на улицах и дорогах и примагистральных территориях города, а также для разработки организационно-административных, архитектурно - планировочных и строительно - акустических мероприятий по снижению транспортного шума. Карты шума разрабатываются в соответствии с заданием главного архитектора города и должны согласовываться органами санитарного надзора и утверждаться горисполкомами...»

2.3. Складові частини й побудова карти шуму міста

По-перше, розглянемо таке питання, що ж таке карта шуму? Згідно роботі [55]: «Карта шуму - графічне зображення картини розподілу шуму на території. Точки з однаковими значеннями рівня звуку (або рівнів звукового тиску в певних смугах частот) з'єднують між собою ізолініями. Області простору з однаковими рівнями шумового забруднення, як правило, заливають однаковими кольорами. Карта шуму дає наочне подання про шумовий режим досліджуваної території.»

Згідно роботі [56]: «Карта шуму міста - це великий розділ генерального плану, що фіксує сучасний або майбутній стан шумового режиму в місті».

Розробку схеми розташування джерел шуму міста починають зі збору відомостей, які дозволяють характеристику джерел шуму в місті, виявлення «полюсів» шуму. Вони повинні включати матеріали, зазначені в [57, с. 54-55].

Як у свій час указувалося в [54]: «Карты шума улично- дорож-

ной сети города на расчетные и перспективные сроки ваются расчетными методами...

...Карту шума на стадии генерального плана рекомендуется составлять на копии основного чертежа генерального плана города, на которой должны быть нанесены следующие данные: трассировка улично-дорожной сети, транспортные узлы, характеристика движения и состава транспортных потоков (интенсивность движения в обоих направлениях, доля числа грузовых и общественных транспортных средств в общем числе транспортных средств в потоке, средняя скорость движения) на каждом участке улиц и дорог в часы пик средних суток недели летнего периода года, значения продольных уклонов проезжей части на каждом участке улиц и дорог, границы функциональных зон, районов и территорий города.

Характеристики движения и состава транспортных потоков следует определять по картограммам автомобильных потоков, а значение продольных уклонов проезжей части улиц и дорог на основании плана красных линий...»

Отримані дані, які характеризують основні джерела міста, дозволяють скласти карту джерел міського шуму. На карту наносять в умовних позначках основні джерела й указують їхні еквівалентні рівні шуму в дБА [58].

У цей час це робиться приблизно так само (у змістовному плані), однак рутинна робота з паперовими копіями документів уже не виробляється. На зміну застарілим технологіям прийшли нові, засновані на використанні засобів і методів ГИС [59].

Як у свій час було написано в [56]: *«Безумовно, розробка карти шуму міста — процес творческий. Поэтому со временем обязательно возникают дополнения, изменения, направленные на улучшение и оптимизацию этого процесса, на достижение наибольшего эффекта в защите жилой застройки от городского шума.»*

Таким чином, [54] явним чином наказує будувати карти шуму на базі розрахунків транспортних потоків. Кінцевим підсумком такого підходу, як правило, являється неспівпадання

прогнозованих результатів з реальними.

Проте, цей шлях побудови карт шуму має цілий ряд недоліків. Це особливо добре помічено в [53]. Оскільки отримати аналітичне рішення формування характеристик транспортного шуму не вдається у вигляді єдиного рівняння для усіх характеристик транспортного потоку і дорожніх умов, а спрощення завдання призводить до неприпустимо грубих результатів, від аналітичного дослідження кількісних характеристик формування транспортного шуму доводиться відмовлятися і переходити до інших способів використання математичної моделі.

При побудові імітаційної моделі формування транспортного шуму модель має бути як можна гнучкішою, і без значних додаткових змін добре описувати будь-які дорожні умови (продовження дороги в плані і подовжньому профілі, зміна типу дорожнього покриття і характеру поширення шуму), а також відповідати основним закономірностям руху транспортних потоків (розподіл автомобілів по смугах руху), функції розподілу інтервалів і швидкостей руху автомобілів.

Потік автомобілів і комплекс умов, в яких він рухається, є типовий приклад складної системи, що характеризується: наявністю великого числа взаємозв'язаних і взаємодіючих між собою елементів; складністю функції, виконуваною системою; можливістю розбиття системи на підсистеми; наявністю управління; наявністю взаємодії із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах дії випадкових чинників.

Типовим методом дослідження складних систем є їх моделювання на ЕОМ з використанням імітаційних моделей.

Імітаційна модель - формалізований опис в ЕОМ явища, що вивчається, в усій його повноті і на межі нашого розуміння. Кожен автор-дослідник шуму зазвичай пропонує свою математичну модель процесів його поширення. Не є виключенням і ми: в роботі [60] пропонуємо принципово нову методику прогнозування шумового режиму, засновану на обліку просторової форми створюваних їм хвилевих фронтів. Ця методика базується на на-

шому власному винаході [52] та його експериментальній перевірці [61], захищена в якості робочої гіпотези нашої власної дисертаційної роботи [40]. Докладніше про це можна прочитати в нашій монографії [55]

У чому ж відмінність нашого підходу при акустичному моделюванні від підходу інших авторів; і навіщо авторів, як фахівців в області моделювання, знадобилося здійснювати натурні виміри, - та ще в такому великому об'ємі? Спробуємо пояснити.

2.4. Завдання розміщення точок вимірювання рівнів шуму на місцевості

Багато авторів у своїх роботах явним або неявним образом ПРОТИСТАВЛЯЮТЬ моделювання натурному експерименту. Вони пропонують найчастіше досить витончені математичні описи натурних процесів, на базі чого намагаються вгадати поведінку системи при дуже скромному наборі вихідних даних. У результаті виходить значна розбіжність між результатами моделювання й натурним експериментом: припускаємо одне, маємо в реальності - зовсім інше [51, 62].

Зовсім інше подання вкладає автор у поняття "моделювання" [27]. Роль моделювання, на його думку, повинна зводитися до розширення, доповнення, інтерполяції даних натурального експерименту. Пояснимо це на наступному прикладі. Так, у цей момент часу ми перебуваємо в якій-небудь кімнаті (приміщенні). Щоб, наприклад, вивчити шумовий режим у ній, необхідно виміряти рівень звуку за допомогою шумоміра. Припустимо, що у вас є шумомір, ви умієте працювати з ним, маєте ресурси сил, часу, і так далі. Завдання, таким чином, зводиться лише до призначення певної кількості точок виміру. Скільки їх має бути? Шукаючи відповідь в нормативних документах, знаходимо лише вказівку не "менше.". - щоб уникнути можливої недостовірності штучно обмежується нижня межа. Верхня межа не лімітується: ("чим більше точок виміру - тим краще"!)

Допустимо, що ми, проте, не сильно обмежені в ресурсах сил, часу і тому подібне, і прагнемо виконати доручену роботу як можна якіс-

ніше, побудувати карту шуму як можна деталізованіше, і тому дібне. Ми розбиваємо досліджуваний простір сіткою квадратів і починаємо проводити дискретні виміри в точці перетину цих умоглядних ліній. При спробі більшої деталізації, проте, ми вимушені зменшувати крок сітки, призначаючи контрольні точки, наприклад, в два рази ближче один до одного, - (чому їх кількість зростає в квадратичній залежності). Чим більше точок, - тим вище якість і достовірність! - але все таки коли-небудь наступить межа?

Таким чином, говорячи математично, в якійсь області $S \subset D^n$ ($n = 1; 2; 3$) існує просторове-тимчасове звукове поле, задане і описуване скалярною функцією $F(\bar{x}; t)$, векторного просторового аргументу \bar{x} і часу t . Припустимо, що у нас є шумомір, ми вміємо працювати з ним, маємо ресурси сил, часу, і т.д. Завдання, таким зводиться лише до призначення певної кількості точок виміру. Скільки їх повинно бути? Шукаючи відповідь у нормативних документах, знаходимо лише вказівку "не менш..." - щоб уникнути можливої невірогідності, штучно обмежується нижня межа. Верхня межа не лімітується: ("чим більше точок виміру - тим краще"!)

Допустимо, що ми, однак, не сильно обмежені в ресурсах сил, часу й т.п., і прагнемо виконати доручену роботу як можна якісніше, побудувати карту шуму як можна детальніше, і т.п. Ми розбиваємо досліджуваний простір сіткою квадратів і починаємо проводити дискретні виміри в точці перетинання цих умоглядних ліній. При спробі більшої деталізації, однак, ми змушені зменшувати крок сітки, призначаючи контрольні точки, наприклад, у два рази ближче друг до друга, - (отчого їхня кількість зростає у квадратичній залежності). Чим більше точок, - тим вище якість і вірогідність! - але все-таки коли-небудь наступить межа?

Отже, головне питання при вимірюваннях: скільки саме точок контролю потребується для того, щоб побудувати картину розповсюдження шуму з достатньою точністю? При тому їх розташування в досліджуваному обсязі простору не обов'язково може бути рівномірним; отже, шукаємо варіант найбільш оптимального розміщення кінцевого числа точок, в яких вимірюються акустичні характеристики на досліджуваній діля-

нці, та намагаємось надати оцінку імовірнісним характеристикам просторово-тимчасових звукових полів.

Будь-які акустичні вимірювання полягають в тому, що в області S обирають n точок з координатами $\bar{x}_1; \bar{x}_2; \bar{x}_3; \dots; \bar{x}_n$. Вимірюючи у цих точках реалізації звукового поля $F(\bar{x}; t)$ і зробивши статистичну обробку результатів, знаходять оцінки математичних очікувань взаємних моментів для цих точок поля.

$$\begin{aligned} & M[F(\bar{x}_j, t)]; M[F(\bar{x}_j, t)F(\bar{x}_k, t)]; M[F(\bar{x}_j, t)]; \\ & M[F(\bar{x}_j, t)F(\bar{x}_k, t)F(\bar{x}_l, t)]; \\ & (j, k, l, \dots = 1; 2; \dots; n) \quad (2.3) \end{aligned}$$

Намагаємось визначити мінімально достатнє число місць контролю та їх розміщення в області S , необхідні для оцінки математичного очікування й взаємних моментів звукового поля $F(\bar{x}, t)$ в усіх точках $\bar{x} \in S$.

Для рішення поставленого завдання використаємо розкладання фізичного поля в ряд за деякою системою детермінованих базисних функцій $\varphi_\alpha(\bar{x})$. Цю систему необхідно вибирати так, щоб майже будь-яка реалізація поля $F(\bar{x}, t)$ могла бути апроксимована за допомогою ряду

$$F(\bar{x}, t) = \sum_{\alpha} Q_{\alpha}(t) \varphi_{\alpha}(\bar{x}), \quad (2.4)$$

де $Q_{\alpha}(t)$ - випадкова функція часу

Розкладання (2.4) у загальному випадку не є стохастичним ортогональним, у силу відсутності апріорних відомостей про випадкові функції $Q_{\alpha}(t)$. Проте, виходячи із загальних міркувань про відсутність стохастичної ортогональності можемо одержати загальне вираження для математичного очікування й кореляційної функції поля $F(\bar{x}, t)$:

$$M[F(\bar{x}, t)] = \sum_{\alpha} M [Q_{\alpha}(t)] \varphi_{\alpha}(\bar{x}), \quad (2.5)$$

$$M[F(\bar{x}, t)F(\bar{x}', t')] = \sum_{\alpha} \sum_{\beta} M [Q_{\alpha}(t)Q_{\beta}(t')] \varphi_{\alpha}(\bar{x}) \varphi_{\beta}(\bar{x}'). \quad (2.6)$$

Якщо в співвідношенні (2.2.3) $\bar{x} = \bar{x}_j$ ($j=1; 2; 3 \dots n$) та удержуючи n членів ряду, одержимо відносно математичних очікувань $M[Q_{\alpha}(t)]$ систему рівнянь

$$\sum_{(j=1; 2; 3 \dots n)}^n a_{j\alpha} M[Q_{\alpha}(t)] = M[F(\bar{x}_j, t)], \quad (2.7)$$

Коефіцієнти цієї системи $a_{j\alpha} = \varphi_{\alpha}(\bar{x}_j)$ утворюють квадратну матрицю A , що є аналогічною матриці Вандермонда в теорії інтерполяції [63]. Якщо визначник матриці A відмінний від нуля, то із системи рівнянь (2.7) можна знайти математичні очікування $M[Q_{\alpha}(t)]$. Час t при цьому будемо трактувати як параметр. Підстановка знайдених $M[Q_{\alpha}(t)]$ в (2.3) дозволяє обчислити математичне очікування фізичного поля $F(\bar{x}, t)$ в усіх точках $\bar{x} \in S$. Таким чином, необхідне число місць контролю дорівнює числу членів ряду (1), яке необхідно для задовільного наближення фізичного поля $F(\bar{x}_j, t)$.

Вимога, щоб визначник матриці A був досить далекий від (2.7)], приводить до критерію для розміщення точок контролю.

$$|\det A| \rightarrow \max_{\bar{x}_1; \bar{x}_2; \bar{x}_3; \dots; \bar{x}_n} \quad (2.8)$$

Область S накладає деякі обмеження на координати $\bar{x}_1; \bar{x}_2; \bar{x}_3; \dots; \bar{x}_n$, за якими вираховують екстремум цільової функції.

Критерій (2.8), строго говорячи, не має точною змісту.

За рахунок множення кожного члену рівняння на число обумовленості визначник системи лінійних алгебраїчних рівнянь можна зробити як скільки завгодно великим, так скільки завгодно найменшим. Однак обумовленість системи не зміниться. Тому необхідно введення числа обумовленості, що є інваріантним відносно перетворень зазначеного типу.

Як величина обумовленості пропонується використовувати у векторному просторі D^n для системи векторів $\bar{x}_1; \bar{x}_2; \bar{x}_3; \dots; \bar{x}_n$, визначник Грама ($\det \bar{A}_n$), обчислення якого здійснюється за допомогою рекурентного алгоритму, розробленого на основі блочного методу вирахування визначника Шура й методу Фробеніуса. Обіг блокової матриці

$$\begin{aligned} k = 1, \quad \varphi(\bar{x}_1) \neq 0; \\ \bar{A}^1 = H^1 = \{\varphi(\bar{x}_1), \varphi(\bar{x}_1)\}, \quad \bar{A}^{1-1} = H^{1-1}; \quad k = 2; 3; \dots; H_{k-1} \neq 0; \\ \bar{A}_k = \|\{\varphi(\bar{x}_i), \varphi(\bar{x}_j)\}\|_1^k; \quad D_k = \{\varphi(\bar{x}_k), \varphi(\bar{x}_k)\}, \\ \bar{b}_k = \text{col}\{\{\varphi(\bar{x}_k), \varphi(\bar{x}_1)\}, \dots, \{\varphi(\bar{x}_k), \varphi(\bar{x}_{k-1})\}\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{B}_k &= \bar{A}_k^{-1} \bar{b}_k = \text{col}[\bar{B}_{k1}; \dots; \bar{B}_{kk}], \\ H_k &= D_k - b_k^T \neq 0, \det \bar{A}_k = H_k \det \bar{A}_{k-1} = \prod_{i=1}^k H_i, \\ \bar{A}_k^{-1} &= \|\bar{A}_{k-1}^{-1} + H_k^{-1} \bar{B}_k b_k^T \quad H_k^{-1} \bar{B}_k - H_k^{-1} \bar{B}_k^T \quad H_k^{-1}\| \end{aligned}$$

Таким чином, виявлено, що мінімальна кількість контрольних точок дорівнює кількості членів ряду, які застосовуються для апроксимації звукового поля із визначеною точністю. Визначник системи рівнянь (2.7) не повинен дорівнювати нулю. Матриця системи рівнянь (2.7) повинна бути достатньо обумовленою, щоб зменшити вплив погрішності при вимірюванні характеристик поля в окремих контрольних точках [64].

Резюмуючи вищевказане, слід сказати, що проведені дослідження дозволяють висунути чіткі критерії щодо оптимізації кількості контрольних точок при натурних вимірах звукового поля. Розв'язання цього завдання має велике значення для прикладної акустики [24].

У випадку, коли ми не маємо достатньої інформації про шумове забруднення і не можемо спрогнозувати приблизну картину такого акустичного забруднення, має сенс визначати місця замірів на території чи у просторі рівномірно. Рівномірний розподіл фіксованого числа точок по певній області пропонуємо здійснювати однією із двох процедур.

Перша базується на розв'язку наступної задачі на екстремум.

Розглянемо обмежену, замкнену, зв'язну область $D \subset R^m$, $m = 2, 3$ із гладкою границею.

Відстань між двома точками x, y в евклідовій метриці позначимо через $|x - y|$. Задача полягає у виборі n точок із D , які у певному сенсі рівномірно розміщені у цій області.

Для точок $x_i \in D$ $1 \leq i \leq n$ визначимо функцію F :

$$\underbrace{D \times D \times \dots \times D}_{n \text{ разів}} \rightarrow [0, \infty):$$

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max_{x \in D} \min_{1 \leq i \leq n} |x - x_i|.$$

Точки для вимірювання визначаються як набір точок $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, які мінімізують функцію F у області D .

$$(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \arg \min \{F(x_1, x_2, \dots, x_n): x_i \in D, i = \overline{1, n}\}.$$

Друга процедура розміщення точок використовує датчики випадкових чисел.

Для зручності опису цього підходу розглянемо його для випадку $D \subset R^2$. Домовимось також, що область D зафіксована у прямокутній системі координат (x, y) так, що виконується наступна умова:

$$\min_x \{(x, y) \in D\} = \min_y \{(x, y) \in D\} = 0$$

Тепер визначимо максимальні координати області D :

$$A = \max_x \{x, y \in D\}, B = \max_y \{x, y \in D\}$$

Позначимо через $Y(a)$ перетин області D з прямою $x = a$:

$$Y(a) = \{(a, y) \in D\}.$$

Через $X(b)$ — відповідно перетин D з прямою $y = b$:

$$X(b) = \{(x, b) \in D\}.$$

За умов розташування області D маємо $0 \leq a \leq A$, $0 \leq b \leq B$.

Розглянемо випадок, коли кожний перетин $X(b)$, $Y(a)$ є об'єднанням скінченного числа інтервалів:

$$X(b) = \bigcup_{i=1}^{i(b)} [x_i, x_{i+1}], 0 \leq x_i \leq A, 1 \leq i \leq i(b)$$

$$Y(a) = \bigcup_{j=1}^{j(a)} [y_j, y_{j+1}], 0 \leq y_j \leq B, 1 \leq j \leq j(a)$$

Позначимо через $|X(b)|$ або $|Y(a)|$ довжину перетинів, яка дорівнює сумі довжин його інтервалів. Наведемо алгоритм вибору n точок в області D .

Крок 1. Визначимо точку a як реалізацію випадкової величини, яка має рівномірний розподіл на інтервалі $[0, A]$.

Крок 2. Визначимо перетин $Y(a)$.

Крок 3. Визначимо точку y як реалізацію випадкової величини, яка має рівномірний розподіл на інтервалі $[0, |Y(a)|]$. Точка y належить певному інтервалу $y_l \in [y_l, y_{l+1}]$ перетину $Y(a)$. Позначимо через $y_l \in [y_l, y_{l+1}]$ значення цієї точки у цьому інтервалі.

Крок 4. Визначимо перетин $X(y_1)$.

Крок 5. Визначимо точку x як реалізацію випадкової величини, яка має рівномірний розподіл на інтервалі $[0, |X(y_1)|]$. Точка x належить певному інтервалу $[x_i, x_{i+1}]$ перетину $X(y_1)$. Позначимо через $x_i \in [x_i, x_{i+1}]$ значення цієї точки у цьому інтервалі.

Крок 6. Визначимо координати точки вимірювання як (x_i, y_1) .

Повторення цього алгоритму реалізує послідовний вибір усіх n точок.

Розглянемо випадок, коли ми знаємо прогнозовану картину забруднення. Тобто нам відома певна функція G :

$$\underbrace{D \times D \times \dots \times D}_n \rightarrow \rightarrow \underbrace{[0, \infty) \times [0, \infty) \times \dots \times [0, \infty)}_d.$$

Функція O характеризує забруднення відносно d різних показників у кожній точці області D . Якість розподілу n точок визначимо як значення наступної функції:

$$K(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max_{x \in D} \min_{1 \leq i \leq n} (|x - x_i| + |G(x) - G(x_i)|)$$

Точки для вимірювання визначаються як набір точок $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, які мінімізують функцію K у області D .

$$(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \arg \min \{K(x_1, x_2, \dots, x_n) : x_i \in D, i = \overline{1, n}\}.$$

Змістовно у першому випадку оптимальні точки вимірювання розташовуються так, що вони мінімізують найбільшу дистанцію між довільною точкою області та довільною точкою вимірювання. У другому випадку оптимальні точки розташовуються щільніше у тих частинах області, де є найбільші коливання прогнозованого забруднення, і рідше, де це забруднення стало.

2.5. Ідеї автора в їх математичному поданні

В роботі [65] вказується, що численні роботи, в яких фігурує поняття системи насправді присвячені математичному моделюванню тих або інших сторін реального світу; слово ж "система" і є просто зручний мовний зворот для позначення модельованого об'єкту. Тому доречно говорити не про теорію систем, а просто про математичне моделювання. *«Методологія такого моделювання»*

вання не нова і досить добре відома. Це - сама математика з її багатотисячним досвідом» [29].

Нами [24, 66] свого часу була запропонована методика моделювання процесів поширення шуму, заснована на обчисленні співвідношення площ хвилевих фронтів від одного і того ж джерела, вичислених на різній відстані від нього. Показано [60], що за певних умов наші формули видозмінюються в звичні залежності спаду звукової енергії залежно від відстані: в формулу квадратичної залежності спаду інтенсивності від точкового джерела (6 дБ при подвоєнні відстані) і спад інтенсивності пропорційно відстані від лінійного джерела (3 дБ при подвоєнні відстані). Для того, щоб охарактеризувати хвилевий фронт, треба згадати, що це - безліч точок поверхні, що знаходяться в один і той же момент часу в однакових фазах. Один вимір в одній контрольній точці "змальовує" всього одну з вищезгаданої "безлічі точок поверхні"; щоб вималювати увесь фронт в усій його тривимірній об'ємно-просторовій структурі, необхідно виробити виміри в кожній з точок цієї великої "кількості". Це, як ми розуміємо, принципово неможливо, бо вимагає 10^n міри контрольних точок, де n - само по собі астрономічне число. Але це і не треба: бо, якщо ми можемо охарактеризувати хвилевий фронт по декількох контрольних точках, що знаходяться на його поверхні (за даними безпосередніх натурних вимірів), а інші побудувати шляхом математичного моделювання, - ось вона і є в цьому уся, наша математична модель!

Наша методика математичного моделювання [40, 52, 55, 60, 61] не є протиставлення результатам натурних вимірів, немає - ми розглядаємо її саме як ДОПОВНЕННЯ до результатів натурних досліджень!

Завданням пропонованого [60] способу визначення інтенсивності випромінювання в контрольній точці, розташованій на необхідній відстані R , м від джерела, є забезпечення нижчеперелічених можливостей:

1) такого визначення інтенсивності в будь-яких точках двовимірної площини (наприклад, на земній поверхні), розташованих на будь-яких довільних відстанях R , м від джерела, (а не тільки на відстанях, кратних подвоєній вихідній відстані R_0 , м від першої (вихідної) контрольної точки;

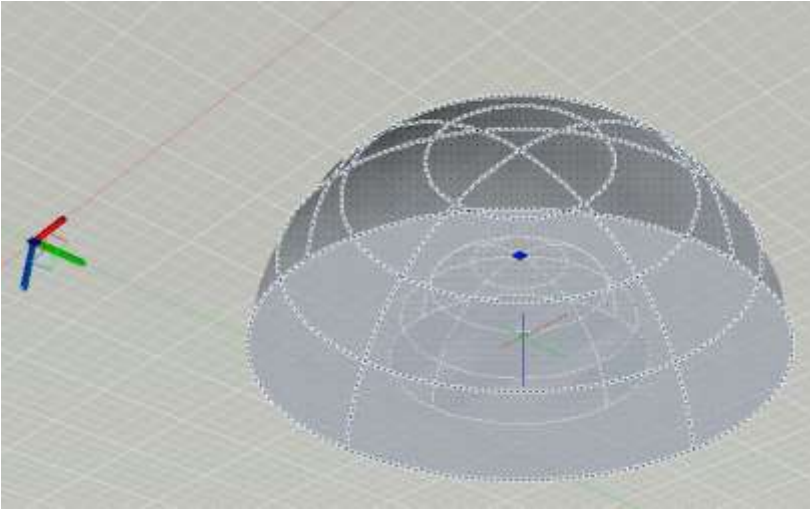


Рис. 2.3 - Хвильові фронти від точкового джерела в напівпросторі – (у вигляді двох півсфер), - два хвильові фронти на різних відстанях від джерела (згідно з уявленнями автора з [60]). Побудувавши такі фронти і вичисливши співвідношення площ цих фронтів за вказаною методикою, можемо визначити шуканий рівень звуку на будь-якій відстані від джерела

2) такого визначення інтенсивності в будь-яких точках тривимірної площини (наприклад, на довільній висоті від земної поверхні), розташованих на будь-яких довільних відстанях R , m від джерела;

3) моделювання джерел будь-якої як завгодно складної конфігурації;

4) врахування особливостей випромінювання джерелом, розташованим у півпросторі на деякій висоті над поверхнею, що відбиває (наприклад, шум гелікоптера, що пролітає над житловою забудовою);

5) врахування перекручувань хвильового фронту внаслідок поширення його в півпросторі уздовж поверхні границі розподілу середовищ (наприклад, поширення звукової хвилі від ДШ на поверхні землі: трав'яний покрив, дерева, будинки-екрани, ре-

льєф місцевості й ін. - шум у вільному просторі (повітрі) на якій висоті над ними, не зустрічаючи перешкод поширюється інакше, ніж безпосередньо на поверхні землі);

6) моделювання поширення випромінювання в півпросторі зі складною конфігурацією границі розподілу середовищ: (наприклад, точкове джерело шуму на пагорбі, (або, навпроти, у виїмці): фронт випромінювання якого буде мати форму усіченої сфери);

7) врахування особливостей середовища поширення: наприклад, вітер, який впливає на поширення звукових хвиль (в одному з напрямків вектори швидкості звуку й швидкості складаються, у діаметрально протилежному йому - віднімаються; в інших напрямках поширення відбувається векторне додавання швидкостей).

Поставлені завдання досягаються тим, що запропоновано спосіб визначення інтенсивності випромінювання в контрольній точці, розташованій на необхідній відстані R , м від джерела [52], який включає визначення вихідного значення інтенсивності I_0 , Вт/м² у точці, розташованій на первісно заданій відстані R_0 , м від того ж джерела, при тому обчислюють площі хвильових фронтів S , м² на необхідній відстані R , м від джерела й S_0 , м² на спочатку заданій відстані R_0 , м від того ж джерела, і визначають шукану інтенсивність I , Вт/м² залежно від співвідношення площ хвильових фронтів:

$$I = I_0 S_0 / S, \text{ Вт/м}^2.$$

Поставлені завдання досягаються тим, що переходять від абсолютних значень інтенсивності Вт/м² до відносних логарифмічних рівнів, і, наприклад, визначають рівень інтенсивності звуку L , дБ залежно від співвідношення площ хвильових фронтів:

$$L = L_0 - 10 \lg(S/S_0), \text{ дБ.}$$

Основною відмінністю запропонованого способу від відомих є те, що визначення інтенсивності в міру віддалення від джерела випромінювання здійснюють не залежно від зміни відстані R , а залежно від зміни площі фронту (у математичне вираження якої, природно, входить і зазначена відстань R). Це дозволяє, з одного боку, переві-

рити правильність результатів обчислень відповідно до нашого способу при зіставленні їх з результатами обчислень для порівняно простих форм хвильових фронтів (у вигляді сферичного для точкового джерела, циліндричного для лінійного й т.п.), оскільки деякі складові формул, що описують площі вихідного й кінцевого фронтів у цьому випадку скорочуються; а, з іншого боку, здійснити обчислення при інших, набагато більш складніших формах хвильових фронтів.

Ключовим моментом у математичному моделюванні процесів поширення звуку, відповідно до подань автора, є форма фронту звукової хвилі. Дійсно, інтенсивність звуку Вт/м^2 у будь-якій точці простору являє собою відношення звукової потужності P , Вт , до площі фронту звукової хвилі S , м^2 . При спробі опису цієї ж самої хвилі, випромєненої тим же самим джерелом, при поширенні її в будь-якому місці простору з різними просторовими координатами, дійдемо висновку, що в міру видалення потужність (чисельна кількість Вт) не міняється (закон збереження енергії), однак же змінюється площа фронту. У міру віддалення від джерела поверхня фронту безперестану збільшується, і звукова енергія розподіляється по все більшій, і більшій площі. Кількість ват залишається незмінною, міняється лише значення м^2 .

Наприклад, дві площі того самого хвильового фронту на відстані R , від точкового джерела з відомим L_0 , дБ (що на відстані R_0 , м) записуються відповідно як : $S = 4\pi R^2$ й $S_0 = 4\pi R_0^2$, їхні інтенсивності можуть бути записані відповідно як $I = P/S$ й $I_0 = P/S_0$ або $I = P/4\pi R^2$ й $I_0 = P/4\pi R_0^2$ (зверніть увагу: звукова потужність P , Вт на відстані R дорівнює звукової потужності на відстані R_0 , т. е $P = P_0$ (позначення P_0 ми тому надалі попросту не використаємо)).

Тоді

$$P = P_0 = IS = I_0 S_0, \text{ Вт},$$

$$I = I_0 S_0 / S, \text{ Вт/м}^2, \tag{2.9}$$

тобто інтенсивності зв'язані між собою залежністю площ хвильових фронтів

$$I 4\pi R^2 = I_0 4\pi R_0^2;$$

$$I = I_0 (R_0^2 / R^2), \text{ Вт/м}^2.$$

Таким чином, пояснене добре відоме раніше явище спаду

інтенсивності від точкового джерела пропорційно квадрату відстані, відкрите емпіричним шляхом (шляхом безпосередніх вимірів) і описане в безлічі літературних джерел.

Інтерес представляє перехід до логарифмічних рівнів: (оскільки в акустиці, наприклад, використовують не абсолютні значення інтенсивності $\text{Вт}/\text{м}^2$, а відносні логарифмічні рівні).

Рівень звукового тиску (основний параметр, що підлягає визначенню в завданнях технічної акустики), чисельно дорівнює рівню інтенсивності L , дБ, що визначається як:

$$L = 10 \lg(I/10^{-12})$$

$$L_0 = 10 \lg(I_0/10^{-12}), \text{ дБ}$$

де 10^{-12} Вт - значення інтенсивності на порозі чутності (самий тихий звук, що сприймається людським вухом) на частоті 1000 Гц.

Перепишемо ще раз:

$$L = 10 \lg I - 10 \lg 10^{-12}, \text{ дБ}$$

$$L_0 = 10 \lg I_0 - 10 \lg 10^{-12}, \text{ дБ}$$

$$L - 10 \lg I = - 10 \lg 10^{-12}, \text{ дБ}$$

$$L_0 - 10 \lg I_0 = - 10 \lg 10^{-12}, \text{ дБ}$$

$$L - 10 \lg I = L_0 - 10 \lg I_0, \text{ дБ}$$

$$L = L_0 - 10 \lg I_0 + 10 \lg I, \text{ дБ.}$$

$$\text{Оскільки} \quad IS/S_0 = I_0, \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (2.10)$$

$$L = L_0 - 10 \lg(IS/S_0) + 10 \lg I$$

$$L = L_0 - 10 \lg(S/S_0) \quad (2.11)$$

Звідки, переходячи від абсолютних значень інтенсивності $\text{Вт}/\text{м}^2$ до відносних логарифмічних рівнів, і підставляючи значення площ фронтів (для точкового джерела - площу сфери), одержуємо $L = L_0 - 20 \lg(R/R_0)$, тобто формулу (2.1). Підставляючи значення площ фронтів для лінійного джерела, тобто площу циліндру, одержуємо $L = L_0 - 10 \lg(R/R_0)$, тобто формулу (2.2).

Таким чином, будь-який рівень L , дБ на відстані R , від джерела будь-якого виду (точкового, лінійного, плоского, просторового й ін.) з відомим L_0 , дБ (на відстані R_0 , м) може бути розрахований за допомогою обчислення площ фронту, (оскільки площі циліндричних і напівциліндричних поверхонь хвильового

фронтів зв'язані між собою не квадратичною, а лінійною залежністю, аналогічно для них може бути отримане (2.2) і значення спаду в 3 дБ при подвоєнні відстані.) Так, підставляючи у (2.11) значення площ фронтів для лінійного джерела, тобто площу циліндру, скорочуючи при тому непотрібні складові, одержуємо $L=L_0-10\lg(R/R_0)$, тобто формулу (2.2).

Відомі залежності (2.1), (2.2) таким чином, є граничними випадками залежностей загального виду (2.9) і (2.11). Якщо (2.1), (2.2) констатують спад інтенсивності випромінювання пропорційно збільшенню відстані від джерела (квадрату відстані, або якоїсь іншої залежності при інших видах джерела (наприклад, плоского джерела й ін.), ми в залежностях (2.9) і (2.11) констатуємо спад інтенсивності випромінювання пропорційно збільшенню площі хвильового фронту (а в будь-яке вираження площі фронту в якості однієї зі складових входить відстань від джерела). У розглянутих граничних випадках (коли форми вихідного й досліджуваного фронтів збігаються), площі S й S_0 обчислюються по **однакових** формулах, і інші складові (2.9) і (2.11) просто математично скорочуються. Інтерес представляє випадок, коли форми вихідного й досліджуваного фронтів **неоднакові!**

Тепер відповісти на запитання, чому канонічні залежності зниження рівня на 6 дБ від точкового джерела й на 3 дБ від лінійного дуже часто не виконуються на практиці, і дані натурних вимірів вступають у протиріччя з розрахунком (на що дуже часто скаржаться практики).

При розгляді фронту, випромінюваного джерелом, його ідеалізують: йому надають якусь "зроблену", штучну, симетричну форму. Зокрема, при розгляді фронту, випромінюваного точковим джерелем, звичайно виходять із того, що хвилею випромінюється сфериний (напівсферичний у випадку півпростору) фронт; при розгляді випромінюваного лінійним джерелом - циліндричний (напівциліндричний для півпростору) фронт і т.п. Відстані R_0 й R у цьому випадку - не що інше, як радіуси сфери або циліндру; ніякої мови про те, що для того самого фронту в різних його перетинах можуть існувати різні між собою $R_{01}, R_{02}, \dots R_{0i}$ і відповідно $R_1, R_2, \dots R_i$ бути не може.

Оскільки звукова хвиля, наприклад, поширюється зі швидкістю звуку - приймається, що збурювання в просторі поширюється (ро-

зширюється) в усі сторони зовсім адекватним образом. Однак довище розповсюдження, як правило, не ізотропне, - і у випадку наявності вітру, наприклад, в одному з напрямків вектори швидкості звуку й швидкості складаються, у діаметрально протилежному йому - віднімаються; в інших напрямках поширення відбувається векторне додавання швидкостей. Тому, навіть якщо діаграма спрямованості ДШ на відстані R_0 споконвічно має сферичну (напівсферичну) форму, на більше віддаленій відстані R форма фронту, що поширюється далі, під впливом вітру являє собою якусь каплевидну фігуру складної тривимірної конфігурації.

Так, наприклад, у книзі [67] приводиться рисунок (за № 33 за прийнятою у [67] системою нумерації), який зображує фронт звукової хвилі в поперечному перетині, який просувається при позитивному градієнті швидкості вітру й від'ємному температурному градієнті. Дослівно там написано наступне: «...В верхней части волновой фронт распространяется в более холодном воздухе или против более сильного ветра и поэтому двигается с меньшей скоростью, чем в нижней части. ... В результате фронт волны изгибается кверху. На рис. 33 показан результирующий эффект. Если звуковая волна распространяется от источника против ветра или бежит в любом направлении в атмосфере при отрицательном температурном градиенте, ее путь искривляется кверху и земля оказывает экранирующее действие, сопровождаемое возникновением звуковой тени. Экранирование при этом не полное, так как вследствие дифракции звука волна проникает и в область тени... Во всяком случае, за пределами критического расстояния между источником звука и точкой, где волна, проходящая ниже всех остальных, касается поверхности земли, интенсивность звука значительно снижается. Это снижение особенно сильно выражено для высокочастотного звука, что также связано с явлением дифракции. Напротив, при распространении звука по ветру или в условиях температурной инверсии фронты волн изгибаются в обратном направлении, что приводит к прямо противоположным результатам...» Узнявши із того рисунка 33 з відомої роботи [67] розріз звукового фронту як основу наших подальших власних геометричних побудов, методами комп'ютерної графіки створимо тривимірну картину поверхні розповсюдження звукової енергії в повітрі, деформованої за рахунок наявності вітру та температурного градієнту (рис. 2.4).

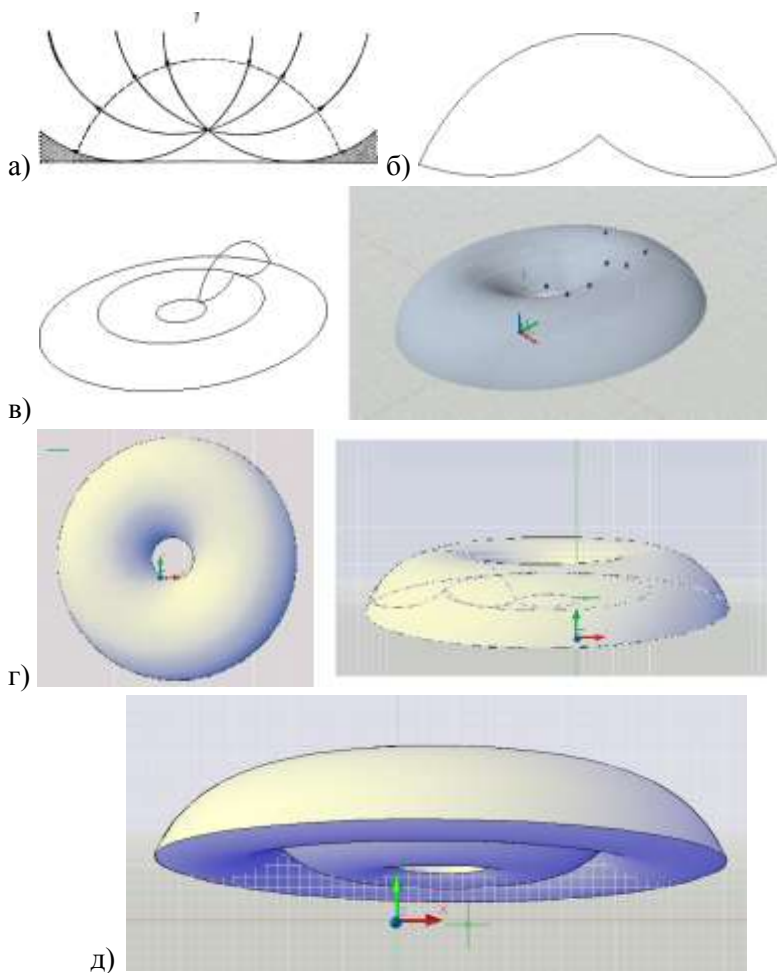


Рис. 2.4 - Фронт звукової хвилі від точкового джерела, який просувається при позитивному градієнті швидкості вітру й від'ємному температурному градієнті:

а) – фрагмент малюнка 33 з [67] (розріз фронту; узято з [67] на правах цитати); б) – переріз хвильового фронту на підставі даних [67]: основа наших побудов; в, г, д) – побудований нами з застосуванням засобів комп'ютерної графіки фронт у тривимірному зображенні (в – каркас; г, д - вигляд з різних напрямків)

Після побудови тривимірної картинки, що зображає фронт, проводимо обчислення площі й периметра уявлених фігур, заданих вказівкою точок. Так у програмі "Autocad" для цього необхідно обрати меню «Сервис» - «Сведения» - «Площадь». У командному рядку треба надати команду "площадь"; потім в командному рядку треба ввести «o» (Объект); обрати об'єкт. Миттєво, за долі мілісекунди комп'ютер виконує розрахунок та на екран виводяться значення площі й периметра зазначеного об'єкта (рис. 2.5).

Аналогічні дії можна виконувати не в "Autocad", а в іншій програмі комп'ютерної графіки, наприклад, «Компас-3D V7» ÷ «Компас-3D V9» (якщо фронт звукової хвилі побудовано саме в ній).

Там (в програмі «Компас-3D») для цього служить команда «Площадь». Вона дозволяє виміряти площу будь-якої довільної фігури. Для виклику команди треба натиснути кнопку «Площадь» (рис. 2.6.б) на інструментальній панелі «Измерения» (рис. 2.6.а) чи вибрати її назву в меню «Сервис» - «Измерения». Після цього потребується вказати курсором точку усередині замкнутої області, обмеженої пересіченими геометричними об'єктами.

Система автоматично визначить границі фігури, утвореної цими об'єктами. Вона буде виділена червоним кольором, а значення її площі з'явиться в «Информационном окне».

Якщо в «Компас-3D» потрібно обчислити площу фігури, обмеженої замкнутим контуром (тобто площу побудованого в ній хвильового фронту), треба натиснути кнопку «Указать замкнутую кривую» (рис 2.6.г) на «Панели специального управления» (рис 2.6.в) і вказати потрібний контур. Фігура, обмежена обраним контуром, буде виділена червоним кольором, а відповідне значення площі з'явиться в «Информационном окне». Якщо потрібно обчислити площу фігури, утвореної набором геометричних об'єктів, треба натиснути кнопку «Обход границы по стрелке» (рис 2.6.д) на «Панели специального управления» (рис 2.6.в). Система перейде в режим обходу границі по стрілці. Необхідно сформувати потрібну фігуру. Вона буде виділена червоним кольором, а відповідне значення площі з'явиться в «Информационном окне». Якщо границі фігури, площа якої потрібно обчислити, не існують у кресленні, можна сформувати тимчасову ламану лінію. Для цього треба натиснути кнопку

«Ручное рисование границ» (рис 2.6.е) на «Панели специального управления» (рис 2.6.в). Система перейде в режим ручного малювання границ. Необхідно сформуваи потрібну фігуру. Вона буде виділена червоним кольором, а відповідне значення площі з'явиться в «Інформаційном окне».

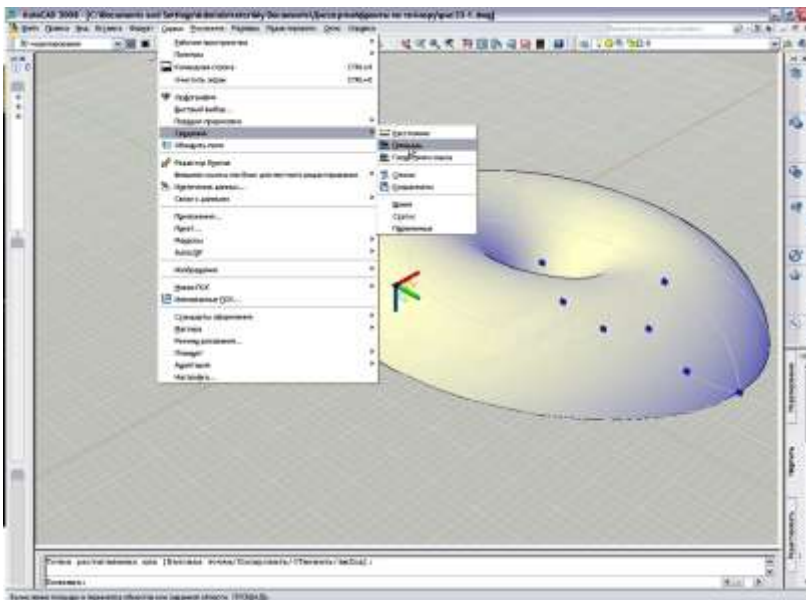


Рис. 2.6 - Картинка з екрану комп'ютера, узата безпосередньо в процесі математичного моделювання описуваного хвилювального фронту

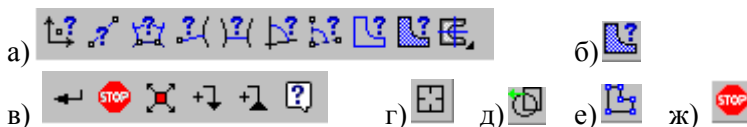


Рис. 2.6 - Кнопки управління вирахування площі тривимірних фігур (побудованої площі фронту звукової хвилі) в програмі «Компас-3D V7»

Не виходячи з команди, можна визначити площі довільної кількості фігур. Для цього треба послідовно задавати потрібні області будь-якими способами. В «*Информационном окне*» будуть відображатися відповідні значення. Після закінчення підрахунку можливо зберегти або роздрукувати результати виміру. Для цього треба скористатися командами меню «*Информационного окна*». Для виходу з команди можна натиснути кнопку «*Прервать команду*» (рис. 2.6.ж), клавішу <Esc> або закрити «*Информационное окно*».

Отже, вирахування площі усякого хвильового фронту будь-якої складності (обумовленої його просторовою тривимірною побудовою), зовсім не є складним завданням ні в «Autocad», ні в «Компас-3D», ні в якихось інших програмах. Головне – побудувати фронт засобами комп'ютерної графіки; площа його поверхні потім без усяких зусиль користувача буде вирахована комп'ютером за мить.

Наявність рельєфу місцевості, екранів, які локально перепиняють шлях частини поверхні фронту, і багато чого іншого (наприклад, каустики хвильових фронтів) сильно видозмінює форму хвильового фронту, який віддалився від джерела на деяку відстань R , у порівнянні з первісною формою. Таким чином, варто помітити, що вихідний і кінцевий фронти, по-перше, *не являють собою кожний окремо "ідеальну" симетричну фігуру*; а по-друге, *вони ще й геометрично не подібні один одному*. У третє, якщо мова йде про джерела, що рухаються в просторі: (наприклад, автомобілі на автостраді, кожний з яких згідно [53] при малій інтенсивності руху може розглядатися як самостійне точкове джерело шуму), центри цих фігур (що описують форму хвильових фронтів) не збігаються між собою.

Відповідно до запропонованому нами способу, обидві площі фронтів S й S_0 обчислюються окремо; і обчислюються вони як площі двох неконгруентних геометричних фігур. При цьому форма вихідного фронту із площею S_0 може бути не якоюсь ідеальною фігурою типу півсфери, напівциліндра, і може не повторювати реальну конфігурацію поверхні джерела якої би те не було складної форми. Форма кінцевого фронту ще більш склад-

на, і не повторює форму вихідного фронту, оскільки виходить із неї з урахуванням неминучих змін, що накладають середовищем поширення хвилі (різні швидкості поширення в різних напрямках, перешкоди й т.п.)

Наші роботи [24, 60, 66, 68, 70, 69, 71] розглядають конкретні форми хвильових фронтів на відстані R від джерела: (від джерел точкових; лінійних; плоских; просторових у формі прямокутного паралелепіпеду), зводячи їх до форми фронту від просторового джерела у формі прямокутного паралелепіпеду розмірами $A \times B \times C$, м: (інші три види, відповідно до наших подань, є виродженими формами):

- Точкове джерело ($A \rightarrow 0, B \rightarrow 0, C \rightarrow 0, R = \text{var}$) – рис. 2.6.а;
- Лінійне джерело ($B \rightarrow 0, C \rightarrow 0, R = \text{var}, A = \text{var}$) – рис. 2.6.б;
- Плоске джерело ($C \rightarrow 0, A = \text{var}, B = \text{var}, R = \text{var}$) – рис. 2.6.в.

Математичний опис площ хвильових фронтів ґрунтується на поданні про те, що збурювання поширюється в просторі з так називаною швидкістю поширення. На прикладі звукової хвилі (і впливу на неї, наприклад, атмосферних явищ у вигляді вітру) було показано, що в різних напрямках швидкість поширення хвилі (у цьому випадку швидкість звуку в незбуреному середовищі \pm швидкість вітру) може виявитися різною. У результаті форма фронту спотворюється, відхиляючись від "ідеально" сферичної у випадку точкового джерела або від "ідеально" циліндричної у випадку лінійного джерела, але ці перекручування легко передбачати й розрахувати, оперуючи з поняттям "швидкість поширення хвилі в різних напрямках". Це ж стосується перешкод на шляху поширення хвилі (наприклад, дерева, будинки на шляху звукової хвилі), і хвильових особливостей у вигляді каустик.

Таким чином, побудувавши вектори швидкості поширення випромінювання в різні сторони від джерела (розрізняються не тільки напрямки цих векторів у просторі, але, як показано вище, і скалярні чисельні значення швидкостей у різних напрямках), маємо можливість побудувати в тривимірному просторі об'ємну фігуру, котра відображає хвильовий фронт. Відбиття від перешкод (екранів), які зустрічаються на шляху поширення хвилі, приводять до змін у просторі ("зламів") векторів швидкості поширення, оскільки хвилі від перешкод відбиваються відповідно до законів відбиття.

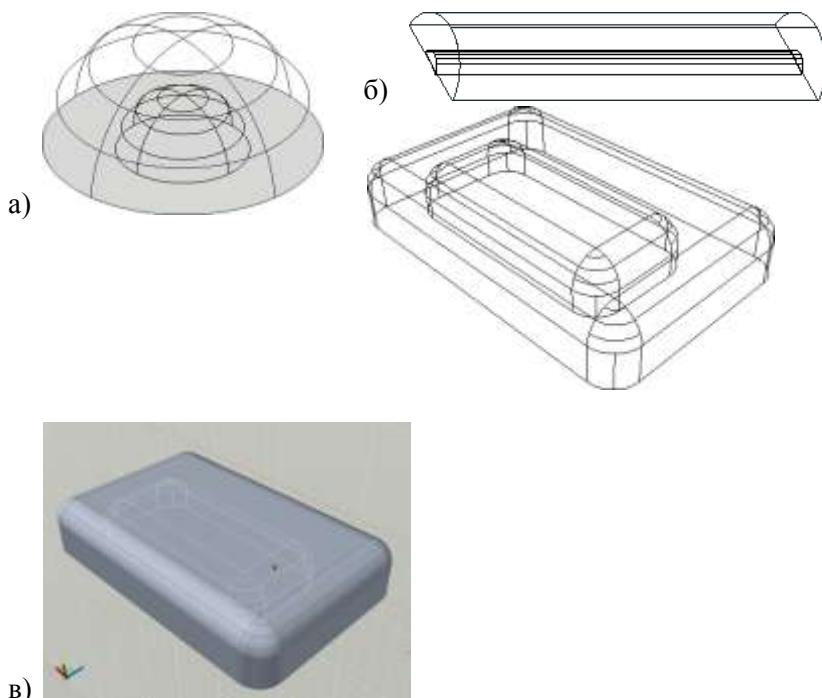


Рис. 2.7 - Форми початкового та шуканого хвильових фронтів у пі-впросторі від основних типів джерел шуму: від точкового (а), лінійного (б) і просторового (в) джерел. Узято з екрану комп'ютера при справжньому моделюванні акустичних процесів вже після реальних обчислень та побудови фронтів відповідних форм на двох відстанях від джерела

Те ж саме варто сказати про явища дифракції, рефракції й т.п. - кожне з яких добре досліджене й описано. Явище інтерференції при зіткненні двох хвильових фронтів також може бути графічно відображене як злиття цих фронтів з виникаючими в цьому місці каустиками й ін. Сучасні методи візуалізації звуку, наприклад, дозволяють навіть візуалізувати хвильовий фронт хвилі! У кожному разі, поняття "хвильовий фронт" досить добре досліджене й описане на сучасному рівні науки, і побудова хвильових фронтів у просторі на деякій відстані R , м від джерела не представляє серйозної проблеми.

Обчислення площі кожного, яким би він не був, складного хвильового фронту, з урахуванням досягнень вищої математики й сучасної комп'ютерної техніки, складності не представляє. У розглянутих нами прикладах для максимальної наочності ми використали найпростіші форми фронтів, із площами, описуваними алгебраїчними залежностями, однак практично не представляє складності скласти диференціальні рівняння, що описують площі фронтів набагато більше складної форми, (рішення яких може бути потім здійснене комп'ютерними методами).

Відповідно до [60], за рахунок побудови математичних моделей хвильових фронтів можна не тільки описувати спад абсолютних значень інтенсивності на різних відстанях від джерела, але й обчислювати відносні логарифмічні рівні, виражені в децибелах, що має особливе значення в акустиці.

Знаючи вихідну звукову потужність джерела, W_t ; і створивши математичний опис хвильового фронту, що проходить через яку-небудь точку, віддалену на яку-небудь відстань від джерела - (у результаті чого може бути розрахована шукана площа фронту), можна вказати чисельне значення інтенсивності звуку в даній точці (а, розуміючи загальний принцип, можна взагалі відмовитися від абсолютних значень і легко перейти до звичних рівнів у дБ). Звідси (з опису конкретної форми хвильового фронту) випливає відома залежність спаду рівнів звукового тиску на 6 дБ при подвоєнні відстані від точкового джерела (спад пропорційно квадрату відстані); відома залежність спаду рівнів звукового тиску на 3 дБ при подвоєнні відстані від лінійного джерела (спад пропорційно першому ступеню відстані) і багато інших залежностей. Вони у свій час були відкриті емпіричним шляхом; у той же час, розуміючи загальний принцип, можна побудувати зображення хвильових фронтів від точкового (рис. 4.7.а) і лінійного (рис. 4.7.б) джерел (з відомими первісними рівнями звукової потужності), які проходять через точки з невідомими рівнями звукового тиску, віддалені на якусь відстань R від джерела й за рахунок обчислення площ хвильових фронтів в обох випадках розрахувати спад рівнів звукового тиску в залежності від відстані.

2.6. Крок до побудови тривимірних карт шуму

Широке поширення в містобудівному проектуванні у всьому світі протягом багатьох останніх років для оцінки шумового режиму територій мають карти шуму на площині. Проте такі карти недостатньо точно визначають межі зон акустичного дискомфорту, які мають двовимірний вимір. Просторові карти шуму дозволяють визначити не лише зони, але і області шумової дії будь-яких джерел, як окремих, так і цілих груп. Отже, використання просторових карт значно підвищує точність розрахунків при аналізі шумовій обстановці навколо джерел. Просторові карти шуму можуть бути сукупністю ліній рівних рівнів звуку (причому не лише вимірних, але і нормативних) для об'єктів в оточенні джерела шуму в декількох площинах, паралельних поверхні землі (подібно до картографічного зображення рельєфу поверхні). Відстань між площинами може бути вибрана залежно від бажаної міри точності вирішуваної задачі. Відмітка висоти може бути вказана в розриві такої лінії.

Наша модель акустичних процесів [52], що базується на уявленнях про форму і площі хвильових фронтів, якраз і є такою тривимірною, просторовою моделлю! Вид на фігуру в сітці осей координат може бути здійснений з будь-якого напрямку. Для побудови карти шуму в просторі необхідно у вибраній системі визначити координати усіх джерел шуму і розрахункових точок, а також об'єктів, здатних вплинути на характер поширення звукових хвиль.

Приклад тривимірної просторової карти шуму, побудованої нами на підставі даних власних досліджень, наведено в [72], а також в [40] (рис. 2.8).

Нашу теорію, засновану на математичному апараті, що забезпечує геометричну побудову хвильових фронтів, максимально пристосовано для побудови просторових карт шуму. Відображення таких хвильових фронтів в просторі, по суті, й є такою тривимірною картою шуму. Картинки рис. 2.4, та рис. 2.7, наведені в попередньому тексті як приклади складних об'ємних фігур, що утворюють при своєму розповсюдженні хвильові фронти, насправді є невід'ємними елементами карти шуму, але це - окремі локальні одиничні елементи, що волею автора були відокремлені із загальної цілісної комплексної тривимірної карти (розібраної по частинам). А ось проекція такого

фронту на площину ґрунту (себто земну поверхню) й є ті самі ізолінії, що з'єднують точки з однаковими рівнями звуку (чи звукового тиску) в плоских двомірних картах шуму.

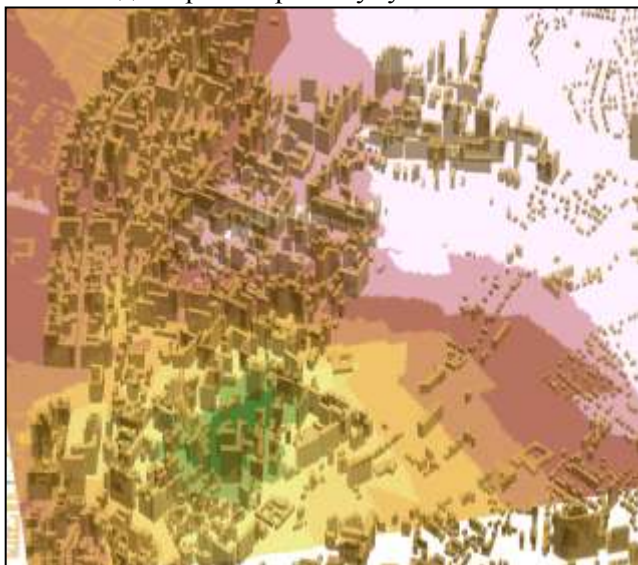


Рис. 2.8 – Приклад побудови 3D карти шуму з [59]

Акустики-практики знають, що в проміжку між екранами на шляху розповсюдження прямого звуку утворюються зони акустичного забруднення специфічної трапецієдальної форми та зони акустичної тіні у вигляді трикутників. З цим явищем ми також мали можливість зіткнутися (рис. 2.9).

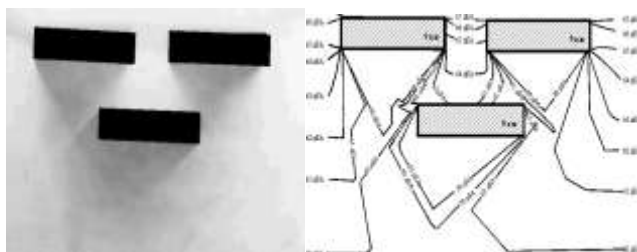


Рис. 2.9 – Зони трикутної акустичної тіні за будівлями – екранами на території забудови, отримані при побудові карт шуму в результаті наших власних досліджень [73]

Наступний рисунок 2.10 взятий з роботи [57], що вважається свого роду «класикою» картографування шумового режиму. В роботі [57], що належить перу визнаних корифеїв, наведені зразки карт шумового режиму задля найбільш поширених випадків, одну з яких ми й надаємо тут на правах цитати.

Це явище було відкрито емпіричним шляхом (побудова карт шуму шляхом натурних вимірів із дуже значною кількістю контрольних точок) ще півстоліття тому. Корифей картографування шумового режиму Е.П. Самойлюк в своєму "шумографі" [56, 74, 75] ще в 1974 р. передбачає спеціальну методику розрахунку цих трикутних прострілів в зоні акустичної тіні.

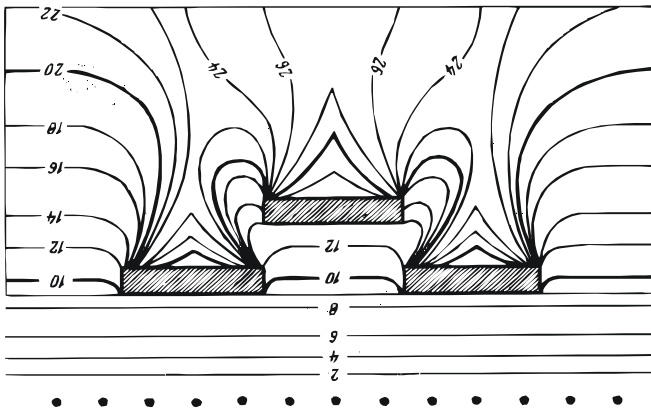


Рис. 2.10 – Карта шуму задля адекватного випадку, взята з [57]

Питання про підвищення точності побудови цих зон на картах шуму він же особисто задає автору цієї роботи в далекому 1995 на захисті його кандидатської дисертації [76] ... - але відповіді належним чином на нього можливо лише зараз.

Дійсно, ці трикутні зони в світлі нашої теорії обумовлені ні чим іншим, як каустиками та іншими метаморфозами хвильових фронтів [77, 78]. Точніше, проєкціями тих каустик на площину ґрунту в плоских двомірних картах шуму.

ЧАСТИНА 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПІДҐРУНТЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Використовувані в дослідженнях вимірювальні прилади і устаткування

Як вимірювальна апаратура нами був використаний портативний (кишеньковий) шумомір китайського виробництва. Він володіє безліччю функцій, з яких використовувалися наступні:

- 1) Вимір рівня звуку, дБА, що коригується за стандартизованою шкалою А з урахуванням різного сприйняття слуховим аналізатором людини звуків різних частот (Переключається в меню “Mode” рис. 3.2).
- 2) Можливість спектрального аналізу звуку: (октавний спектр для всіх без винятку вимірів надавався графічно як для нормованих смуг в 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц; так і більш того} навіть у ненормованих смугах 16 і 16000 Гц). Інші вигляди спектрів (1/3 октави та ін.)
- 3) Індикація найвищих пікових значень флуктуацій рівня в кожній октавній смузі (верхня риска типу _ над стовпчастою індикацією миттєвих значень в кожній октавній смузі. Приводиться в дію меню “Trace” рис. 3.2).
- 4) Максимум випромінювання (пікова кількість дБ на піковій частоті, Гц), який не є нормованим, але цікавий с наукової точки зору.

Слід зазначити, що в роботі [51] описано адекватний прибор, застосований нами в попередніх дослідженнях, скріншоти з якого наведені там на с. 13, 15, 16. Цей старий прилад має дещо інший, але цілком подібний сучасному інтерфейс.

Крім того, використовуваний шумомір володіє безліччю інших функцій, з яких можна виділити наступні:

- Можливість не лише октавного, але і третьоктавного (рис. 3.1.а) і навіть 1/6-октавного (рис. 3.1.б) аналізу спектру.
- Можливість відображення свідчень у вигляді лінійної або логарифмічної шкали (з одночасним максимальним розширенням меж вимірів до максимуму).

На цьому не закінчуються надзвичайно широкі можливості приладу, але його опис тут ми перериваємо, оскільки освітлення

інших функцій не входить в завдання нашої книги.

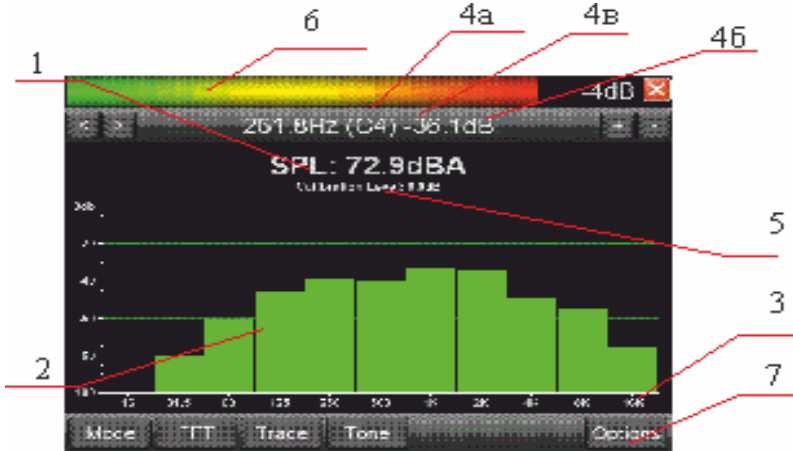


Рис. 3.2 - Знімок з екрану кишенькового шумоміра (з позначенням графічного відображення виконання вказаних вище функцій при вимірі):

- 1) Індикатор рівня звуку, SPL - (sound Pressure Level), - рівень звуку, скоректований за шкалою корекції А, показує вимірний рівень в дБА. Основний показник, що підлягає контролю.
- 2) Аналізатор спектру: має осі координат, градуйовані в Гц (вісь абсцис) і в дБ (вісь ординат). По осі абсцис відкладаються середньгеометричні частоти октавних смуг частот: для кожної з октав вони стандартизовані (см поз. 3). По осі ординат відкладаються рівні звукового тиску в дБ: (за стобальній шкалою, в зворотному порядку. "- 100 db" на початку відліку при цьому відповідає в реальності 0 дБ; "0 db" відповідає реальним 100 дБ. При роботі приладу в кожній октавній смузі у вигляді зеленого стовпчика, що світиться, відображається вимірний рівень звукового тиску в ній, виражений в дБ. Аналіз спектру у вигляді стовпчиків показує миттєві значення рівнів.
- 3) Вісь абсцис аналізатора спектру - індикація октавних смуг частот. Українськими нормативними документами регламентовані смуги, починаючи з 31,5 Гц до 8000 Гц; використовуваний прилад має ширші межі вимірів і працює також в октавах 16 Гц і 16000 Гц).
- 4) відображує максимум випромінювання : L_{max} (поз. 4б) - максимальний рівень звукового тиску, дБ в процесі виміру на певній частоті f , Гц (поз. 4а). Цей параметр не відноситься до нормованих, але представляє особливий інтерес з точки зору вивчення звуку. Через технічні особливості приладу L_{max} (поз. 4б) відображується за стобальною шкалою в зворотному порядку, тобто "- 36,1 dB" з рис. 3.2 насправді є $100 - 36,1 = 63,9$ дБ. Таким чином, смужку верхнього транспаранта з рис. 3.2 насправді слід читати так: "Максимум випромінювання звуку зафіксований на частоті 261,8 Гц і складає 63,9 дБ". Поз. 4в, мабуть, вказує назва октави і порядковий номер третьоктавної смуги в ній? Ці дані (поз. 4в) нами в наших експериментах ніяк не використовувалися; у описі приладу ніяких відомостей відносно інформації по поз. 4в немає.
- 5) Підпис "Calibration level: 0,0 dB" під поз. 1 рис. 3.2 (дрібними буквами) є службовою інформацією, призначена для індикації режиму налаштування: (калібрування приладу) і в безпосередніх вимірах не використовується.
- 6) Люмінесцентний індикатор рівня – подібний індикаторам рівня, застосованим у побутовій апаратурі.
- 7) Меню налагодження "Mode", "FFT", "Trace", "Tone", "Options"

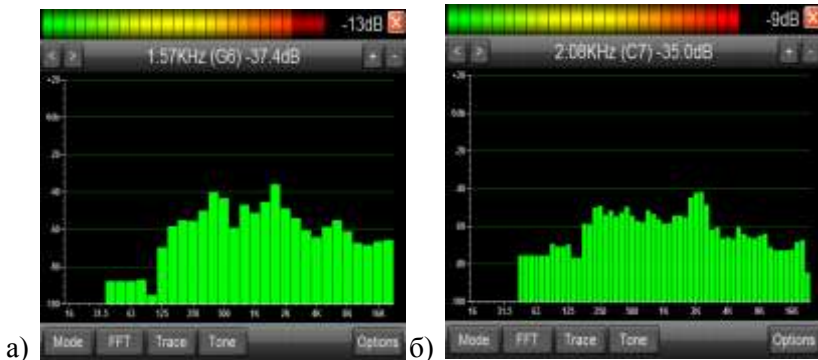


Рис. 3.2 - Перемикання дисплея на індикацію 1/3-октавного (а) і 1/6-октавного (б) аналізу спектру. Поз. 1 з попереднього рис. 3.2 при цьому не візуалізується, усі інші елементи і шкали від рис.3.2 повністю співпадають з аналогічними елементами рис. 3.2.

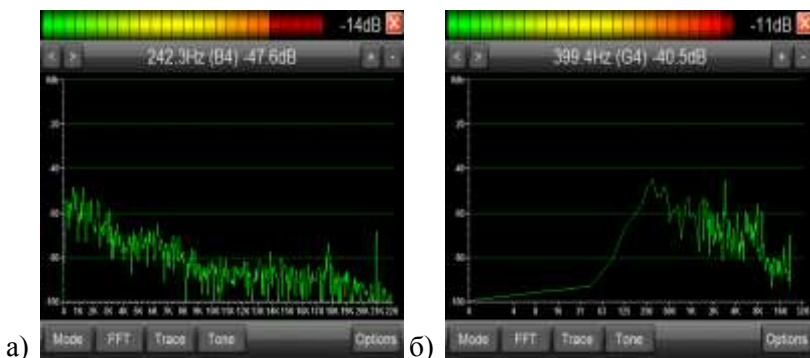


Рис. 3.3 - Той же спектр, але тільки відкладений в лінійному (а) та логарифмічному (б) масштабі. Вісь абсцис (частоти) при цьому градується, починаючи з 0 Гц (інфразвук), і закінчується 32 кГц (ультразвук). Поз. 1 з попереднього рис. 3.2 при цьому не візуалізується, усі інші елементи і шкали від рис. 3.2 повністю співпадають з аналогічними елементами рис. 3.3

3.2. Умови та методика проведення вимірювань

Свого часу в СРСР була випущена книжка [79], яка послужила нам хорошою підмогою в організації процесу акустичних вимірів по стандартних методиках. Акустичне вимірювальне устаткування, описане в [79], до теперішнього часу, зрозуміло, безнадійно застаріло, - (і, як ми бачимо з приведеного вище опису нашої приладової бази, ніяк не корелюється з сучасним).

При проведенні досліджень нами в повній мірі дотримувалися вимоги нормативних документів [10, 11, 80 - 85].

Місця проведення виміру вибиралося на ділянках вулиць і доріг із сталою швидкістю руху транспортних засобів і на відстані не менше 50 м від перехресть, транспортних площ і зупинних пунктів пасажирського громадського транспорту. Виміри проводилися за умови, що поверхня проїжджої частини вулиць і автомобільних доріг має бути чистою і сухою, а баластний шар трамвайних і залізничних колій не має бути мокрим і таким, що промерзлий. Вимір не проводився під час випадання атмосферних опадів і при швидкості вітру більше 5 м/с.

Час проведення виміру встановлювався в періоди максимальної інтенсивності руху транспортних потоків. При проведенні виміру шуму враховувалася дія вібрацій, магнітних і електричний полів, радіоактивного випромінювання і інших несприятливих чинників, що впливають на результати виміру.

При проведенні виміру шумової характеристики транспортного потоку, до складу якого входять легкові і вантажні автомобілі, автопоїзда, автобуси (надалі - автомобілі), мотоцикли, моторолери, мопеди і мотовелосипеди (надалі - мотоцикли), а також тролейбуси і трамваї, вимірювальний мікрофон розташовувався на тротуарі або узбіччі на відстані $(7,5 \pm 0,2)$ м від осі ближньої до точки виміру смуги або до шляху руху транспортних засобів на висоті $(1,5 \pm 0,1)$ м від рівня покриття проїжджої частини або голівки рейки. В умовах обмеженої забудови вимірювальний мікрофон, як це допускається [80], розташовувався на відстані меншому 7,5 м від осі ближньої до точки виміру

смуги або шляху руху транспортних засобів, але не ближче за 1 м від стін будівель, суцільних огорож і інших споруд або елементів рельєфу, що відбивають звук.

У разі розташування вулиці або дороги у виїмці вимірювальний мікрофон слід встановлювати на брівці виїмки на висоті $(1,5 \pm 0,1)$ м від рівня землі. При проведенні виміру шумової характеристики потоку залізничних потягів (як це буде показано в наступному розділі), вимірювальний мікрофон розташовувався на відстані $(25 \pm 0,6)$ м від осі ближньої до точки виміру магістральної залізничної колії на висоті $(1,5 \pm 0,1)$ м від рівня землі. Згідно з [80], в умовах обмеженої забудови вимірювальний мікрофон допускається розташовувати на відстані меншому 25 м від осі ближнього до точки виміру залізничної колії, але не ближче за 1 м від стін будівель, суцільних огорож і інших споруд або елементів рельєфу, що відбивають звук. У разі розташування залізничної колії у виїмці вимірювальний мікрофон слід встановлювати на брівці виїмки на висоті $(1,5 \pm 0,1)$ м від рівня землі.

Вимірювальний мікрофон був спрямований у бік транспортного потоку. Оператор, що проводить вимір, повинен знаходитися на відстані не менше чим 0,5 м від вимірювального мікрофону.

Згідно з [80], перемикач частотної характеристики вимірювальної апаратури при проведенні виміру рівнів звуку слід встановлювати в положення "А", а перемикач тимчасової характеристики - в положення згідно з вимогами інструкцій з експлуатації приладів. Для розглянутого вище приладу вимірювався SPL - (Sound Pressure Level), виражений в dBA (рис. 3.2) і в меню FFT обиралася характеристика Slow.

Період виміру шумової характеристики транспортного потоку, до складу якого можуть входити автомобілі, мотоцикли, а також тролейбуси і трамваї, охоплював проїзд не менше 200 транспортних одиниць в обох напрямках. Період виміру шумової характеристики транспортного потоку, до складу якого входять тільки трамваї, охоплював проїзд не менше 20 трамваїв в обох напрямках.

Тривалість періоду виміру шумової характеристики потоку залізничних потягів складала не менше 1 год.

Відлік рівнів звуку необхідно виконувався як за наявності, так і за відсутності на ділянці виміру рухомих транспортних засобів.

Згідно з [80], п. 4.10. значення рівнів звуку слід прочитувати з шкали шумоміра з точністю 1 дБА. Наш прилад (рис. 3.2) забезпечує точність 0,1 дБА.

Дотримувалася також вимога п. 4.11 [80] про те, що рівні звуку перешкод, що створюються сторонніми джерелами шуму в період виміру шумових характеристик транспортних потоків, мають бути не менше чим на 20 дБА нижче за рівні при проходженні перед вимірювальним мікрофоном транспортних засобів, включаючи перешкоди.

3.3. Геодезичні підоснови територій

Для точної та достовірної фіксації географічного положення кожного місця вимірів, тобто для позначення просторового положення кожної контрольної точки, виникає необхідність в топографічних планах місцевості. Якщо ця умова не буде виконана, будь-які навіть самі акустично точні виміри не мають сенсу – бо зовсім безглуздо мати одержаний спектр шуму, котрий не прив'язаний до плану місцевості. Наприклад, спектр шуму рис. 3.2 не значить практично ніщо, якщо для нього не вказані географічні координати точки, де він був виміряний. І тільки коли він стає спектром *саме* в одній з контрольних точок, він набирає зміст і перестає бути невідзначеною абстракцією.

Картографування шумового режиму в наших дослідженнях здійснювалося з використанням геодезичних підоснов території, отриманих двома способами:

1) Електронна карта місцевості, безкоштовно надана Google Inc. авторові безпосередньо в процесі самих вимірів через Інтернет за допомогою програми Google Maps для кишенькових персональних комп'ютерів (КПК) версії 2.0.0.11, з сайту <http://mobile.google.com>.

2) Топографічна карта м. Києва (у електронному вигляді).

Чому знадобилися два способи? Перший з них пов'язаний з мобільним Інтернетом і використаний в польових дослідженнях (безпосередньо на місці експериментів). Другий - з настільним комп'ютером і наступною камеральною обробкою результатів.

КПК типу iPAQ - 214, використовуваний для реєстрації цих вимірів в польових умовах, мав в гнізді SD-слоту GPS - модуль, що визначає координати цієї точки на поверхні Землі, знаходився в мобільному Інтернет-з'єднанні з сайтом <http://mobile.google.com> і (безпосередньо в процесі вимірів) викачував звідти фотографії місцевості, зроблені з космосу: (система супутникової навігації представляє на екран КПК фрагмент тієї самої ділянки місцевості, де в цю секунду знаходиться цей КПК з включеним GPS - модулем), - куди вже автором в процесі вимірів примусово наносилася інформація про розташування цієї контрольної точки (про це докладно далі). Таким чином, експерименти з вимірами шуму (то їх подальшій обробці) потребували застосування геоінформаційних систем (надалі – ГІС).

Будь-яка ГІС містить у собі інтерактивні карти та інші види, що оперують із наборами географічних даних. Карти (в даній інтерпретації; маються на увазі саме *електронні карти*) - це потужний модельний образ для визначення й стандартизації того, як люди використовують географічну інформацію й взаємодіють з нею. Інтерактивні карти надають основний користувацький інтерфейс для більшості ГІС -додатків.

Електронні карти в ГІС багато в чому схожі зі статичними паперовими картами, але до того ж вони інтерактивні, тобто користувачеві можна взаємодіяти з ними. Інтерактивну карту можна зменшувати й збільшувати, причому при певних масштабах деякі шари на карті можуть з'являтися або зникати. Можливо застосовувати умовні знаки для відображення шарів карти на основі будь-якого обраного набору атрибутів. При вказівці географічного об'єкта на інтерактивній карті можна одержати про нього додаткову інформацію, будувати просторові запити й проводити аналіз. Наприклад, можна знайти всі точки з певним рівнем звуку на визначеній відстані від лінійного джерела шуму. Користувачі ГІС за допомогою інтерактивних карт проводять редагування даних і створюють просторові подання об'єктів.

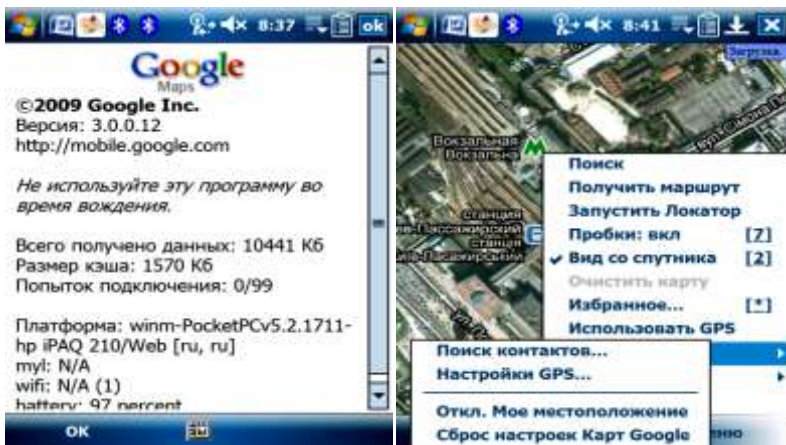


Рис. 3.4 - Відомості про програму Google Maps, авторські права, розробниках і тому подібне, узяті при запусненні програмі безпосередньо з екрану КПК. На другому ськріншоті – відкрите меню програми: (здійснюється налаштування GPS-навігації)



Рис. 3.5 – В Google Maps на екрані КПК поступово переміщуємось до конкретного району досліджень

Інтерактивні електронні карти ГІС використовуються для відображення й передачі географічної інформації, а також для виконання численних завдань, таких як розвинена компіляція даних, картографування, аналіз, запити, збір даних у польових умовах.

Крім карт, у базах даних ГІС використовуються інші інтерактивні види, такі як тимчасові зрізи, глобуси й схематичні креслення. Ці карти - основна робоча форма у ГІС, що забезпечує доступ до географічної інформації.

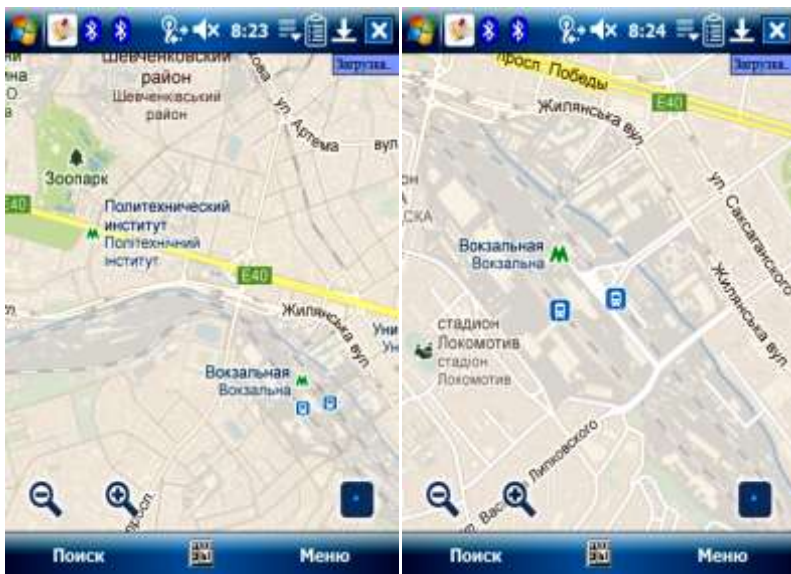


Рис. 3.6 – Те ж, що й попередній рисунок. Збільшуємо масштаб для переміщення в район безпосередніх досліджень

3.4. Загальна уява про геоінформаційні системи та їхні особливості та побудову

Географічна інформаційна система (ГІС) - це система для управління географічною інформацією, її аналізу і відображення. Географічна інформація представляється у вигляді серій наборів географічних даних, які моделюють географічне середовище за допомогою простих узагальнених структур даних. ГІС включає набори сучасних

інструментальних засобів для роботи з географічними даними.

Географічна інформаційна система підтримує декілька видів для роботи з географічною інформацією, які надані на рис. 3.7.

Ці три види ГІС представлені каталогом, картою і набором інструментів. Усі вони є невід'ємними складовими повноцінної ГІС і більшою чи меншою мірою використовуються в усіх ГІС - додатках.

ГІС - це особливий тип бази даних про навколишній світ - географічна база даних (база геоданих). Це “інформаційна система для географії”. По суті, в основі ГІС лежить структурована база даних, що описує мир у географічному аспекті.

Наведемо короткий огляд деяких ключових принципів, важливих для розуміння баз геоданих.

Створюючи дизайн бази геоданих ГІС, користувачі визначають, як будуть представлятися різні просторові об'єкти. Наприклад, земельні ділянки звичайно представляються як полігони, вулиці - як центральні лінії, шпари - як точки, і т.д. Ці об'єкти групуються в класи об'єктів, у яких кожен набір має єдине географічне подання.

Кожен набір даних ГІС дає просторове подання якогось аспекту навколишнього світу, включаючи:

- Упорядковані набори векторних об'єктів (набори точок, ліній і полігонів).
- Набори растрових даних, такі як цифрові моделі рельєфу або зображення.
- Просторові мережі.
- Топографія місцевості й інші поверхні.
- Інші типи даних, такі як адреси, назви місць, картографічна інформація.
- Набори даних геодезичної зйомки.

Крім географічних подань, набори даних ГІС включають традиційні табличні атрибути, що описують географічні об'єкти. Багато таблиць можуть бути пов'язані з географічними об'єктами по загальних полях (їх часто називають ключовими).

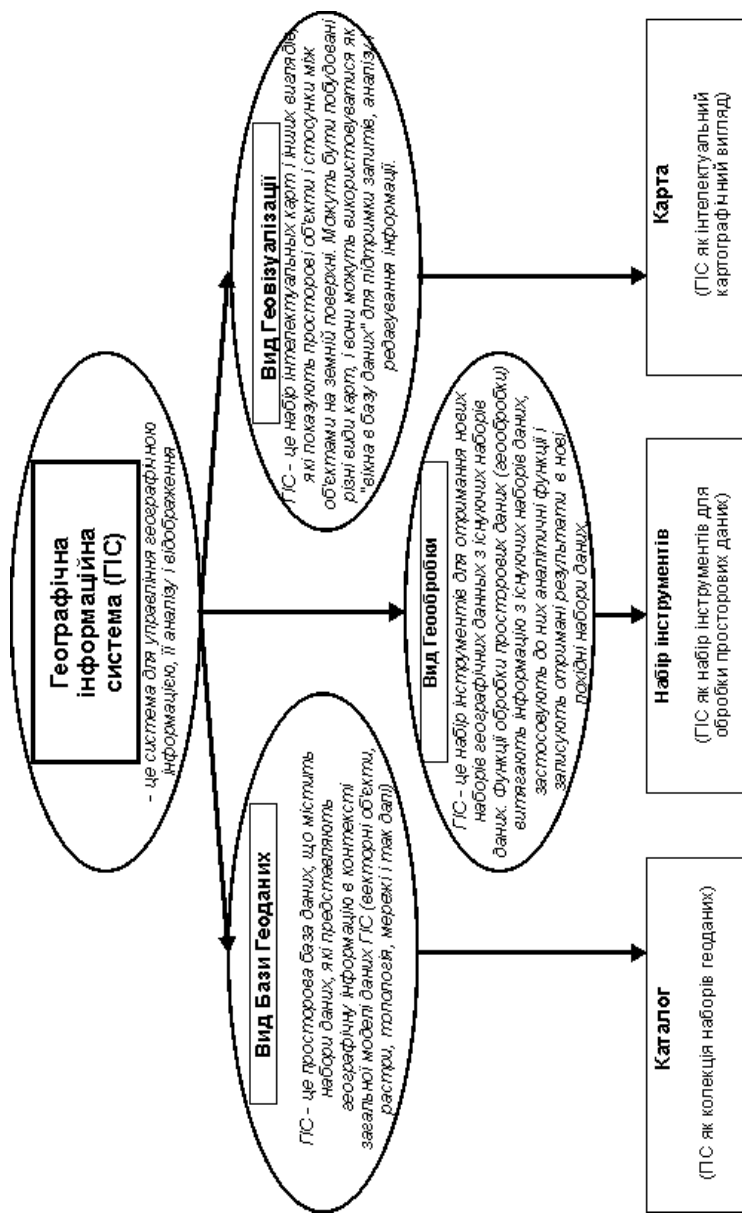


Рис. 3.7 - Три види ГІС для роботи з географічною інформацією

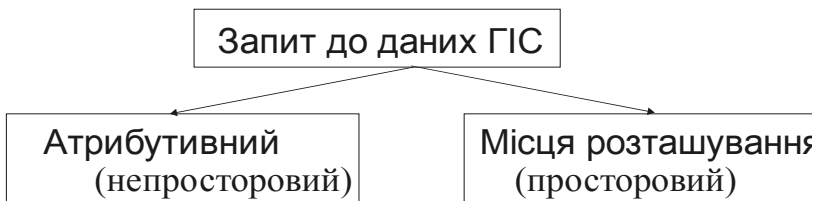


Рис 3.8 - Вищенаведений приклад спектру шуму рис. 3.2 є суто атрибутивним, і може бути застосований в картографуванні шуму лише при додаванні просторових даних

Просторові відносини, такі як топології й мережі, також є дуже важливими частинами бази даних ГІС. Топологія застосовується для контролю за загальними границями між просторовими об'єктами, для визначення й виконання правил цілісності даних, а також для підтримки топологічних запитів і навігації (наприклад, щоб визначити суміжність і зв'язок об'єктів). Топологія також використовується для розширеного редагування й побудови просторових об'єктів на основі неструктурованих геометричних елементів (наприклад, для побудови полігонів з ліній). ГІС організує просторові дані в серії тематичних шарів і таблиць. Оскільки набори даних у ГІС зв'язані географічно, їм приписані реальні місця розташування, і вони накладаються один на одного.

У ГІС однорідні набори географічних об'єктів можуть бути зібрані в такі шари, як земельні ділянки, будинки й спорудження, ортофотознімки й растрові цифрові моделі рельєфу. Чітко певні набори геоданих критично важливі для геоінформаційної системи, а засноване на шарах поняття тематичного набору інформації важливо для концепції набору даних ГІС.

Набори даних можуть представляти:

- Первинні “сирі” виміри (наприклад, супутникові зображення).
- Скомпільовану й інтерпретовану інформацію.
- Дані, отримані в ході виконання операцій геообробки з метою їхнього аналізу й моделювання.

Багато просторових відносин між шарами легко визначаються, виходячи з їх загального географічного положення.

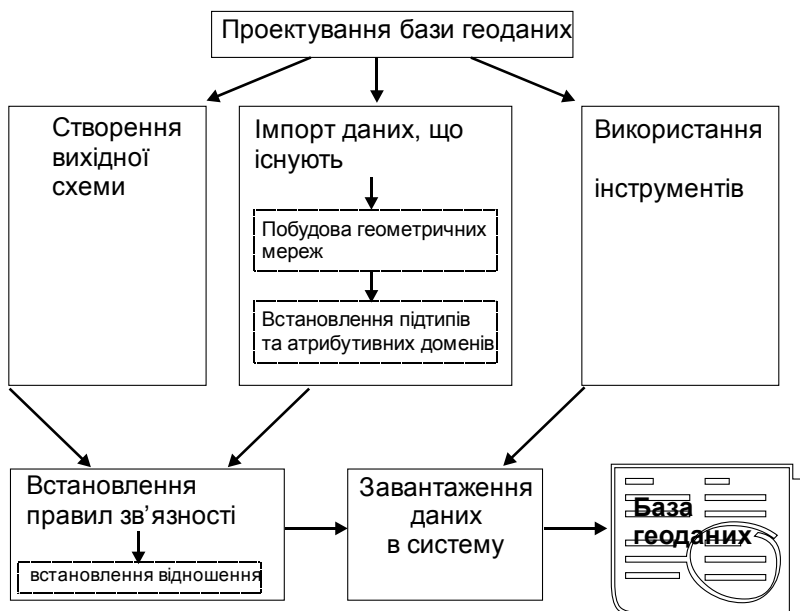


Рис. 3.9 - Як здійснюється проектування бази даних?

ГІС управляє простими шарами даних як класами родових ГІС-об'єктів і використовує багатий набір інструментів при роботі із шарами даних для виявлення багатьох ключових відносин.

ГІС використовує безліч наборів даних з багатьма поданнями, часто отриманими з різних джерел. Тому, дуже важливо, щоб набори даних ГІС були:

- Простими у використанні й легкими для розуміння.
- Сумісними з іншими наборами географічних даних.
- Ефективно компілюєними й оцінюваними.
- Постаченими зрозумілою документацією по наповненню, планованому використанню й призначенню.

Будь-яка база даних ГІС або файлова база буде жорстко дотримуватися цих загальних принципів і концепцій. Для будь-якої ГІС необхідний механізм опису географічних даних у цьому контексті, а також широкий набір інструментів для використовування й управління цією інформацією.

Але створення бази геоданих – лише перший етап створення повноцінної ГІС. Це якби «статика», це – просто набір геоданих в незмінному вигляді. Потребується, по-друге, її візуалізація; а по-третє, обробка цих даних.

Геовізуалізація має на увазі роботу з картами й іншими видами географічної інформації, у тому числі з інтерактивними картами, 3D сценами, підсумковими діаграмами й таблицями, видами з показниками часу, схематичними видами мережних відносин.

Наступний вид ГІС представлений колекцією наборів географічних даних й операторами (інструментами), застосовуваними до цих наборів даних. Набори географічних даних можуть являти собою первинні “сирі” виміри (наприклад, супутникові знімки), інтерпретовану й скопільовану аналітиками інформацію (наприклад, дороги, спорудження або, конкретно для нашого випадку, набір контрольних точок на місцевості з обмірюваними в них спектрами рівнів звуку), або інформацію, отриману з інших джерел шляхом додаткового аналізу або моделювання: (у цьому випадку - побудова карт шуму).

ГІС пропонує багатий вибір інструментів для обробки просторової інформації. Тут і з'являється відома формула логічної побудови ГІС:

$$\text{Дані} + \text{Інструмент} = \text{Нові дані}$$

Інструменти ГІС є будівельними блоками для виконання багатокрокових операцій. Інструмент застосовує операцію до деяких наявних даних з метою одержання нових даних. Середовище геообробки використовується в ГІС для послідовного виконання серії таких операцій.

Операції, з'єднані в єдиний ланцюжок, формують модель процесу обробки даних. Така єдина послідовність виконання операцій використовується в ГІС для автоматизації виконання численних завдань геообробки.

Геообробка використовується для моделювання процесів передачі даних з однієї структури в іншу з метою виконання

багатьох стандартних завдань ГІС - наприклад, для імпорту даних з різних форматів, інтегрування цих даних у ГІС, для стандартних процедур перевірки якості імпортованих даних. Можливість автоматизації й повторного виконання таких процесів є сильною стороною ГІС.

Механізм, використовуваний для побудови робочих потоків при геообробці, повинен виконувати ряд команд у певній послідовності. Геообробка широко використовується на всіх етапах роботи з ГІС для автоматизації й компіляції даних, управління, аналізу й моделювання даних, а також для картографії.

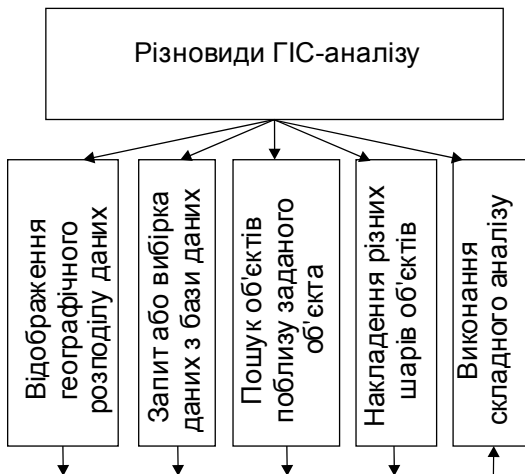


Рис. 3.10 - Геообробка - це ключове середовище для моделювання й аналізу

Управління потоками географічних даних важливо для всіх ГІС -додатків. Користувачі ГІС застосовують функції геообробки для переміщення даних до бази даних і з неї, для публікації даних у різних форматах, для об'єднання подібних наборів даних, модернізації схем баз даних ГІС, а також для виконання пакетної обробки вмісту баз даних.

ГІС -дані, як правило, мають великий обсяг і включають велику кількість великих елементів. Наприклад, простий запит до

бази даних виведе кілька рядів даних, у той час як для створення карти буде потрібно запросити з бази дані сотні або навіть тисячі записів. Крім того, обсяг відображуваної векторної або растрової графічної інформації може становити багато мегабайтів. Крім цього, ГІС-даним властиві складні відносини й структури, такі як транспортні мережі, топографія території й топологія.

Компіляція даних ГІС є нетривіальним спеціалізованим процесом. Для побудови й підтримки графічних наборів даних у ГІС потрібні розвинені засоби редагування. А для підтримки цілісності й поводження географічних векторних об'єктів і растрів необхідна їхня спеціалізована обробка на основі особливих географічних правил і команд. Тому компіляція даних у ГІС вимагає істотних витрат.

Як й в інших системах управління базами даних, у базі даних ГІС відбувається постійне оновлення різноманітних даних. Тому база даних ГІС, як та інші бази даних, повинна підтримувати подібні транзакції. При цьому, у користувачів ГІС є деякі спеціальні вимоги до транзакцій. Однією з головних умов є можливість підтримки довгих транзакцій.

У ГІС одна єдина операція редагування може викликати зміни багатьох рядків даних у багатьох таблицях. Користувачі повинні мати можливість скасовувати й повторювати операції редагування. Сеанс редагування може тривати кілька годин або навіть днів. Часто редагування повинне проводитися в системі, відкріпленої від центральної, спільно використовуваної бази даних.

У багатьох випадках, істотне відновлення бази даних проводиться поетапно. Цей процес у значній мірі циклічний. Технічне завдання спочатку складається й передається інженерові, потім поступово модифікується в міру реалізації окремих етапів, і, нарешті, всі внесені зміни повертаються назад у корпоративну базу даних.

Робочий процес відновлення й передачі даних може тривати дні й місяці. Однак база даних ГІС однаково повинна залишатися доступною для підтримки щоденної роботи й поточних відновлень, а

користувачі повинні мати можливість звертатися до своїх версій загальної бази даних ГІС.

От ще приклади робочих процесів управління даними в ГІС:

- Автономне редагування: іноді потрібна можливість “відкріплення” фрагментів бази даних ГІС й їхньої реплікації (переносу) в інше місце в незалежну, відокремлену систему. Наприклад, для проведення редагування в польових умовах деяких даних, необхідно забрати із собою якісь дані, провести їхнє редагування й відновлення на місці виконання робіт, а потім переслати внесені зміни в основну базу даних.
- Розподілені географічні бази даних: локальна база даних може бути частковою копією відповідного “шматка” основної бази даних корпоративної ГІС. Ці бази даних повинні періодично синхронізуватися для обміну внесеними в кожен з них змінами.

ГІС - це по своїй суті розподілена інформаційна система

У більшості географічних інформаційних систем дані шарів і таблиць надходять із різних джерел. Кожен виконавець розробляє більш-менш вагомую частину, а не все інформаційне наповнення своєї ГІС. Звичайно хоча б деякі шари даних надходять із зовнішніх джерел. Потреба в даних є стимулом для користувачів одержувати нові дані найбільш ефективними й швидкими способами.

Таким чином, керування даними ГІС може здійснюватися кількома користувачами.

Багато географічних наборів даних можуть компілюватися й управлятися як загальний інформаційний ресурс і спільно використовуватися співтовариством користувачів. До того ж користувачі ГІС мають власне бачення того, яким образом можна забезпечити обмін популярними наборами даних через Web.

Ключові web-вузли, називані порталами каталогів ГІС, надають можливість користувачам як викладати власну інформацію, так і шукати доступну для використання географічен інформацію. У результаті ГІС-системи все більшою мірою підключаються до Всесвітньої павутини.



Рис. 3.11 - Розподілена сутність ГІС має на увазі широкі можливості для взаємодії між багатьма ГІС-організаціями й системами. Співробітництво й спільна робота користувачів дуже важливі для ГІС

Географічне знання споконвічно є розподіленим і слабо інтегрованим. Вся необхідна інформація рідко втримується в окремому екземплярі бази даних із власною схемою даних. Користувачі ГІС взаємодіють один з одним з метою одержати відсутні частини наявних у них ГІС-даних. За допомогою ГІС-мереж користувачам простіше налагодити контакти й обмін накопиченими географічними знаннями.

ГІС-каталог може містити посилання на джерела даних, наявні як на цьому, так і на інших сайтах.

Вимоги до ГІС впливають на процес розробки й впровадження програмного ГІС-забезпечення. Подібно іншим інформаційним технологіям, ГІС повинна забезпечувати простоту впровадження додатків, створених на її основі для підтримки робочих процесів і бізнес-вимог будь-якої організації. Це досягається за рахунок створення базової платформи програмного забезпечення, що підтримує різні типи наборів географічних даних, розвинені інструментальні засоби керування даними, їхнього редагування, аналізу й візуалізації.

Платформа ГІС повинна надавати всі необхідні можливості:

- географічна база даних для зберігання й керування всіма географічними об'єктами;
- заснована на Web мережа для розподіленого управління ге-

- ографічною інформацією і її спільним використанням;
- настільні й серверні додатки для:
 - компіляції даних,
 - інформаційних запитів,
 - просторового аналізу й обробки геоданих,
 - створення картографічних продуктів,
 - візуалізації й дослідження растрових зображень,
 - керування даними ГІС;
 - модульні програмні компоненти для вбудовування необхідної логіки в інші додатки й спеціалізовані програми;
 - географічні інформаційні сервіси для багаторівневих і централізованих ГІС-систем.

Нові віяння в комп'ютерній області, такі як широке поширення Інтернет-технологій, розвиток технології, об'єктно-орієнтоване програмування, розробка мобільних комп'ютерів і широкомасштабне застосування ГІС, призвели до нового бачення ролі й місця ГІС-технології. Погляд на платформу ГІС поступово еволюціонує й розширюється. Згідно з ним, ГІС поділяються:

1) Настільні ГІС. Настільні ГІС - основні робочі місця ГІС професіоналів для компіляції (контролю якості), авторизації (створення) і використання географічної інформації й накопиченого знання.

2) Мобільні ГІС. У зв'язку з розвитком сфальцьованих на певних завданнях користувальницьких рішень для мобільних комп'ютерів, ГІС усе в більшій мері пересуваються з офісу прямо на місце виконання польових робіт. Бездротові мобільні пристрої з підтримкою системи глобального позиціонування (GPS) широко використовуються для доступу до наборів даних польових вимірів й іншої ГІС-інформації. Для рішення ряду виконуваних у поле робіт потрібні порівняно прості географічні інструменти, а для рішення інших, більше складних операцій - розвинені географічні інструменти.

3) Серверні ГІС. Користувачі ГІС застосовують централізовані серверні ГІС для публікації й обміну географічними

знаннями в межах великих організацій і з багатьма зовнішніми користувачами через Інтернет.

* * *

Перед тим, як продовжити подальшу розповідь, слід підкреслити декілька важливих моментів:

1) Зовсім не даремно перший розділ цієї монографії присвячено системному підходу в галузі боротьби із шумом. Аналіз системи: *«Навколишнє середовище – Середовище поширення шуму (як вкладений компонент, елемент навколишнього середовища) – Об'єкт, що захищається (як вкладений компонент, елемент навколишнього середовища й елемент середовища поширення шуму)»*, наданої в своєму загальному вигляді на рис. 1.4, можна здійснювати різними способами, наданими на рис. 1.3. Вибір лише за автором – і, здійснюючи його, використовуючи системний підхід в дії, ми просто приводимо її до вигляду однієї з звичайних геоінформаційних систем.

2) Дослідження геоінформаційної системи, що містить дані про акустичний режим на території, де проводилися вишукування, - (себто в розпорядженні експериментатора маються виміряні їм спектри шуму, подібні тому, що наведений на рис. 3.2), - можуть здійснюватися за допомогою традиційного арсеналу засобів ГІС.

3) На базі геоінформаційної системи (що містить статичні дані про існуючий розподіл шумового забруднення на території), може бути побудована система автоматизованого проектування (САПР). Чим же відрізнятиметься така САПР? Динамічними ознаками – визнаючи, що спектр на рис. 3.2 значно перебільшує нормативні значення, ми зменшуємо його до норми, і відстежуємо всі зміни в побудованій системі геовізуалізації.

3.5. Універсальність або спеціалізація?

Існує, принаймні, два принципово різних підходи до програмного забезпечення, використовуваному для створення карт шуму. Відповідно до першого з них, використовують універсальні багатофункціональні геоінформаційні програмні комплекси,

потенційно здатні безліч різноманітних завдань. Частковим випадком однієї з таких завдань є побудова саме карт шуму. У такий програмний комплекс (класичним прикладом може з'явитися ArcGIS) дослідник вводить бажану математичну модель процесів поширення шуму, відповідним чином набудовує його, вводить дані й т.п., - після чого програма будує карту шуму (за аналогією з усіма іншими завданнями, які вона навчена вирішувати). Варто чітко розуміти, що в ArcGIS *немає* спеціальної кнопки "**Побудова карт шуму**", *немає* відповідних меню, немає ніяких акустичних формул і готової графі для занесення значень вимірів рівня звукового тиску; а слова "карта шуму", "децибел" і т.п. *жодного разу не зустрічаються* навіть у його багатотомній технічній документації. Ця програма просто призначена для того, щоб будувати графічні схеми й карти на базі введених у неї геоінформаційних даних (на базі примусово обумовлених користувачем закономірностей їхньої побудови); одним з безлічі окремих випадків таких даних є акустичні, одним з локальних прикладів закономірностей є закономірності поширення шуму в міській забудові, а одним з окремих випадків графічних схем є шукана карта шуму.

Більше зрозуміла, напевно, буде наступна аналогія. Текстовий редактор Microsoft Word дозволяє писати вірші, законопроекти, наукові статті й романи - однак аж ніяк не кожен сидячий за Word'ом є поетом, законодавцем, ученим або романістом. Для того, щоб написати вірші в Word, необхідно поетичне дарування, натхнення й ін.; змоглядна модель написання віршів, мабуть, повинна враховувати поняття ритму, співзвучності, рими? Word являє собою прекрасний **інструмент** для фіксації букв, пропозицій, рядків, сторінок і слів - однак же ніякої самої по собі математичної моделі для написання чудових віршів він, зрозуміло, не має. Вміючи працювати з Word, користувач тільки може записувати букви, слова й фрази в електронному вигляді. Локальним випадком сполучення тих букв, слів та фраз є вірші; але для їхнього написання в цьому текстовому редакторі одного вміння працювати з ним недостатньо.

Відповідно до другого підходу, для створення карт шуму викристануть вузькоспеціалізоване програмне забезпечення, спеціально створене для даної мети. Ніякі інші завдання, крім виробництва споконвічно закладених у нього акустичних розрахунків, воно ви-

рішувати не вміє. Прикладом такого програмного забезпечення є, зокрема, закордонні програмні комплекси Map Noise, Sound Plan, Mitha, Cadna й ін., а також російський ExNOISE [86].

3.6. Методика досліджень нашої наукової роботи

При цьому ми використали перший підхід з вищевказаних. Не маючи ніякі дорогі спеціалізовані програмні комплекси (типа описуваних в [86]), категорично не бажаючи виконувати акустичні розрахунки по апріорі невідомим нам алгоритмам: (яка гарантія, що перераховані вище програмні комплекси вважають правильно???) Крім запевнянь самого виробника й чііхось заочних рекомендацій), - однак маючи достатню наукову кваліфікацію й численні власні наробітки для самостійної розробки математичних моделей процесів поширення шуму, ми використали ArcGIS (запрограмувавши на його базі зазначену модель).

ArcGIS надає масштабоване середовище для роботи з ГІС як окремих користувачів, так і груп користувачів, на серверах, через Web й у польових умовах.

ArcGIS заснована на загальній модульній бібліотеці програмних ГІС-компонентів, що називається ArcObjects™.

До складу ArcObjects входить широкий набір програмних компонентів, що дозволяють описати як прості об'єкти (наприклад, окремі геометричні об'єкти), так і складні об'єкти (наприклад, об'єкт карти для взаємодії з існуючими документами). У комплексі ці компоненти надають розроблювачам багату функціональність сучасної ГІС. Продукти ArcGIS Desktop містять інтегрований набір розвинених ГІС-додатків. У їхній склад входить ряд настільних Windows-додатків (таких як ArcMap, ArcCatalog™, ArcToolbox™ й ArcGlobe) з компонентами користувальницького інтерфейсу. ArcGIS Desktop доступна із трьома рівнями функціональності — ArcView®, ArcEditor™ й ArcInfo™; при тому можуть бути настроєна й розширена з використанням ArcGIS Desktop Developers Kit, що входить в їхній склад пакета розроблювача.

Наше власне дослідження проводилося з використанням апаратних і програмних засобів, докладно описаних у роботах [51, 55, 59] і захищених патентом України [52].

Вишукування з побудови карт шуму, відповідно до загальноп-

рийнятої практики геоінформаційних досліджень ділилися на два послідовних етапи - польовий (натурні виміри акустичних параметрів) і камеральний (обробка отриманих результатів, побудова карт шуму) – рис 3.12.

ArcGIS включає додатки, що забезпечують виконання обох типів завдань: (що й було вдало застосовано нами при проведенні досліджень).

3.7. Польовий етап досліджень

Для цієї серії досліджень, {на якій ми маємо намір поетапно показати методику наших досліджень якомога деталізованіше}, обраний район проведення вимірів поблизу вокзалу (та посеред нього), при тому контрольні точки розташовуються як на захід (північ-захід, південь-захід) від вокзалу, у бік до проспекту Повітрофлотського, стадіону Локомотив, вул. Василя Липковського; так і на схід (північ-схід, південь-схід) від вокзалу, у бік вул. Вокзальної, вул. Семена Петлюри тощо (рис. 3.6).

На першому етапі використалися переносні прилади - шумомір і кишеньковий персональний комп'ютер (КПК), а також програмне забезпечення ArcPad 10. Пакет ArcPad - рішення для мобільних ГІС і польових обчислень, таких як створення звітів про виміри рівнів звукового тиску із просторовою прив'язкою.

Такі види завдань виконуються на переносних комп'ютерах (тих, що працюють під Microsoft Windows® CE або Pocket PC). Продукти ArcGIS Desktop й ArcGIS Engine сфальцьовані на польових завданнях, що вимагає виконання ГІС-аналізу й прийняття рішень.

Дослідник висувався в контрольну точку на місцевості, включав GPS-приймач КПК і по сигналах із супутника здійснював GPS-навігацію. Точні дані про місцезнаходження точки виміру усередині КПК *автоматично* передавалися в програму ArcPad для Pocket PC.

Дані вносилися в спеціально створений шейп-файл (шейп-файл - файл спеціального формату для запису ГІС-інформації, підтримується як ArcGIS, так й іншими найпоширенішими ГІС-програмами²).

² Докладніше – див. Глосарій наприкінці цієї Книги



Рис. 3.12. - Принципова схема проведення вимірів



Рис. 3.13 – Частина зони досліджень (фрагмент рис. 3.6), де безпосередньо розташовувалися контрольні точки виміру спектрів шуму



Рис. 3.14 – Нативна ілюстрація з довідки програми ArcPad 10 з ілюстрацією її можливостей (від авторів програми). Далі ми покажемо застосування цих функцій до нашого випадку вимірів шуму й картографування шумового режиму

Таким чином, фіксація самих контрольних точок й їхня прив'язка до місцевості вимагають мінімальної участі людини.

Крім шейп-файлу із даними про просторове розміщення контрольних точок, одержаними в процесі вимірів за допомогою GPS-приймача КПК, маємо набір скріншотів, подібних тому, що був зображений в якості зразка на рис. 3.2, із спектрами шуму, вимірними в кожній контрольній точці (рис. 3.15).

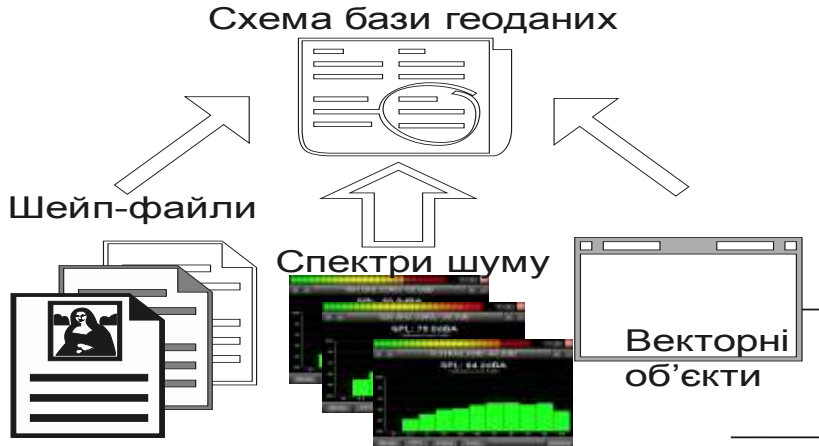


Рис. 3.16 – Завантаження отриманих даних в майбутню базу геоданих

Шейп-файл несе інформацію про просторове розташування контрольної точки на території (тобто схему розташування точок виміру на місцевості із прив'язкою до геодезичної системи координат, одержувану від GPS-навігатора) - (рис. 3.18-а), а також (створювані по розсуду експериментатора) поля для запису супутньої інформації. Все це представляється у вигляді "таблиці атрибутів" (термін ArcGIS) - (рис. 3.18-б).

Після цього залишається лише занести дані акустичних вимірів (показання шумоміра) у даній контрольній точці в один рядок таблиці шейп-файлу, розподіливши їх по відповідних графах.

Про створення відповідних граф та їх заповнення докладно буде розповідатися далі, в наступному розділі.

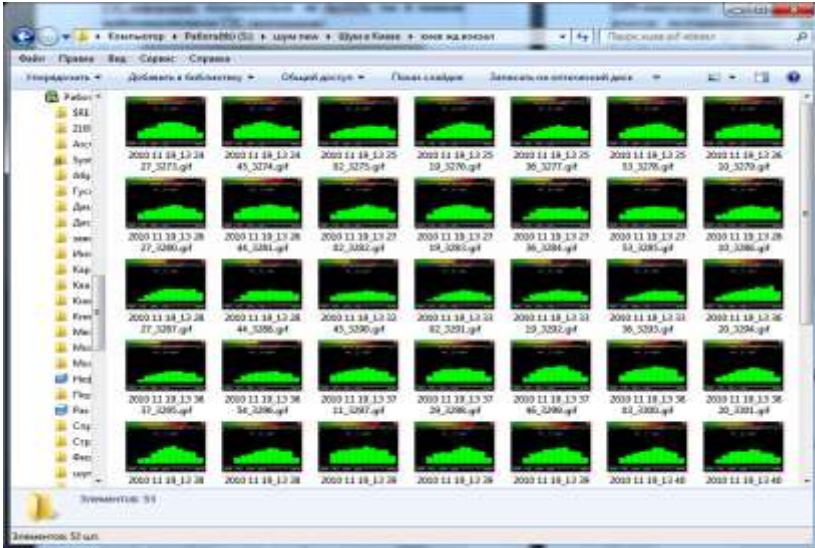


Рис. 3.17 – Набір спектрів шуму із даними вимірів (атрибутивні дані). Кількість таких вимірних спектрів, що зберігаються на нашому комп'ютері, (зважаючи на наш багаторічний досвід вимірювання), іде у нас вже на тисячі та десятки тисяч! Тому виникає важлива проблема – не потонути в бездонному морі інформації, не переплутати їх тощо



а)

3000 km

| Property | Value |
|----------|-------|
| Id | 0 |
| SPL | 58,5 |
| dB11 | 25 |
| dB3 | 38 |
| dB125 | 42 |
| dB250 | 45 |
| dB500 | 53 |
| dB1000 | 52 |
| dB2000 | 51 |
| dB4000 | 43 |
| dB8000 | 39 |

б)

Рис. 3.18 - скріншоти з екрана КПК: а – В ArcPad внесені контрольні точки (трикутники) з даними вимірів; б – таблиця атрибутів (з даними про вимірний спектр шуму (той самий спектр, що на рис. 3.32) в одній із точок: точка умовно зареєстрована за Id=0)

Процес натурних вимірів шуму дуже легкий в усіх відношеннях - характеризується у край низькою трудомісткістю і дуже високою мірою автоматизації, вимагає наявності приладів у край малої маси і розмірів (вага сучасних шумомірів і КПК вимірюється в грамах), і висуває невисокі вимоги до виробника вимірів : (лаборант може мати неповну середню освіту і має лише бути навчений поводженню з КПК і шумоміром).

Існує версія ArcPad 10 для настільних комп'ютерів і ноутбуків – див. рис. 3.19; однак, на нашу думку, вона недостатньо функціональна. Доцільне застосування цієї версії при використанні ноутбука (замість КПК) при реєстрації даних.

Проробивши необхідні виміри, переходимо до камерального етапу досліджень і переносимо дані в настільний комп'ютер.

При цьому від програми ArcPad 10 (призначеної тільки для збору початкових відомостей – див. рис. 3.18), - й переходимо до програми ArcMap (використана версія 9.3.1), сумісної з ArcPad по форматі підтримуваних файлів і призначеної для детальної обробки даних у камеральних умовах.

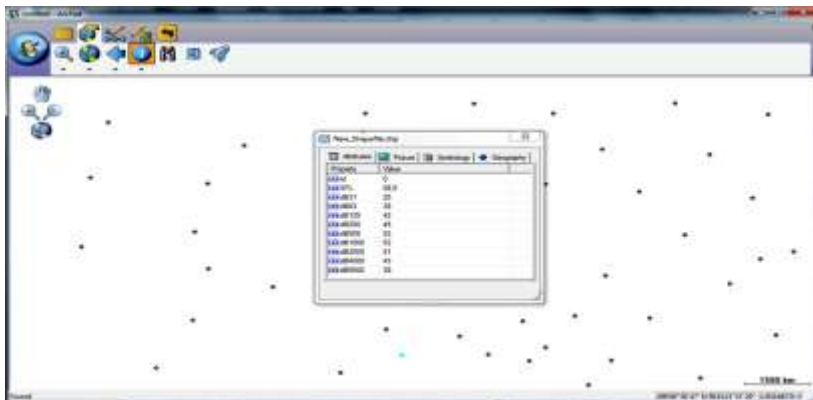


Рис. 3.19 – скріншот з екрана ноутбуку з розташуванням тих же самих точок виміру в програмі ArcPad. Еквівалент рис. 3.18. При тому поз. а й б з рис. 3.18 об'єднані – себто за допомогою команди «Identify» викликана таблиця атрибутів точки Id=0 із спектром шуму рис. 3.32. На КПК (рис. 3.18), в принципі, зроблено те ж саме, - але при обранні відповідної точки на рис. 3.18.а таблиця атрибутів рис. 3.18.б відкривається в окремому вікні, що заміняє вигляд екрану

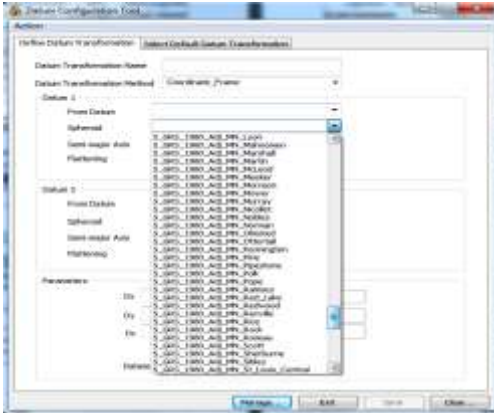


Рис. 3.20 – ArcPad також має свій власний інструментарій для корекції датуму (альтернатива до рис. 3.27, 3.28)

3.8. Камеральна обробка результатів: (початок)

3.8.1. Створення теки та файлу проекту

Задля простоти пояснення створимо окремий проект та опишемо послідовність дій, здійснюваних при складанні карти шуму, (ілюструючи їх скріншотами, отриманими при виконанні окремих операцій).

Створюємо теку для розміщення проекту, наприклад, «*Шум в Києві*» та розташовуємо в ній файли проекту. Поки що тека пуста; потім вона заповниться. В подальшому всі файли, пов'язані саме із цим проектом, будемо розташовувати саме в ній.

Істотним недоліком використання розподілених ГІС, на нашу думку, є саме те, що дуже чисельні файли в буквальному сенсі розкидані по всьому комп'ютеру (справедливості ради сказати, ArcGIS має розширену систему встановлення зв'язків та їх відновлення), - що при роботі не очевидно, але стає наочним при переносі даних на інший комп'ютер або при переустановленні операційної системи. Тоді зв'язки порушуються, зазвичай не хватає якогось файлу та ін. Знайти його неможливо, тому що він вже давно стертий і не існує, і т.п. Тому наш досвід свідчить, що всі дані, логічно пов'язані між собою єдиною метою, - (тобто ті, що, наприклад, належать до єдиного проекту), найоптимальніше тримати в одному місці.

Запускаємо ArcMap³, та створюємо файл «Шум в районі вокзала.mxd». Завантажуємо туди, наприклад, докладну географічну карту місцевості, розташовану в файлі «Район проведення измерений.bmp» (команда «Добавить данные»). Це наочно подано на рис. 3.21.

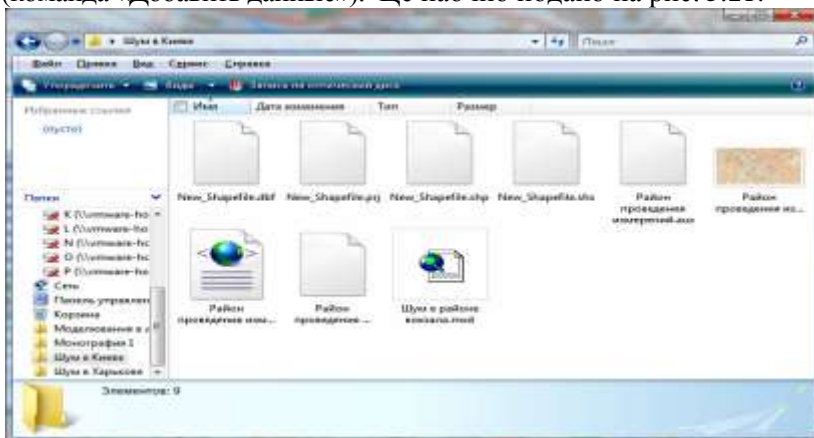


Рис. 3.22 – Ми поклали в створену теку карту місцевості «Район проведения измерений» і шейп-файл «New_Sharefile». Зверніть увагу на кількість додаткових допоміжних файлів!

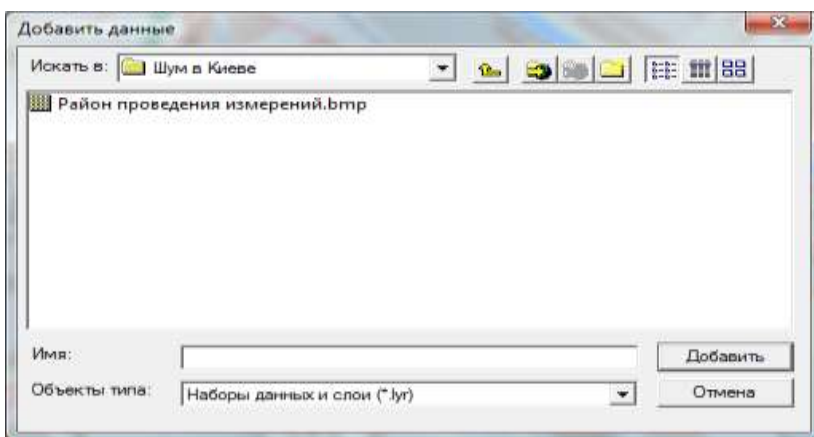


Рис. 3.23 – Карту місцевості додано в проект

³ Додаток ArcMap використовується для виконання усіх робіт по картографуванню і редагуванню, а також для картографічного аналізу.

ArcMap - основний додаток ArcGIS Desktop для виконання усіх картографічних завдань, таких як створення і публікація карт, аналіз карт і редагування даних. У ArcMap є два способи перегляду карти: у вигляді географічних даних і у вигляді компонування. У вигляді географічних даних працюють з географічними шарами, визначають символи, проводять аналіз і компіляцію наборів даних ГС. Інтерфейс таблиці змісту допомагає структурувати ГС-дані по шарах у фреймі даних, управляти властивостями їх відображення. Вид даних - це вікно, в якому відображуються усі набори ГС-даних на задану область. У вигляді компонування працюють із сторінками карт, що містять вид географічних даних і інші елементи карти, такі як легенда, масштабна лінійка, стрілка Півночі і оглядова карта. ArcMap використовується для розміщення карт з усіма необхідними елементами на сторінці для їх публікації і виводу на друк.

Запускаємо ArcCatalog⁴, і бачимо в ньому приблизно ось таку картину, як наведена на рис. 3.24.

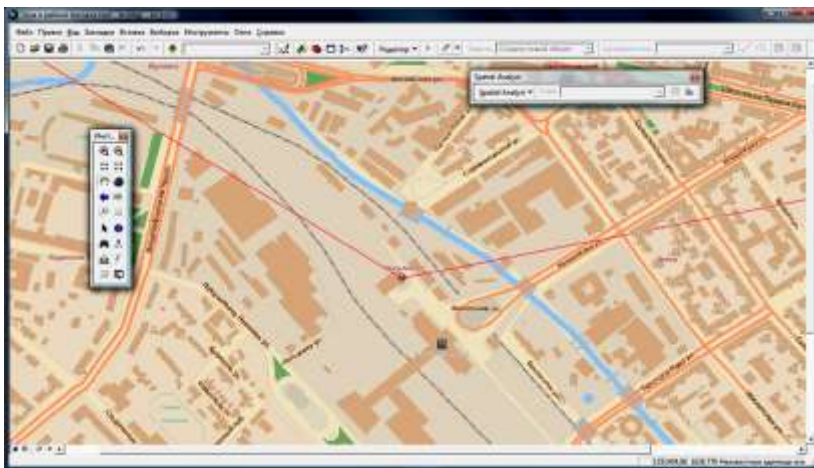


Рис. 3.24 – скріншот з екрана: фрагмент досліджуваної території м. Києва (картографічна підоснова місцевості), загнаний в програму ArcGIS

⁴ Додаток ArcCatalog призначений для організації структури зберігання просторових даних і управління ними, для створення баз даних, а також для запису, перегляду і управління метаданими.

Додаток ArcCatalog допомагає структурувати і управляти усієї ГІС- інформацією, такий як карти, глобуси, набори даних, метадані і сервіси. Інструменти, що входять в нього, дозволяють:

- Переглядати і шукати географічну інформацію.
- Записувати, переглядати і управляти метаданими.
- Визначати, експортувати і імпортувати структуру і дизайн баз геоданих.
- Здійснювати пошук ГІС-даних по локальних мережах і через Web.
- Адмініструвати ArcGIS Server.

3.8.2. Про налаштування шейп-файлу

Тепер пора переходити до шейп-файлу із даними вимірів (до того, що показаний на рис. 3.18).

Слід зазначити, що процедура визначення атрибутів шейп-файла не обов'язково пов'язана з його створенням. Таким чином, якщо шейп-файл вже існує, можна пропустити п. 3.8.3, (рис. 3.27, 3.28) і перейти далі. Щоб створити поле ідентифікатора і усі інші поля, необхідно клацнути правою кнопкою миші в дереві Каталогів і вибрати пункт "*Свойства*" для завдання полів атрибутів. Оскільки шейп-файл повинен містити хоч би одне поле, в нього вже додано цілочисельне поле Id. Додаємо в шейп-файл необхідні поля, а потім можна видалити те поле, яке було додано за умовчанням.

3.8.3. Про системи координат (необов'язковий)

Але не полінуємося надати шість сторінок із дуже важливою інформацією рис. 3.27, 3.28 про створення та налаштування шейп-файла.

Інакше надалі можна одержати наступне повідомлення, зразок якого наданий рис. 3.25.

Справа в тому, що географічна (чи геодезична) система координат (ГСК) використовує тривимірну сферичну поверхню для визначення місця розташування об'єктів на поверхні Землі. ГСК часто невірно називають датумом, тоді як датум являється лише частиною географічної системи координат. ГСК включає кутові одиниці виміру координат, нульовий меридіан і датум (заснований на сфері). Точка на сфері визначається значеннями широти і

довготи. Широта і довгота - це кути, вершина яких розташована в центрі Землі, а один із боків проходить через точку на земній поверхні. Кути, як правило, вимірюються в градусах.

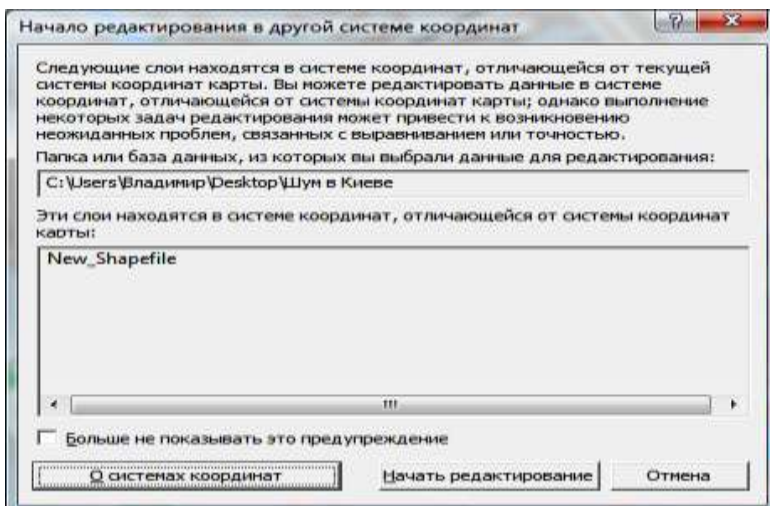


Рис. 3.25 – Про необхідність налаштування системи координат

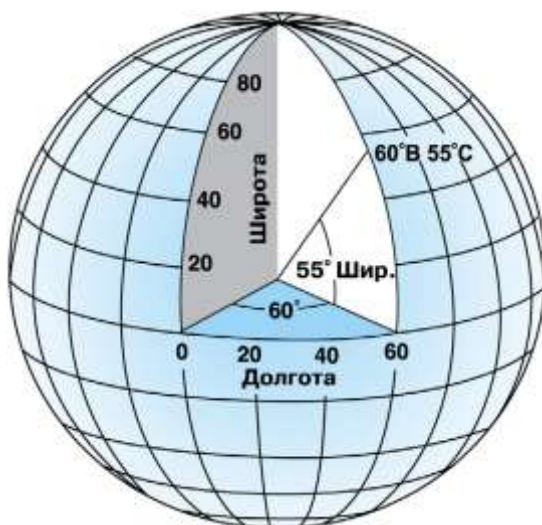


Рис. 3.26 - Земля у вигляді глобуса, на якому показані значення широти і довготи

У сферичній системі "Горизонтальні лінії" або лінії, відповідні напрямку схід-захід - це лінії рівної широти, або паралелі. "Вертикальні лінії", або лінії йдуть в напрямі з півдня на північ, - це лінії рівної довготи, або меридіани. Ці лінії опоясують глобус і утворюють мережу географічної координатної прив'язки, звану картографічною сіткою.

Лінія широти, яка розташована посередині між полюсами, носить назву екватора. Вона відповідає лінії нульової широти. Лінія нульової довготи носить назву нульового (чи початкового) меридіана. Для більшості географічних систем координат нульовий меридіан - це лінія довготи, що проходить через обсерваторію Гринвіч в Англії. Початкова точка картографічної сітки (0,0) визначається місцем перетину екватора і нульового меридіана.

Потім глобус ділиться на чотири географічних квадранта (чверті кулі), які визначаються свідченнями компаса в початковій точці. Це - північ і південь, розташовані відповідно вище і нижче за екватор, а захід і схід - відповідно ліворуч і праворуч від нульового меридіана.

Значення широти і довготи, як правило, вимірюють або в десяткових градусах, або в градусах (DMS). Значення широти відраховують відносно екватора і можуть змінюватися від 90° на Південному полюсі до $+90^\circ$ на Північному полюсі. Значення довготи відлічуються відносно нульового меридіана. Вони можуть мінятися від 180° при русі на захід від нульового меридіана і до 180° при русі на схід від нульового меридіана. Якщо за нульовий меридіан прийнятий Гринвіч, то координати в Австралії, розташованій на південь від екватора і до сходу від Гринвіча, матимуть значення довготи, більші за нуль; і від'ємні значення широти.

Хоча значення широти і довготи використовуються для визначення точного положення точки на поверхні кулі, ці величини не є універсальними одиницями виміру. Тільки уздовж екватора відстань, відповідна одному градусу довготи приблизно дорівнює відстані, відповідній одному градусу широти.

Вище і нижче за екватор, кола, які визначають паралелі, стають поступово все коротше і коротше, поки не перетворюються на точку на Північному і Південному полюсах, в якій сходяться меридіани. У міру того, як меридіани сходяться до полюсів, відстань, відповідна одному градусу широти, зменшується до нуля.

Оскільки градуси широти і довготи не мають стандартної довжини, не можливо точно вимірювати відстані або площі або легко відображувати дані на плоскій карті або екрані комп'ютера. Існують багато систем координат, які відрізняються між собою.

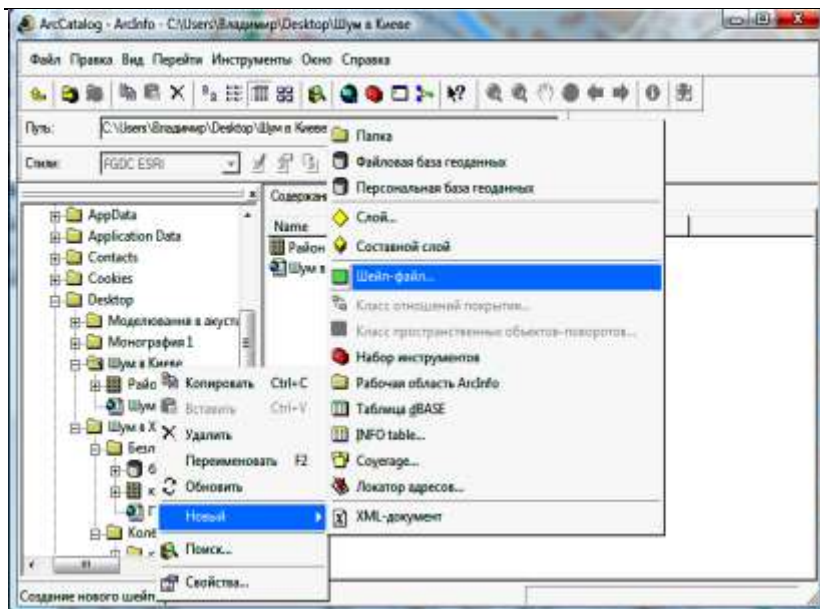


Рис. 3.27 – Якщо треба створити новий шейп-файл, конкретно це робиться так:

- 1) *Клацають правою кнопкою миші на теці в ArcCatalog, де треба створити новий шейп-файл, в контекстному меню вибирають «Новый» і натискають «Шейп-файл».*
- 2) *Вводять ім'я нового шейп-файла.*

Тому при невідповідності системи координат шейп-файлу до системи координат самого проекту просторове розташування точки вимірів не може бути вказано, і побудова карти шуму неможлива.

Щоб виправити це скрутне положення, слід зробити наступне.

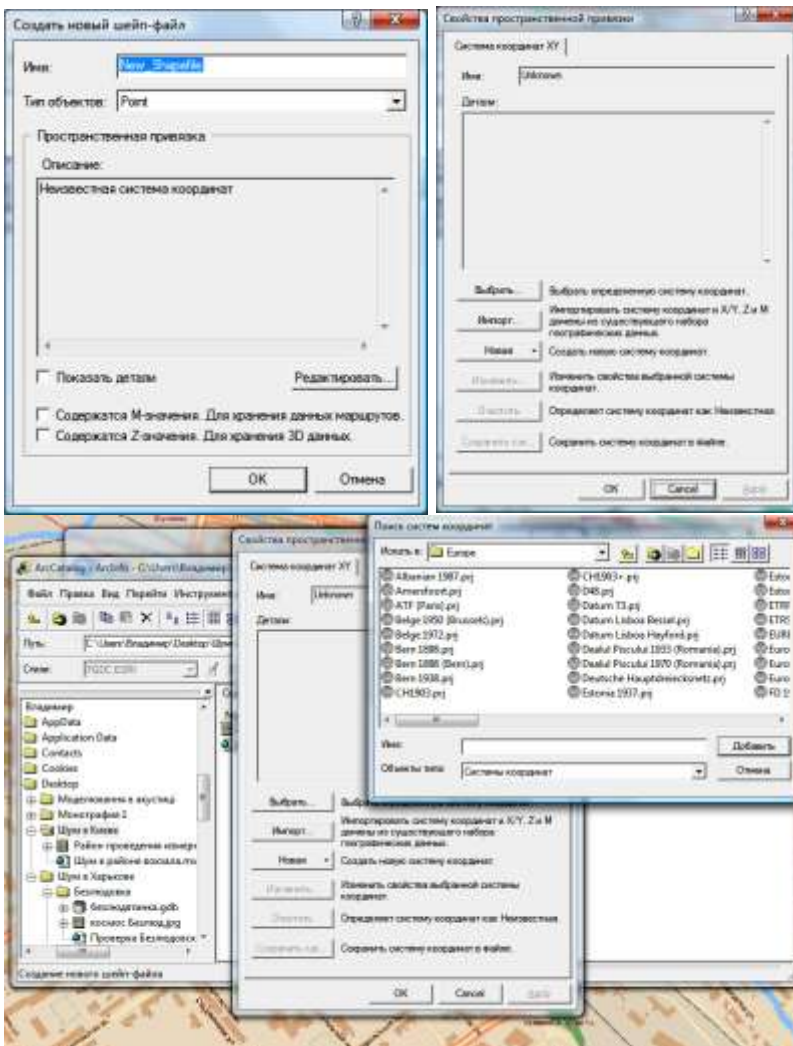


Рис. 3.28 – Натискають «Редактировать», щоб визначити систему координат для шейп-файла. Коли завершують установку системи координат, повертаються в попереднє діалогове вікно. Натискають одну з кнопок «Выбрать», «Импорт» чи «Новая», щоб встановити просторову прив'язку шейп-файла

Щоб встановити систему координат фрейму даних, його не можна редагувати до моменту подальшої обробки.

1. З меню *View*, вибирають команду *Data Frame Properties*.
2. Вибирають вкладку (*tab*) "*Coordinate Systems*".
3. Вибирають систему координат з доступного списку. Для того, щоб зробити систему координат таку ж, як і у існуючого шару на карті, відкривають теку Шарів і вибирають систему координат шару, на якій передбачається запланувати фрейм даних. (Елементи управління в цій вкладці (тобто в цій *tab*) будуть виведені з ладу, якщо в теперішньому часі здійснюється сеанс редагування).

Тому занадто простіше виконати ці операції при створенні шейп-файлу.

Клацають на стрілці вниз в рядку «*Тип об'єкта*» і вибирають його. Задля наших досліджень (розташування контрольних точок на місцевості, в кожній з котрих проведені виміри спектрів шуму) потребується обрати тип об'єкту «*Point*» (інші для нас непристосовані). Щоб шейп-файл адекватно відбивав розташування точок виміру на місцевості, тобто наприклад, здійснювати автоматичну GPS- прив'язку в просторі, потребується визначити його систему координат.

3.8.4. Подальше налаштування шейп-файлу

Ми ж повертаємось до процедури визначення атрибутів шейп-файлу. Слід визначити його поля для запису атрибутивної інформації (Рис. 3.29).

Це робиться саме так. Клацають правою кнопкою миші на шейп-файлі в дереві Каталогу ArcCatalog і вибирають пункт «*Свойства*». У діалоговому вікні, що відкрилося: «*Свойства*», - можна додати поле ідентифікатора для шейп-файла. Відкривають закладку «*Поля*». Клацають на наступному порожньому рядку в стовпці «*Імя поля*» і вводять ім'я поля ідентифікатора. Клацають в стовпці «*Тип даних*» поряд з ім'ям нового поля і встановлюють його тип даних. Клацають на списку «*Свойства поля*» і вводять для нього потрібні властивості. Повторюють вищезгадані кроки, поки усі поля шейп-файла не будуть визначені належним чином.

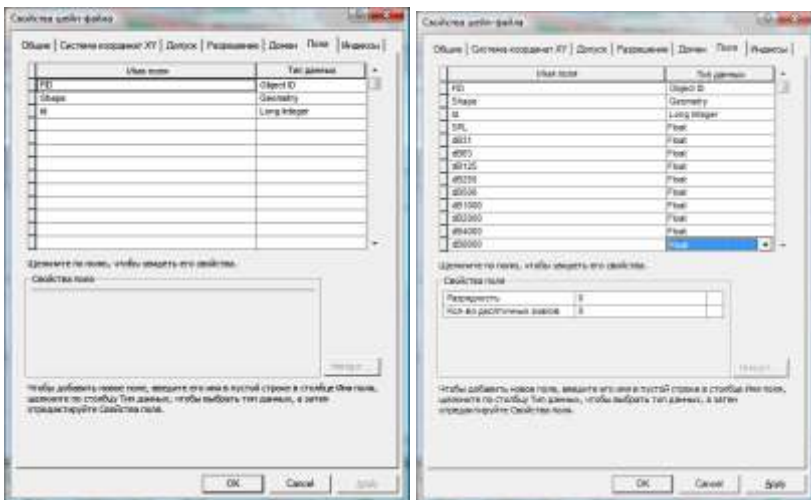


Рис. 3.29 – «Свойства шейп-файла»: до і після примусового визначення необхідних полів для запису спектрів шуму

Поля FID, і ID відповідають за нумерацію точок - (до речі, вона подвійна). Навіщо потрібна подвійна нумерація? Напевно, в шейп-файлі досить мати всього одне поле FID з ідентифікатором серії цих вимірів саме в цій точці. Тому про поле ID – див. вище: (його можна видалити, а можна й не видаляти). Поле Share визначає тип об'єкту (тобто означає, що це саме точка вимірів). Інші створені самостійно автором для своїх акустичних цілей.

Кількість можливих створюваних полів (тобто вертикальних колонок), ймовірно, все ж звичайно (точного значення автор не знайшов навіть в документації до програми), проте воно, ймовірно, величезне і явно перевищує усі мислимі потреби. Експериментатор сам створює потрібні йому поля. Для наших, акустичних цілей, очевидно, потрібно було створити щонайменше 10 полів (Рис. 3.29). Поле *SPL* (ще раз обумовлюємо - **назви полів встановлює сам експериментатор**) в нашій таблиці атрибутів призначене для занесення значень рівнів звуку, дБА; поля *dB31*, *dB63*, *dB125*, *dB250*, *dB500*, *dB1000*, *dB2000*, *dB4000*, *dB8000* – для занесення рівнів звукового тиску, дБ в октавних смугах частот з середньогеометричними частотами відповідно 31,5; 63; 125; 250 і 500 Гц; 1; 2; 4 і 8 кГц.

Якщо повернемося на самий початок монографії, де освітлені вимоги нормативних документів, то побачимо, що саме такі параметри стандартизовані в якості нормативних характеристик шуму.

Отримані атрибутивні дані у вигляді спектрів шуму (набір яких наданий, наприклад, на рис. 3.17) заносяться у відповідні поля шейп-файлу. На рис. 3.30 показаний один такий вимірний спектр та відповідність його даних до еквівалентних полів створеного шейп-файлу.

Сукупність таких точок на топографічній підоснові надана на рис 3.31.

На рис. 3.18.б представлені атрибути (вимірні спектри шуму) тільки для однієї точки. На рис. 3.32 значення усіх атрибутів (усі вимірні спектри шуму для усіх точок, показані вище) об'єднані в одну загальну єдину таблицю.

Приділимо більше уваги заповненій таблиці атрибутів шейп-файлу, зовнішній вигляд якої представлений на рис. 3.32.

Кожній точці виміру відповідає один рядок у такій таблиці атрибутів.

Поле FID відповідає за нумерацію точок. Поле Shape* визначає тип об'єкта (тобто означає, що це саме точка вимірів). Інші створені самостійно автором для своїх акустичних цілей. Перші два значення (у перших двох стовпчиках) у верхній строчці (тобто, наприклад, FID = 1, та Shape* = Точка) розшифровується не інакше, як «перша контрольна точка», а інші – спектр шуму в цій точці. Тобто це є дані з рис. 3.18.б та рис. 3.32. Поле Id, як говорилося вище, потребувалося для ArcPAD, і зараз його можна видалити. Поле SPL містить інформацію про рівень звуку, дБА в кожній контрольній точці; поля "dB31"... "dB8000" – інформацію про рівні звукового тиску у відповідних полосах частот із середньо геометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Усім зрозуміло, що шум в нічний час в одній і тій точці украй сильно відрізняється від шуму в денний час. Якщо є в тому необхідність, можна створити не 10, а 20 полів (позначивши їх, наприклад, "dB31". "dB8000" і просто "31". "8000". Одні відносяться до денних вимірів, а інші - до нічних. Можна зробити будь-яку кількість полів.



Атрибуты

New_Shapefile

0

| Свойство | Значение |
|----------|----------|
| FID | 0 |
| Id | 0 |
| SPL | 58,5 |
| dB31 | 25 |
| dB63 | 38 |
| dB125 | 42 |
| dB250 | 45 |
| dB500 | 53 |
| dB1000 | 52 |
| dB2000 | 51 |
| dB4000 | 43 |
| dB8000 | 39 |

1 объектов

Рис. 3.32 – Спектр шуму, узятий із шумоміру; і його запис в шейп-файлі

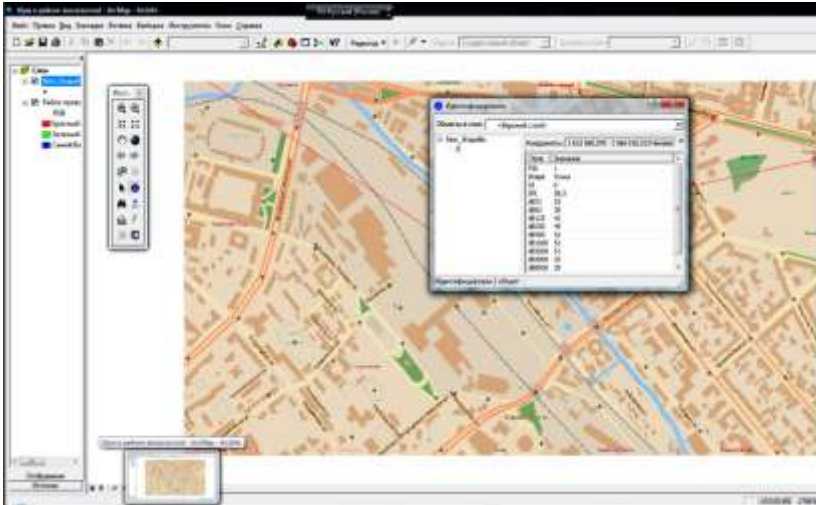


Рис. 3.32 – Ськріншот проекту в ArcMap. Те ж, що рис. 3.24, але із розташуванням контрольних точок. За допомогою команди «Ідентифіцировать» обрана точка Id=0 з рис. 3.32

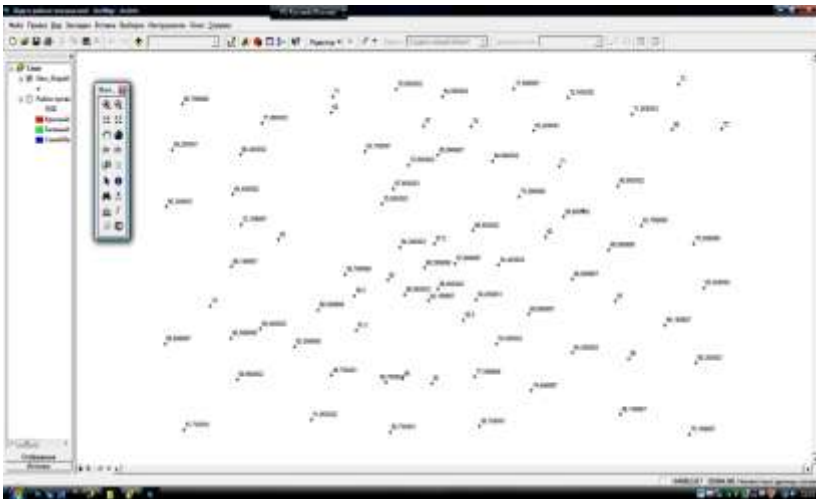


Рис. 3.33 – Ськріншот проекту в ArcMap. Те ж, що рис. 3.32, але зображення карти місцевості відключене, а до кожного місця розташування точок виміру надане відповідне йому значення рівнів звуку

| FID | Shape * | Id | SPL | dB11 | dB3 | dB125 | dB250 | dB500 | dB1000 | dB2000 | dB4000 | dB8000 |
|-----|---------|----|-----------|------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | Точка | 0 | 71.800003 | 30 | 50 | 53 | 56 | 60 | 65 | 69 | 74 | 78 |
| 1 | Точка | 0 | 58.5 | 25 | 38 | 42 | 45 | 53 | 52 | 51 | 43 | 39 |
| 2 | Точка | 0 | 70.800003 | 31 | 45 | 46 | 63 | 65 | 66 | 64 | 54 | 53 |
| 3 | Точка | 0 | 77.509998 | 41 | 57 | 59 | 65 | 70 | 84 | 57 | 46 | 48 |
| 4 | Точка | 0 | 64.199997 | 24 | 32 | 41 | 43 | 46 | 50 | 53 | 45 | 47 |
| 5 | Точка | 0 | 68.599998 | 20 | 34 | 43 | 50 | 59 | 65 | 61 | 58 | 56 |
| 6 | Точка | 0 | 64.300003 | 13 | 24 | 32 | 43 | 50 | 53 | 52 | 42 | 45 |
| 7 | Точка | 0 | 69.599998 | 24 | 42 | 50 | 52 | 58 | 60 | 63 | 50 | 43 |
| 8 | Точка | 0 | 68.800002 | 30 | 43 | 45 | 50 | 59 | 62 | 59 | 47 | 57 |
| 9 | Точка | 0 | 67.5 | 30 | 41 | 43 | 50 | 54 | 62 | 56 | 43 | 42 |
| 10 | Точка | 0 | 70.199997 | 32 | 39 | 42 | 56 | 58 | 64 | 57 | 56 | 56 |
| 11 | Точка | 0 | 67.899997 | 24 | 43 | 53 | 54 | 60 | 64 | 57 | 53 | 53 |
| 12 | Точка | 0 | 58.200001 | 14 | 34 | 49 | 51 | 49 | 51 | 50 | 46 | 57 |
| 13 | Точка | 0 | 70.400002 | 25 | 42 | 58 | 52 | 58 | 59 | 58 | 50 | 49 |
| 14 | Точка | 0 | 74.899997 | 20 | 25 | 41 | 49 | 53 | 59 | 53 | 52 | 54 |
| 15 | Точка | 0 | 61.5 | 10 | 27 | 38 | 47 | 58 | 57 | 56 | 55 | 57 |
| 16 | Точка | 0 | 49.700001 | 9 | 29 | 42 | 44 | 43 | 45 | 43 | 41 | 43 |
| 17 | Точка | 0 | 68.900002 | 23 | 34 | 35 | 40 | 41 | 45 | 43 | 38 | 39 |
| 18 | Точка | 0 | 56 | 9 | 19 | 30 | 37 | 40 | 47 | 46 | 39 | 38 |
| 19 | Точка | 0 | 59.700001 | 10 | 30 | 35 | 37 | 43 | 49 | 43 | 40 | 41 |
| 20 | Точка | 0 | 58 | 8 | 19 | 23 | 35 | 40 | 45 | 41 | 43 | 41 |
| 21 | Точка | 0 | 75.099998 | 18 | 31 | 37 | 43 | 46 | 50 | 59 | 56 | 65 |
| 22 | Точка | 0 | 54.400002 | 20 | 30 | 36 | 39 | 45 | 50 | 49 | 38 | 40 |
| 23 | Точка | 0 | 51.900002 | 16 | 29 | 37 | 42 | 43 | 45 | 47 | 37 | 38 |
| 24 | Точка | 0 | 63.700001 | 32 | 41 | 50 | 54 | 57 | 60 | 56 | 54 | 53 |
| 25 | Точка | 0 | 67.000003 | 35 | 47 | 54 | 55 | 54 | 60 | 57 | 54 | 56 |
| 26 | Точка | 0 | 72.900002 | 20 | 40 | 57 | 60 | 67 | 64 | 55 | 50 | 46 |
| 27 | Точка | 0 | 76 | 31 | 43 | 50 | 57 | 59 | 70 | 64 | 58 | 56 |
| 28 | Точка | 0 | 62.700001 | 21 | 32 | 40 | 53 | 54 | 60 | 59 | 57 | 55 |
| 29 | Точка | 0 | 71.800003 | 30 | 30 | 44 | 58 | 69 | 72 | 60 | 53 | 52 |
| 30 | Точка | 0 | 68.899997 | 26 | 39 | 40 | 58 | 59 | 64 | 62 | 54 | 55 |
| 31 | Точка | 0 | 72.199997 | 44 | 46 | 56 | 60 | 63 | 70 | 65 | 58 | 59 |
| 32 | Точка | 0 | 71 | 30 | 43 | 47 | 46 | 58 | 67 | 63 | 56 | 50 |
| 33 | Точка | 0 | 70.900002 | 26 | 41 | 50 | 58 | 59 | 64 | 66 | 57 | 54 |
| 34 | Точка | 0 | 71.899997 | 24 | 37 | 45 | 52 | 57 | 65 | 64 | 51 | 47 |
| 35 | Точка | 0 | 63.200001 | 20 | 38 | 50 | 54 | 53 | 60 | 58 | 49 | 43 |
| 36 | Точка | 0 | 69.099998 | 24 | 34 | 39 | 61 | 63 | 65 | 66 | 50 | 49 |
| 37 | Точка | 0 | 62 | 20 | 35 | 41 | 50 | 58 | 57 | 54 | 53 | 48 |
| 38 | Точка | 0 | 86.800003 | 20 | 27 | 37 | 67 | 80 | 76 | 86 | 76 | 64 |
| 39 | Точка | 0 | 58.5 | 13 | 34 | 40 | 45 | 40 | 57 | 56 | 40 | 36 |
| 40 | Точка | 0 | 63.799999 | 32 | 38 | 45 | 50 | 51 | 59 | 63 | 50 | 54 |
| 41 | Точка | 0 | 71 | 24 | 37 | 41 | 63 | 61 | 63 | 65 | 63 | 57 |

Рис. 3.33 – Усі виміряні спектри шуму - загальна таблиця атрибутів. Якщо уважно придивитись, то тут можна знайти нашу стару знайому: точку з Id=0, яку ми вже бачили на рис.3.18, 3.19, 3.32, 3.32 – її дані йдуть другим рядком під FID=1

3.9. Створення бази геоданих, векторизація растрових зображень

Але карта місцевості, наведена на рис. 3.24, зовсім не застосовна для подальшого використання. Її можна тільки якось задіяти в якості допоміжної підкладки на ранніх етапах проекту. Растри використовуються тільки для подання безперервних шарів. Потребується приведення проекту до такого вигляду, що підля-

гає обробці, тобто векторизація.

Векторні просторові об'єкти (географічні об'єкти з векторною геометрією) досить універсальні. Вони часто використовуються для відображення географічної інформації, добре підходять для представлення об'єктів з чітко вираженими межами, таких як бурові свердловини, вулиці, річки, одиниці адміністративного ділення і земельні ділянки. Просторовий об'єкт - це будь-який об'єкт з конкретним місцем розташування, що зберігається як одна з його властивостей (полів) в таблиці атрибутів. Зазвичай такі об'єкти представляються в географічному просторі точками, лініями, полігонами, або у вигляді анотацій і організовані як класи об'єктів. Класи просторових об'єктів є колекціями об'єктів одного типу із загальним просторовим представленням і набором атрибутів (наприклад, клас лінійних об'єктів для автодоріг).

На початок створюємо базу геоданих (файлову чи персональну), розташовуючи її в тій же самій теці.

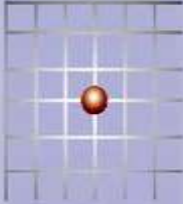
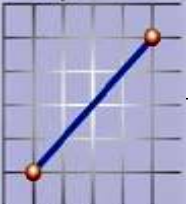


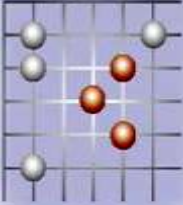

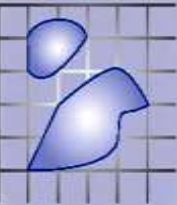

| Точки | Лінії | Полігони | Анотація |
|---|--|---|---|
| <p data-bbox="165 826 244 858">Точка</p>  | <p data-bbox="359 826 546 858">Проста лінія</p>  | <p data-bbox="568 826 717 858">Простий полігон</p>  |  |
| <p data-bbox="165 1086 269 1150">Мульти-точка</p> | <p data-bbox="359 1086 505 1150">Складена лінія</p> | <p data-bbox="568 1086 729 1150">Складений полігон</p> | <p data-bbox="768 1086 919 1150">3D Мульти-патч</p> |
|  |  |  |  |

Рис. 3.34 – Варіанти представлення векторних об'єктів



Рис. 3.35 – Створення бази геоданих - моделі зберігання геометричних примітивів

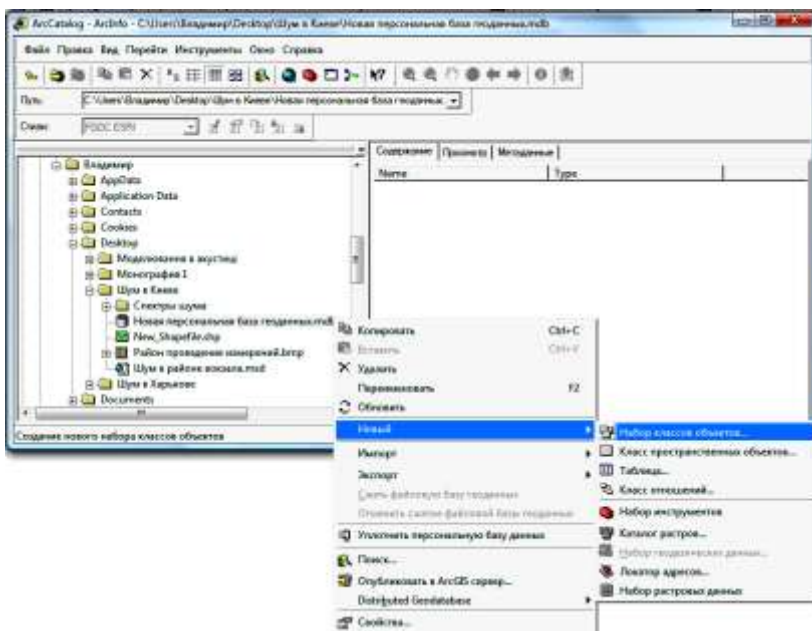


Рис. 3.36 – Створення нового окремого набору класів об'єктів для зберігання даних усередині бази геоданих

База геоданих - скорочення від географічної бази даних - це базова модель географічної інформації для організації даних ГІС у тематичні шари й просторові подання. Вона містить набори прикладної логіки й інструментів для звертання до ГІС-даних і керування ними. База геоданих є фізичним сховищем даних для ГІС і СУБД, і створена як відкрита модель зберігання елементарної геометрії (геометричних примітивів).

Бази геоданих працюють із багатьма платформами СУБД, можуть бути різного розміру й обслуговувати різну кількість користувачів. По своїй архітектурі існує два типи бази геоданих: вони можуть бути персональними або мати багато користувачів. Персональні бази геоданих оптимальні для роботи з невеликими наборами даних окремих ГІС-проектів і нечисленних робочих груп. Звичайно користувачі застосовують кілька персональних баз геоданих для збору своїх даних й одночасно використовують їх при роботі з ГІС. Наприклад, для кожного з наших окремих проектів (див. наступний розділ) ми створювали свою окрему персональну базу геоданих. Персональні бази геоданих підтримують тільки одноко-ристувальницьке редагування.

В нашому випадку ми обираємо назву створеного нами набору *«Векторные элементы карты шума»*. Справа в тому, що дані безпосередніх вимірів (тобто спектри шуму) можуть зберігатися не тільки в шейп-файлі, - а, скажемо в цій же базі геоданих. Можна створити окремий відповідний набір класів об'єктів замість шейп-файлу тощо. Можна імпортувати дані шейп-файла всередину бази геоданих, та робити з ними інші маніпуляції.

1. Треба клацнути правою кнопкою миші на базі геоданих в дереві ArcCatalog, де потребується створити новий клас об'єктів; маршрутів, обрати *«Новый»* і натиснути *«Класс пространственных объектов»*.
2. Вводять ім'я нового класу. Задають також псевдонім для цього класу об'єктів.
3. Обирають опцію *«Тип объектов, которые будут храниться в классе пространственных объектов»*.
4. Натискають *«Next»*
5. Додавляють нові поля, якщо це необхідно, та жмуть на *«Готово»*.

Після цього можна приступати до роботи із ArcMap.

Потім приступають безпосередньо до роботи із ArcMap.

Обробка геофізичної інформації (створення карти досліджуваного району у векторному виді – рис. 3.36) уже закінчене. Додаємо значення вимірних рівнів.

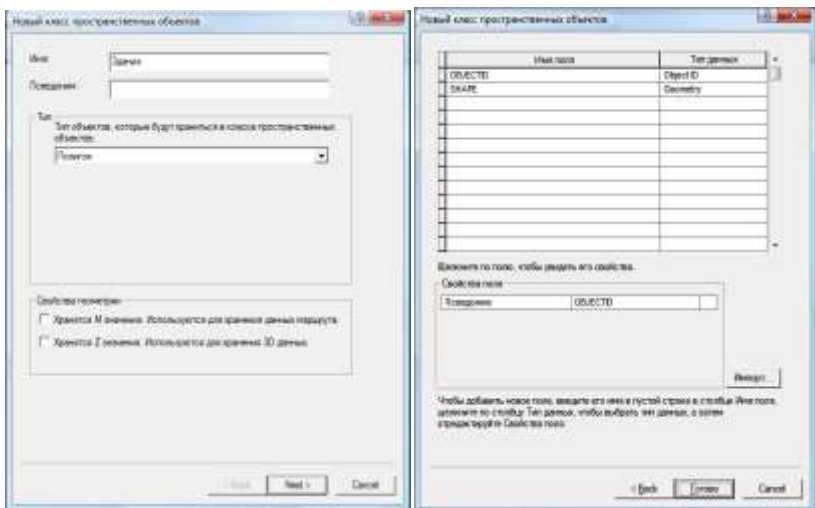
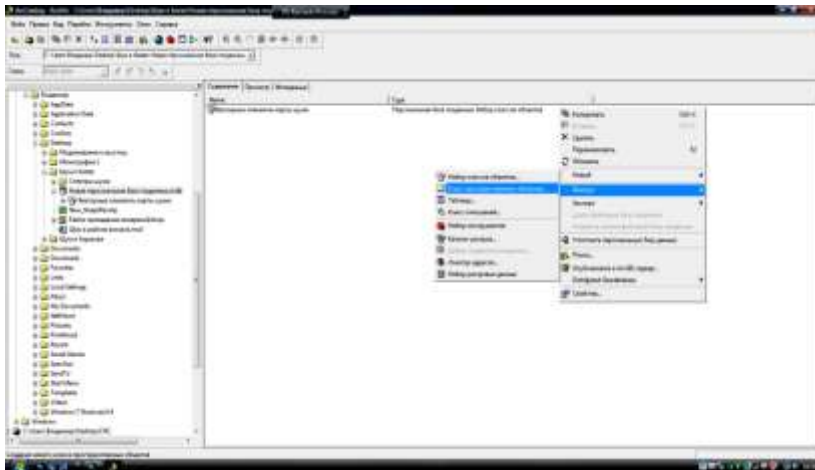


Рис. 3.37 – В середині створеного набору класів об'єктів для зберігання даних векторизації створюємо нові класи просторових об'єктів

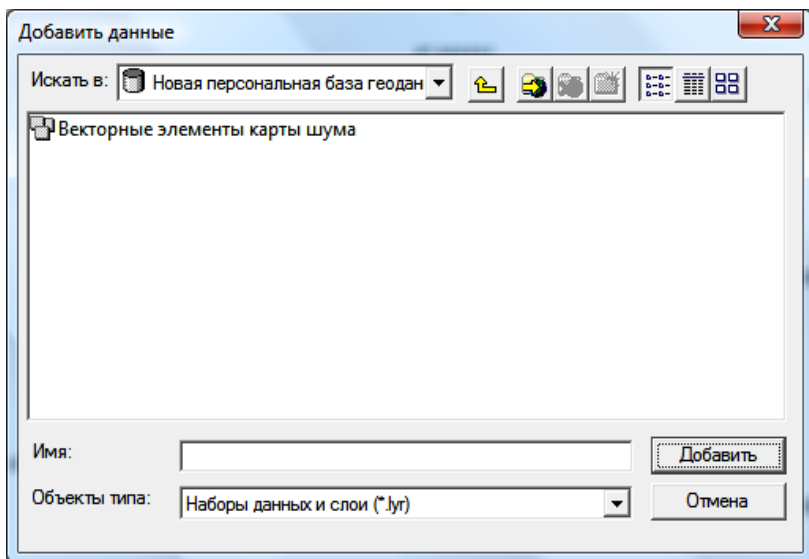
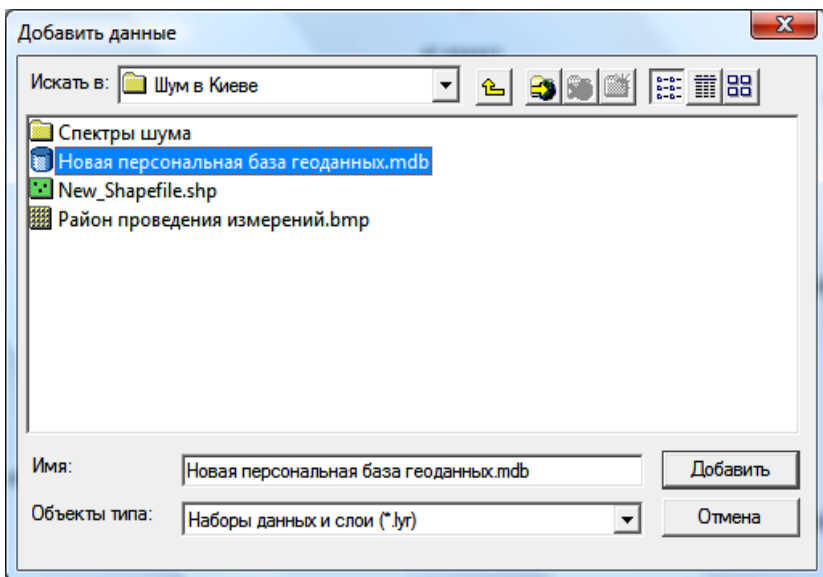


Рис. 3.38 – Поперед усе, необхідно додати об'єкти бази геоданих в проект



Рис. 3.39 – Те ж саме, що рис. 3.24, але вже тільки після векторизації. Непотрібні елементи вилучені. Тобто схема 3.39 вже є вихідною для усіх подальших маніпуляцій



Рис. 3.40 - Тепер на векторній карті (рис. 3.41) у вигляді окремого шару накладені дані про розташування точок вимірів й обмірювані рівні звукового тиску в них (зіставте з рис. 3.32)



Рис. 3.41 – Повний набір вихідних даних для побудови карти шуму

3.10. Відбиття нормативних значень на майбутній карті шуму

В якості нормативних значень обираємо дані таблиці 1 СНиП П-12-77 [10] (раніше наведеній в цій книзі у вигляді таблиці 1.1, Поз. 5).

Таблиця 1.1 в повторі (фрагмент)

| | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 5. Території, безпосередньо прилегли до житлових будинків (у 2 м від конструкцій, що огорожують), майданчики відпочинку мікрорайонів і груп житлових будинків, майданчики дитячих дошкільних установ, ділянки шкіл | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

Ці дані повинні бути скориговані за табл. 2 СНиП П-12-77 [10] (тобто згідно табл. 1.2 цієї книги).

Таблиця 1.2 в повторі (фрагмент)

| | | |
|----------------------------|--|-----|
| Місце розташування об'єкту | Житлова забудова, що розташована у існуючій забудові (що склалася) | +5 |
| Час доби | День –с 7 до 23 годин | +10 |

В результаті отримуємо значення, розраховані із врахуванням конкретних умов району вимірів.

Таблиця 3.1 - Нормативні значення рівнів звуку й звукового тиску

| Приміщення і території | Рівні звукового тиску L (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{\text{екв}}$) у дБ в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами в Гц | | | | | | | | Рівні звуку L_A й еквівалентні рівні $L_{\text{екв}}$ в дБА |
|--|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Нормативні значення для даного випадку | 82 | 72 | 64 | 59 | 55 | 52 | 50 | 48 | 60 |

Як вже відзначалося, карта шуму - це фрагмент генерального плану території, що є топографічною підосною з нанесеними на неї зонами акустичного комфорту і акустичного дискомфорту. Графічне відображення точок з однаковими акустичними характеристиками, сполучених між собою ізолініями рівного рівня, дозволяє відобразити зашумовані зони на території (рис. 3.42).

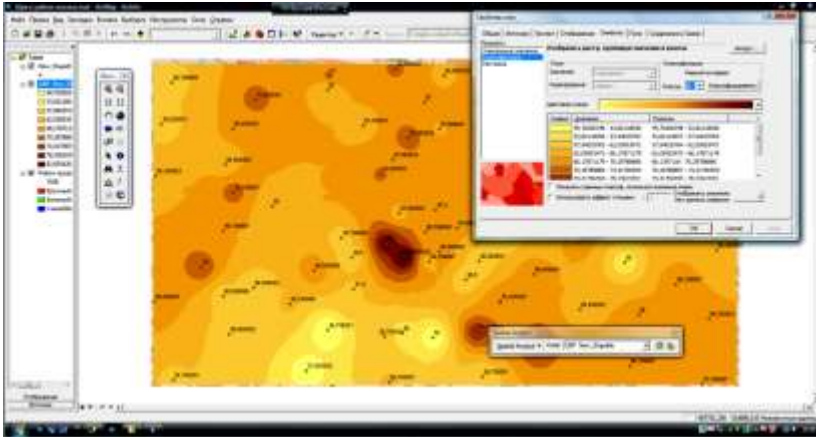


Рис. 3.42 – Карту шуму нами побудовано, але кольорова гамма її відображення нам особисто не дуже сподобалась. За допомогою меню «Свойства слоя» намагаємось змінити кольори візуалізованої карти шуму на інші (див. рис. 3.43 далі)

Графічне представлення карти шуму відіграє важливу роль у сприйнятті інформації. Конкретних вимог до оформлення карт шуму, (за винятком головної вимоги сполучати усі точки з однаковим значенням ізолініями), на жаль, не існує. У той же час колірна шкала умовних позначок для карти шуму може ґрунтуватися на типах їх зонування за фактором перебільшення нормативних значень, а розміри точкових значків для позначення контрольних точок на місцевості можуть бути пов'язані з їхніми рівнями звуку.

Нами уперше було запропоновано відображувати ці зони в їх колірному оформленні за "принципом світлофора": зони акустичного комфорту з рівнями, що не перевищують нормативні, виділяються зеленим кольором: (тобто з урахуванням особливостей психологічного сприйняття людини - "зелений колір - нормально, цілком допустимо"; зони граничних значень (значення по нормі чисельно співпадають з вимірними або вчисленими на території значеннями) виділяються жовтим кольором: ("жовтий колір - увага"); зони акустичного дискомфорту з рівнями, що перевищують нормативні, виділяються червоним кольором: ("червоний колір - символ заборони - небезпека, неприпустимо"). Така колірна гамма інтуїтивно найбільш оптимальна для адекватного сприйняття представленої інформації.

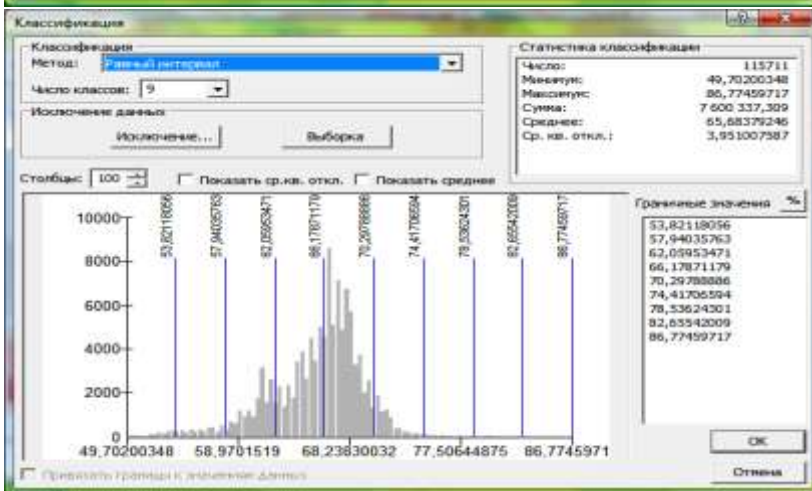
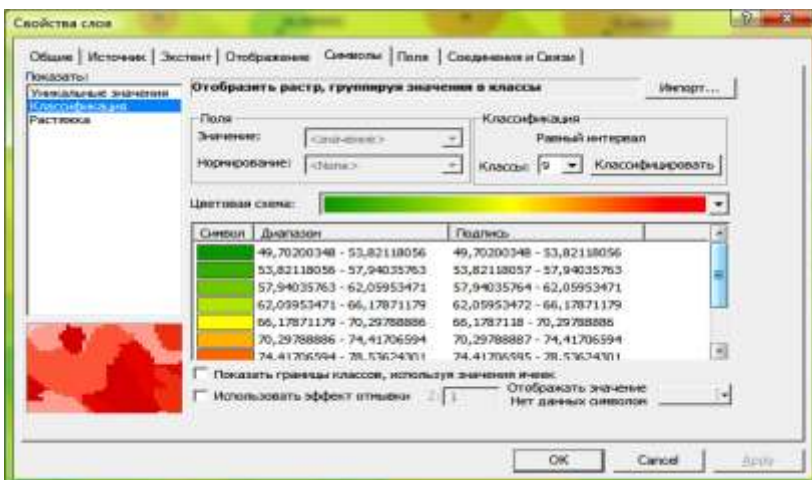


Рис. 3.43 – Налаштування відображення кольорової гамми карти шуму. На нижньому скріншоті надано гістограму розподілення значень вимірних рівнів. Термін «середній рівень звуку на площі оброблюваної ділянки» в офіційних документах, зрозуміло, поки ще не існує, але відповідний параметр ми можемо вирахувати при аналізі карти шуму. Як бачимо, в даному випадку вимірні рівні коливаються від 49,7 дБА до 86,77 дБА, із середнім значенням рівнів 65,68 дБА

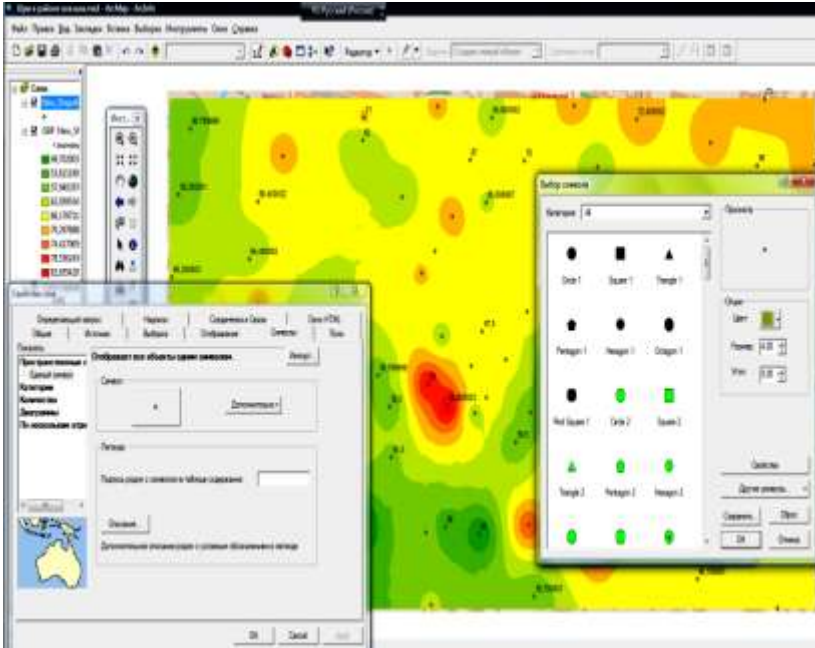


Рис. 3.44 – Можливо змінити не тільки відображення самої карти, але й форму, вигляд, кольори точок виміру на ній

Графічну інтерпретацію таблиці 3.1 надано на рис. 3.45. Тут ми можемо бачити «принцип світлофора» в дії – кожному діапазону значень спектрів надано відповідний колір. Підбір величин діапазонів та їхніх граничних значень виконано з врахуванням конкретних спектрів шуму, наданих в таблиці атрибутів, яка наведена на рис. 3.33.

На рис. 3.46 наведена побудована по вимірним значенням (тобто по даним рис. 3.33) карта шуму досліджуваного району, що характеризує розподіл рівнів звуку, виражених у дБА. На наступних ілюстраціях представлено ще 9 карт шуму, кожна з яких побудована для розподілу шуму в кожній зі стандартизованих октавних смуг частот зі середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; і 8000 Гц. Для зменшення кількості ілюстрацій на всіх ілюстраціях представлений тільки шум у денний час.

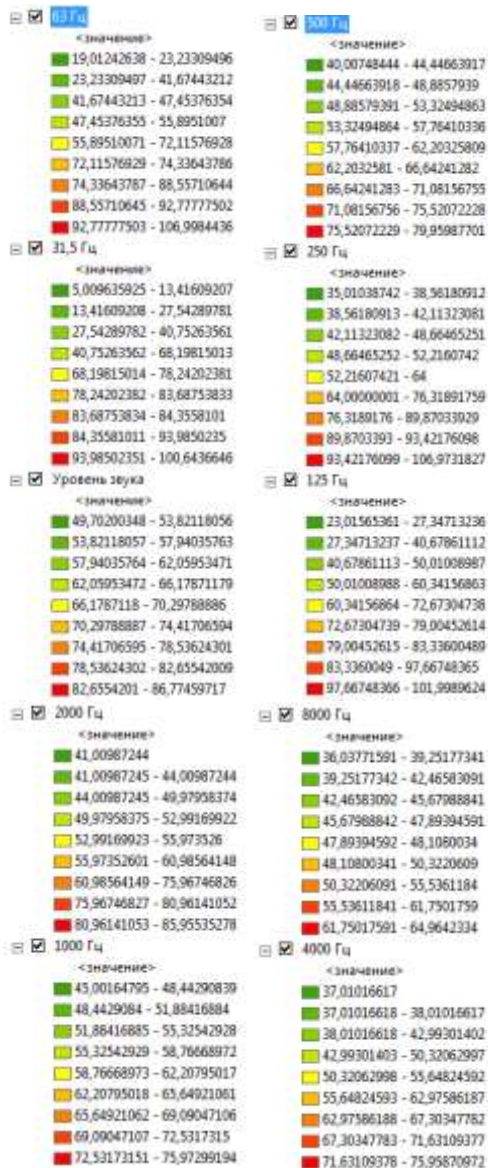


Рис. 3.46 – Умовні позначення до наступних карт шуму



Рис. 3.46 – Карта шуму досліджуваного району (побудовано по показнику: рівень звуку, дБА)



Рис. 3.47 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньогометричною частотою 31,5 Гц)



Рис. 3.48 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 63 Гц)



Рис. 3.49 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 125 Гц)



Рис. 3.50 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 250 Гц)



Рис. 3.51 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 500 Гц)



Рис. 3.52 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 1000 Гц)



Рис. 3.53 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 2000 Гц)



Рис. 3.54 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 4000 Гц)



Рис. 3.55 – Карта шуму того ж району (побудовано по показнику: рівень звукового тиску, дБ в октавній смузі частот зі середньгеометричною частотою 8000 Гц)

ЧАСТИНА 4. ПРАКТИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ІЗ КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ

4.1. Натурні дослідження шумового режиму на території, прилеглий до НТУ «КП»

Для дослідження нами була вибрана ділянка території м. Києва, з півдня і півночі обмежено двома магістралями вул. Борщаговська і проспект Перемоги, а із заходу і сходу відповідно до Політехнічним провулком (тобто західніше розташовується територія НТУ "КПІ") і проспектом Повітрофлотським (рис. 4.1). Вибір досліджуваної ділянки обумовлювався наступними мотивами [87].



*Рис. 4.1 – Досліджувана ділянка на карті м. Києва
(ситуаційний план)*

1) Київ - столиця України; контроль за акустичним комфортом і оптимізацію шумового режиму слід починати з головного міста країни. Але і це - не головне. М. Київ серед усіх населених пунктів нашої країни характеризується найінтенсивнішим рухом автотранспорту, - (і, отже, найвищими рівнями звукового тиску на міській території). Дослідження шумового режиму, виявлення зон акустичного дискомфорту і тому подібне для столиці най-

більш актуальні, ніж для інших населених місць.

2) Досліджувана ділянка, на погляд авторів, найбільш типова для київської міської забудови, будучи з точки функціонального зонування найбільш універсальною для досліджень. Так, в її житловій зоні представлений конгломерат будівель як сучасної, так і старовинної будови з прилеглими об'єктами інфраструктури; у транспортній зоні - магістралі з дуже інтенсивним рухом автомобільного, міського рейкового електричного (трамвай) і залізничного (вантажні і пасажирські потяги) транспорту; окремі елементи комунально-складської зони; а в рекреаційній зоні наявні досить великі зелені простори. Є великий центр вищий навчальний заклад (НТУ "КПІ").



Рис. 4.2 – Візуалізація ВНЗ НТУ КПІ, «Google Earth»

Промислова зона на ділянці практично відсутня.

Таким чином, досліджуючи шумовий режим досліджуваної ділянки, маємо яскраво виражену типологію практично усіх складових міського шуму, за винятком лише водного транспорту, літаків і промислових шумів.

3) Борщаговська, магістраль з високоінтенсивним рухом автотранспорту, має житлову забудову по одній стороні вулиці. По центру вулиці на відособлених захищених шляхах знаходиться лінія міського трамвая. Швидкісний трамвай (вагони слідують один за іншим) вно-

сильно україною вагомий внесок до погіршення шумового режиму. А на іншій стороні вулиці розташовуються вільні від забудови простори - санітарно-захисна зона залізниці (багатоколійна ділянка з україною інтенсивним рухом, що безпосередньо примикає до залізничного вокзалу м. Києва). Там же є пустирі і неширока річка Либідь (що згодом впадає в Дніпро). Важко підшукати несприятливіше поєднання містотворювальних чинників за критерієм створюваного ними шуму.



Рис. 4.3 – Візуалізація вул. Борщаговська, «Google Earth»

4) Проспект Перемоги є типовою великою магістральною вулицею з двосторонньою забудовою, розділовою смугою і високоінтенсивним швидкісним багатосмуговим рухом автотранспорту (причому без трамвая). При нинішніх темпах автомобілізації населення України нинішні куди дрібніші вулиці як в Києві, так і в інших містах, очевидно, у своєму подальшому розвитку тяжитимуть до типу, представленого досліджуваною ділянкою пр. Перемоги.

5) На перетині пр. Перемоги і пр. Повітрофлотського влаштована сучасна транспортна розв'язка типу "конюшиновий лист" з багаторівневим рухом автотранспорту. Дослідження шумового режиму подібного унікального об'єкту, навіть проведене самостійно, у відриві від вивчення шуму в навколишній забудові, може бути україною значущою і вагомою науковою метою.



Рис. 4.4 – Візуалізація вищезгаданої транспортної розв'язки

б) Вул. Борщаговська і пр. Перемоги як дві подовжні композиційні осі забудови, мають між собою поперечні зв'язки - порівняно дрібніші вулички з малоінтенсивним рухом автотранспорту (що є належним зразком типології). На побудованих нами картах шуму видно, що одна з таких вулиць (вул. Ванди Василевської) у своїй серединній частині навіть потрапляє в число зон акустичного комфорту. Це не дивно - суб'єктивно можна додати, що під час проведення вимірів на цій ділянці автор спостерігав всього один автомобіль.



Рис. 4.5 – Візуалізація вищезгаданої території

7) Рельєф місцевості спокійний, проте все ж дає про себе знати спаданням відміток у напрямку до півдня (до русла р. Либідь). Цікаво було вивчити вплив ухилу місцевості на процеси поширення звукових хвиль.

Містобудівна ситуація була узята з карти м. Києва і коригована з урахуванням реальних візуальних спостережень і обмірів на місцевості. Вона послужила підосною карти шуму (див. рис 4.6). На рис. 4.6 також показані розташування контрольних точок на місцевості і виміряні в них нами спектри шуму (авторські дані).

Подальші ілюстрації містять кінцевий результат дослідження у вигляді побудованої нами карти розподілу шуму на зазначеній ділянці.

У даному дослідженні використані нормативні значення параметрів шуму згідно п. 5 таблиці 1 СНиП II-12-77 [10] з ви-
правленнями на місце розташування об'єкта й на час доби. Одержуємо нормативи, зазначені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Нормативні значення рівнів звуку й звукового тиску

| Приміщення й території | Рівні звукового тиску L (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{\text{зв}}$) у дБ в октавних смугах частот зі середньогеометричними частотами, Гц | | | | | | | | Рівні звуку L_A й еквівалентні рівні звуку $L_{\text{дзв}}$ у дБА |
|------------------------|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Нормативні значення | 82 | 72 | 64 | 59 | 55 | 52 | 50 | 48 | 60 |

Висновки по дослідженню даної ділянки території, наведені в [87]:

1. Значна частина досліджуваної ділянки знаходиться в зоні акустичного дискомфорту, що характеризується значним перевищенням рівнів звуку над допустимими значеннями як на прибудинковій території, так і усередині будівель.
2. Існуючі заходи щодо боротьби з шумом не забезпечують належний рівень акустичної безпеки.
3. Досліджувана ділянка вимагає значного втручання в плані активного застосування шумозахисних заходів.



Рис. 4.6 - Картографічна підоснова ділянки нашого дослідження з даними натурних вимірів

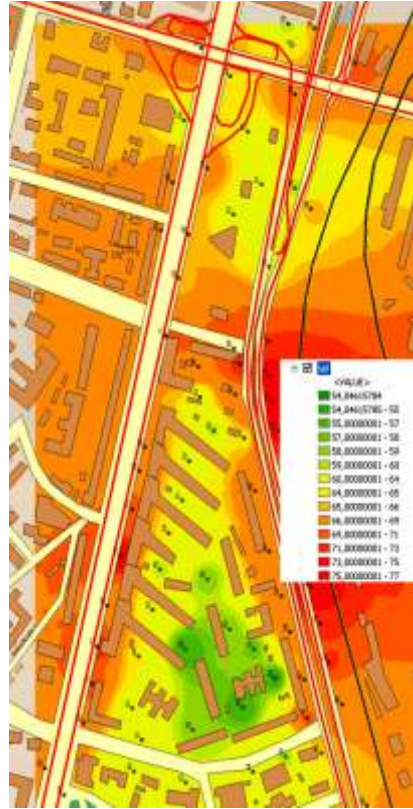


Рис. 4.7 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звуку в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень звуку $L_A = 60$ дБА

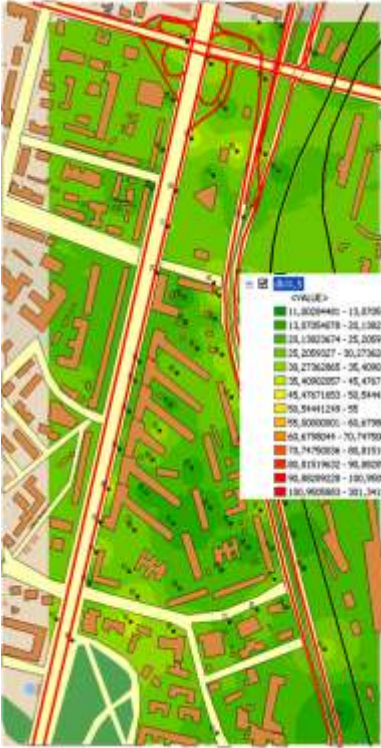


Рис. 4.8 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 31,5 Гц у в контрольних точках, дБ

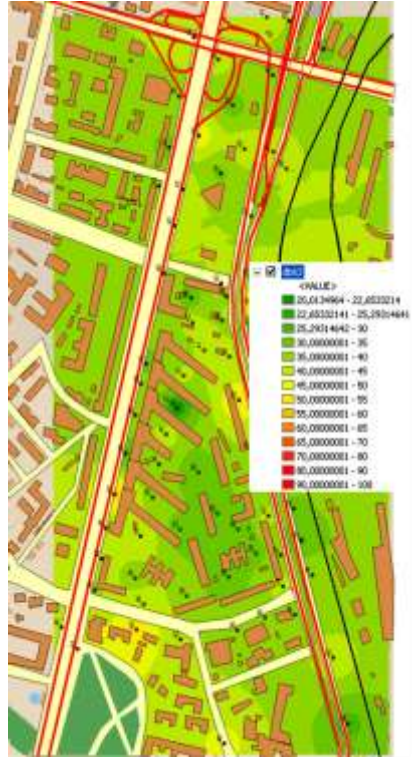


Рис. 4.9 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 63 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску $L_{63} = 82$ дБ

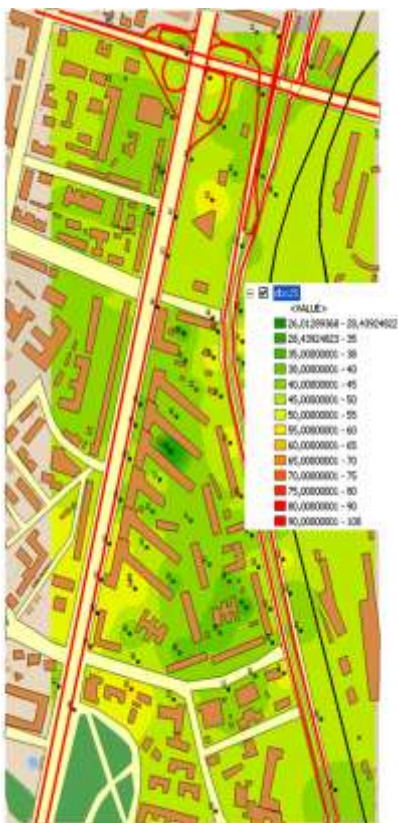


Рис. 4.10 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 125 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень $L_{125} = 72$ дБ

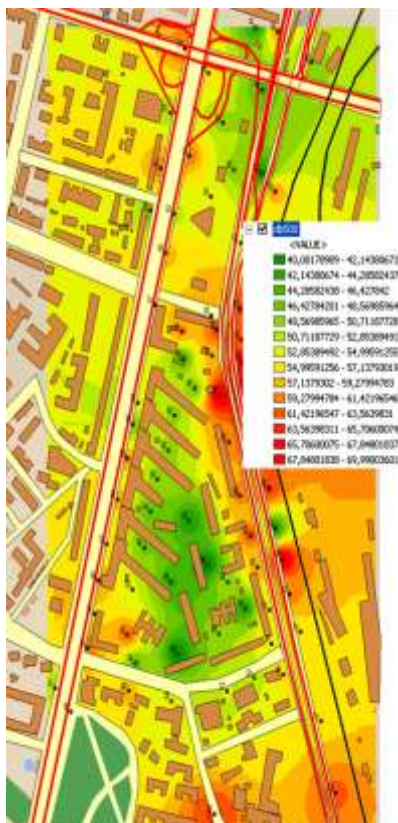


Рис. 4.11 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 500 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень $L_{500} = 59$ дБ



Рис. 4.12 – Карта шуму.
 Побудовано за значеннями
 рівнів звукового тиску у
 октавній смузі із середньгео-
 метричною частотою 1000 Гц
 у в контрольних точках, дБ.
 Нормативний рівень
 $L_{1000} = 55$ дБ

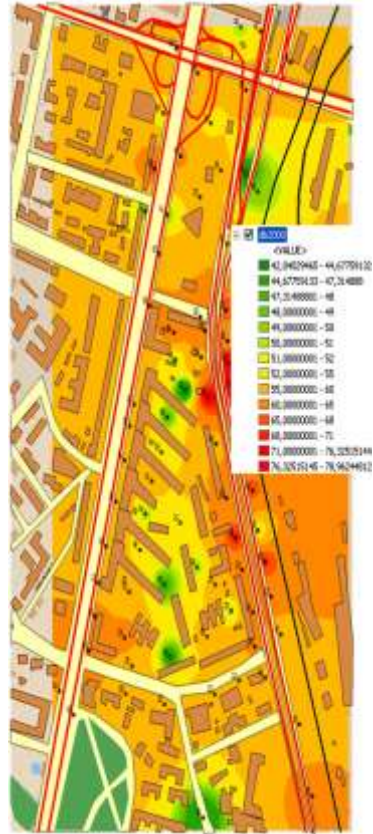


Рис. 4.13 – Карта шуму.
 Побудовано за значеннями
 рівнів звукового тиску у
 октавній смузі із середньгео-
 метричною частотою
 2000 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень
 $L_{2000} = 52$ дБ



Рис. 4.14 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньогогеометричною частотою 4000 Гц у в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень $L_{4000} = 50$ дБ

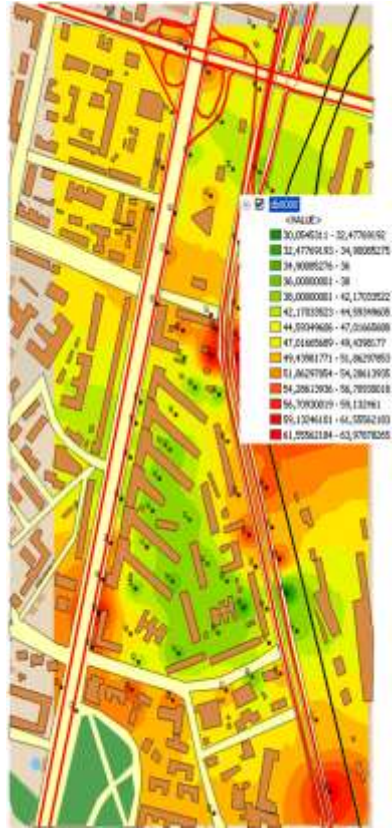


Рис. 4.15 – Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньогогеометричною частотою 8000 Гц у в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень $L_{8000} = 48$ дБ

4.2. Виміри шуму і розподіл шумового забруднення на території Києво-Печерської лаври

Окрім досліджень шумового режиму на вказаних територіях, було виконано також акустичні виміри на іншій території м. Київ, а саме в Києво-Печерській лаврі [88].

Їх результатом є схема із даними вимірів на рис. 4.16.

Далі надані карти шуму, побудовані по даним наших натурним вимірів.



Рис. 4.17 – Тримірна візуалізація, «Google Earth»

Таблиця 4.2 - Нормативні значення рівнів звуку й звукового тиску згідно п. 5 таблиці 1 СНуП II-12-77 [10] з виправленнями на місце розташування об'єкта й на час доби

| Приміщення й території | Рівні звукового тиску L (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{екв}$) у дБ в октавних смугах частот зі середньгеометричними частотами (надалі – f), Гц | | | | | | | | Рівні звуку L_d й еквівалентні рівні звуку $L_{дзкв}$ у дБА |
|------------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Нормативні значення | 63 | 52 | 45 | 39 | 35 | 32 | 30 | 28 | 40 |

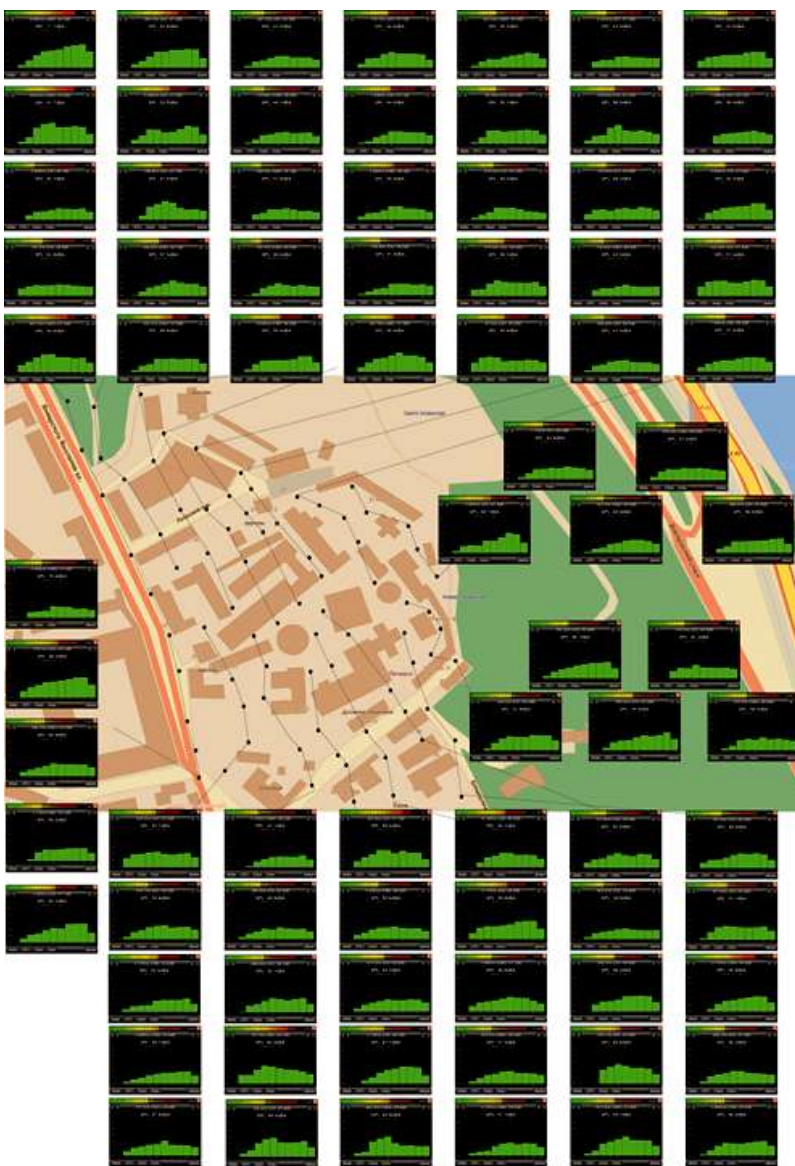


Рис. 4.17 – Вихідні дані: результати проведених нами натурних вимірів на території Києво-Печерської лаври

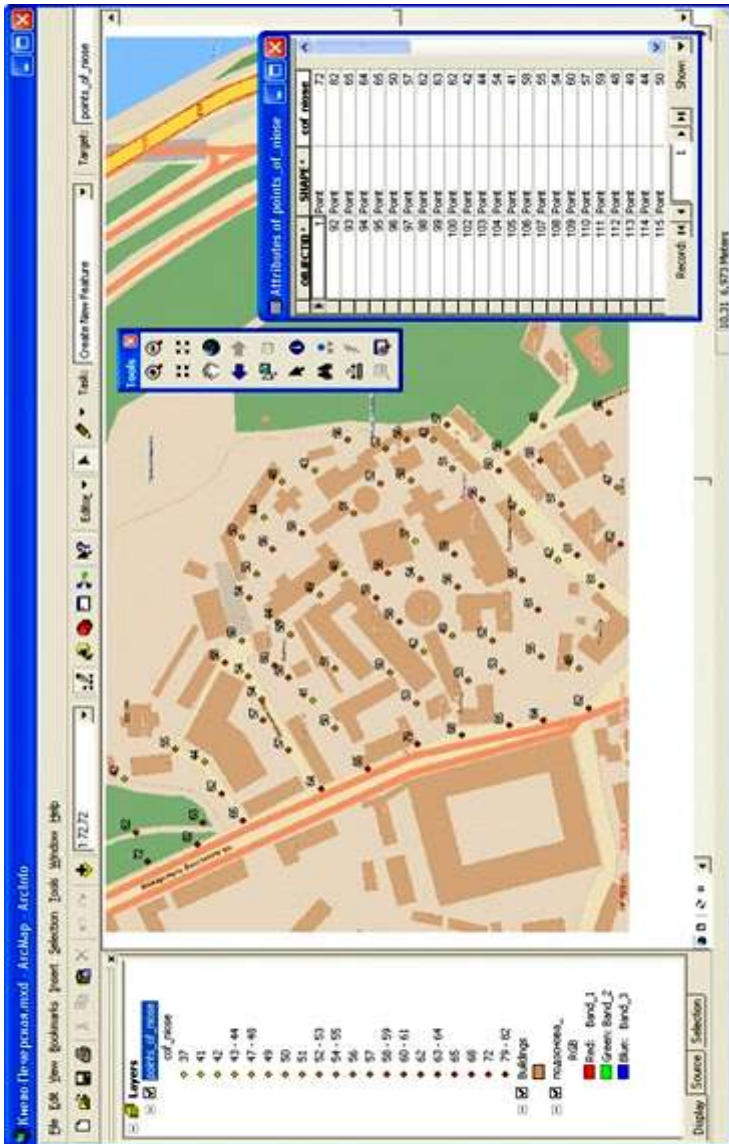


Рис. 4.18 - Проміжна стадія досліджень – підготування до побудови шуканої карти шуму (обробка даних, внесення до розрахункового блоку програми)

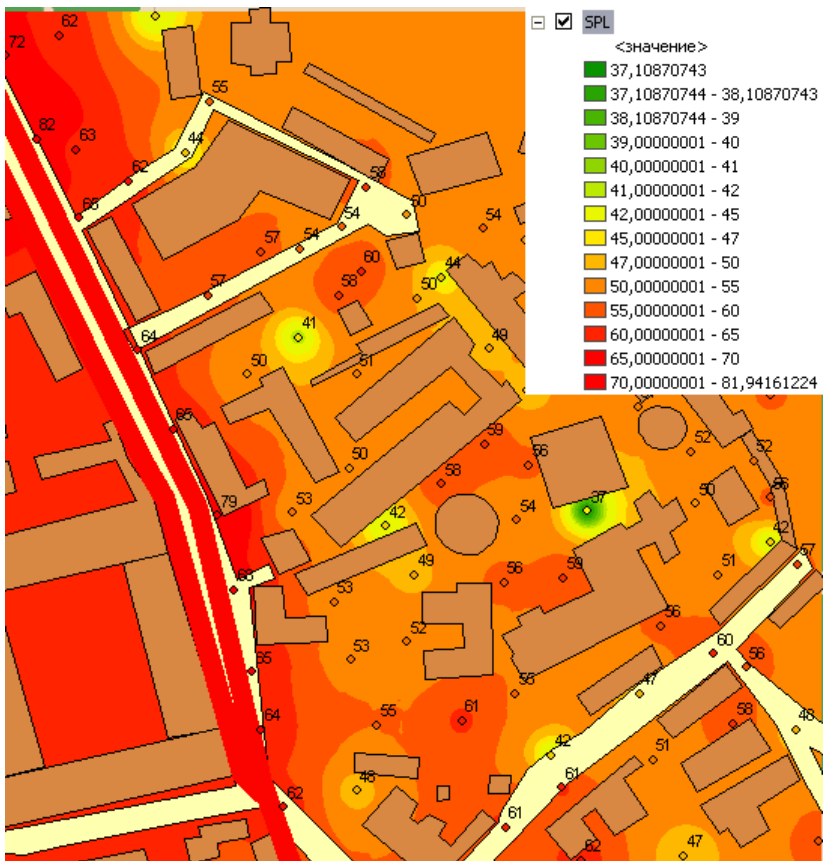


Рис. 4.19 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звуку в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень звуку $L_A = 40$ дБА

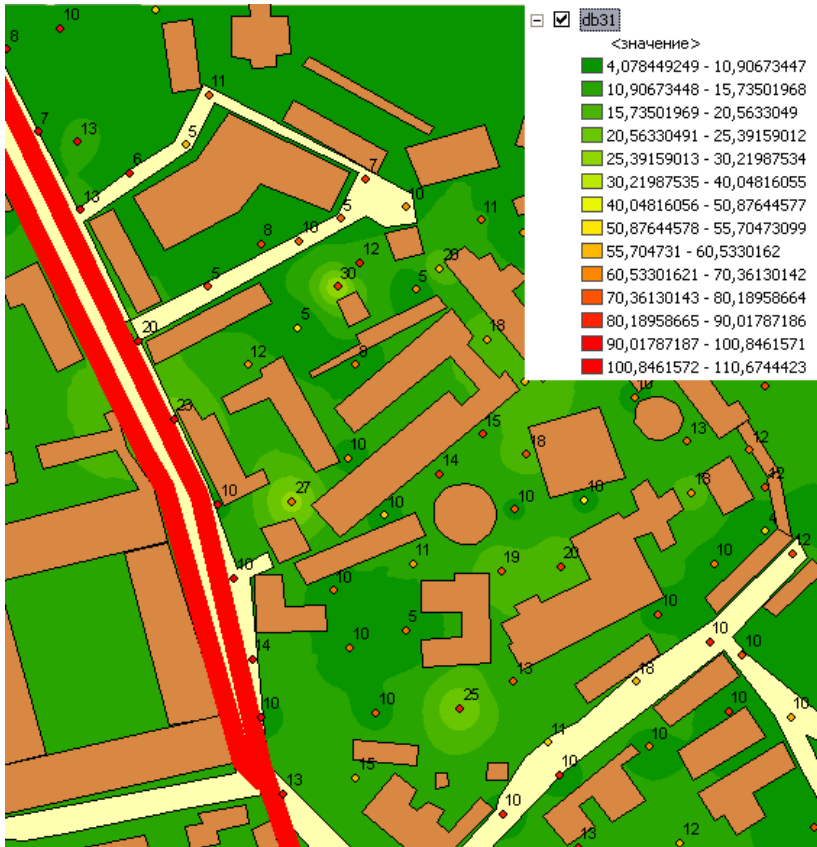


Рис. 4.20 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 31,5 Гц у в контрольних точках, дБ



Рис. 4.21 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньо геометричною частотою 63 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньо геометричною частотою 63 Гц $L_{63} = 63$ дБ



Рис. 4.22 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 125 Гц у контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 125 Гц $L_{125} = 52$ дБ

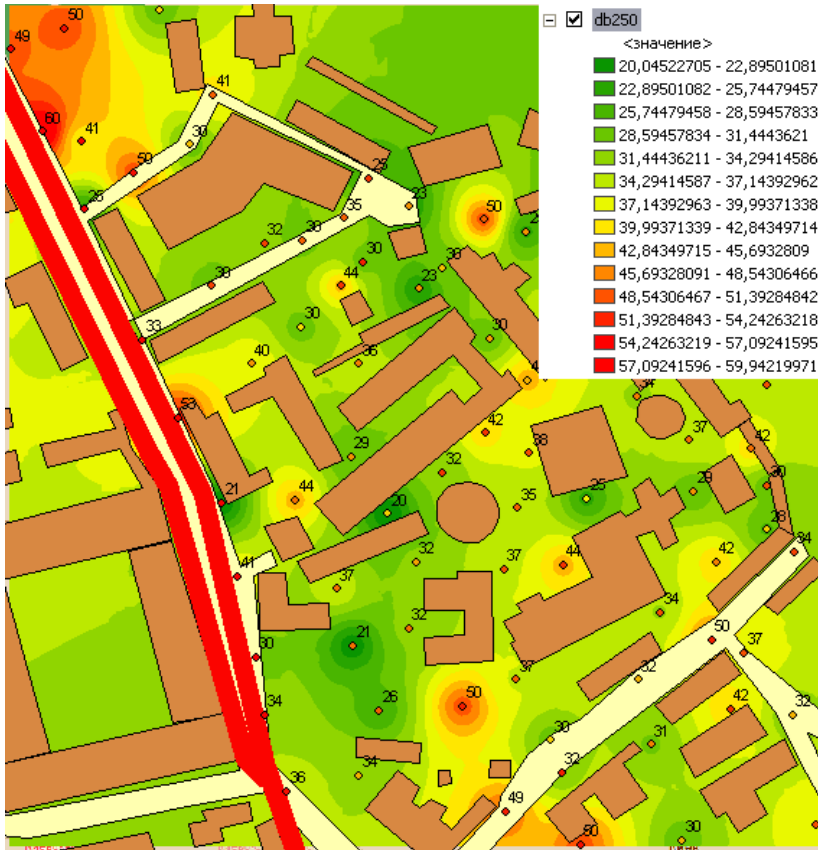


Рис. 4.23 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 250 Гц у в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 250 Гц $L_{250} = 45$ дБ



Рис. 4.24 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 500 Гц в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 500 Гц $L_{500} = 39$ дБ

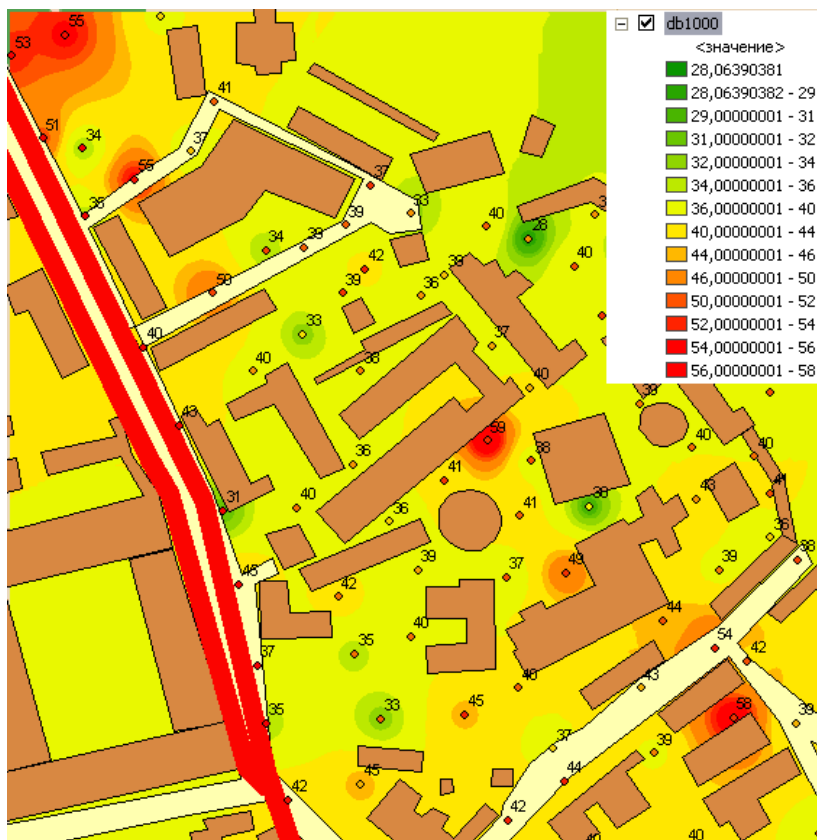


Рис. 4.25 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 1000 Гц у контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 1000 Гц $L_{1000} = 35$ дБ

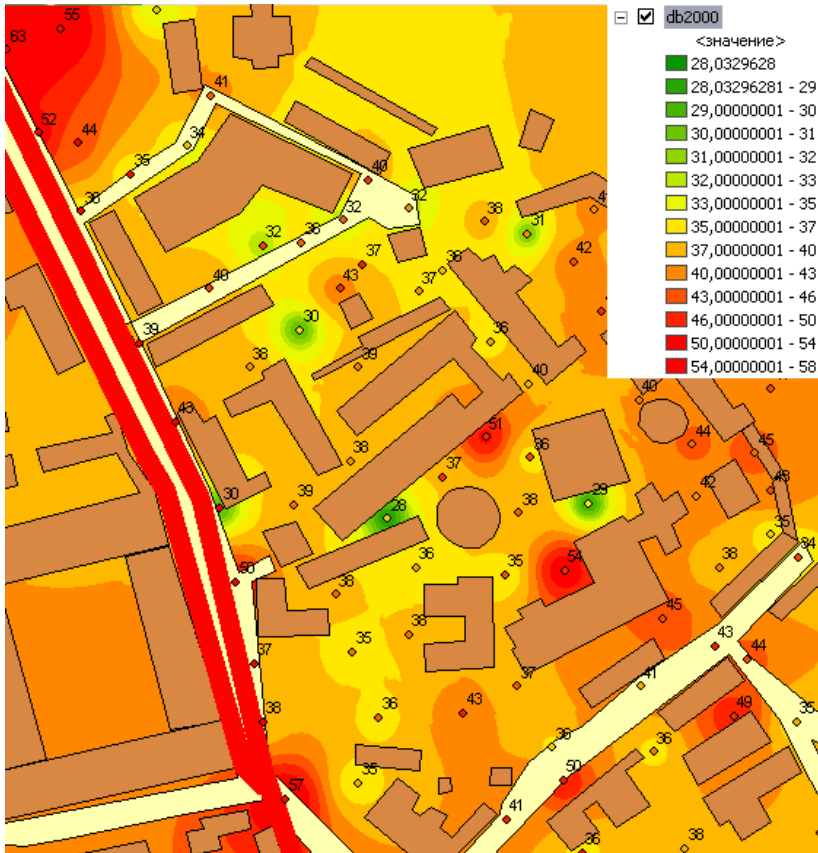


Рис. 4.26 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньогеометричною частотою 2000 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньогеометричною частотою 2000 Гц $L_{2000} = 32$ дБ

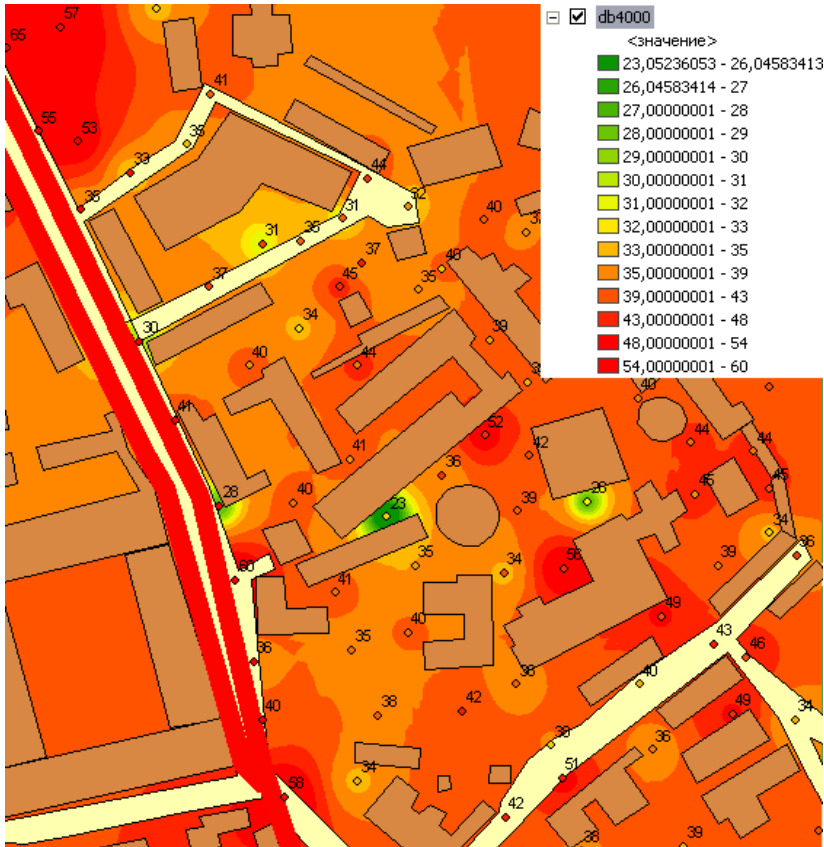


Рис. 4.27 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 4000 Гц в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 4000 Гц $L_{4000} = 30$ дБ

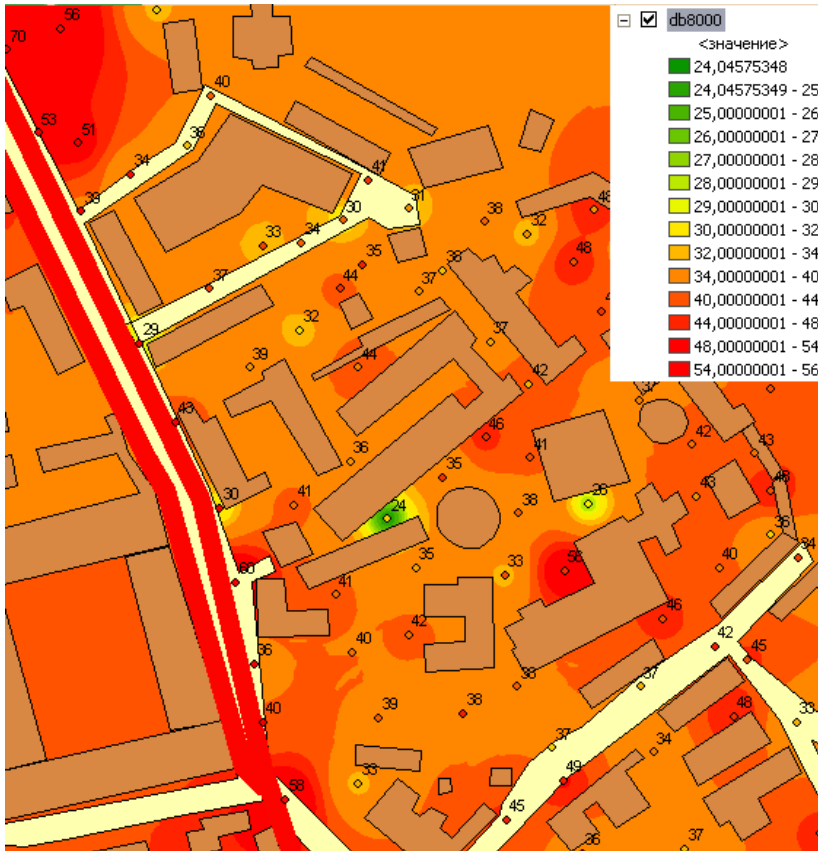


Рис. 4.28 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 8000 Гц в контрольних точках, дБА. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 8000 Гц $L_{8000} = 28$ дБ

4.3. Виміри шуму і розподіл шумового забруднення на сусідній території за межами Києво-Печерської лаври

Район попередніх вимірів показано на рис. 4.29.



Рис. 4.29 – Тримірна візуалізація, «Google Earth»



Рис. 4.29 – Тримірна візуалізація, «Google Earth»



Рис. 4.30 – Пам'ятник Невідомому Солдатові на досліджуваній території

Біля Києво-Печерської лаври на північ від неї існують суміжні території, на яких також було виконано акустичні виміри. Це – вулиця Січневого Повстання, що є композиційною віссю території та йде на північ-захід від Києво-Печерської лаври, що перетинається вулицею Суворова. Парк із Меморіалом жертвам голодомору "Свічка пам'яті", Пам'ятник Вічної Слави на могилі Невідомого солдата, площа Слави як центр композиції; на схід рельєф знижується до русла Дніпра. Цей район показано на рис. 4.31. Нормативні значення рівнів звуку й звукового тиску для даної ділянки повністю адекватні даним Таблиці 4.2.

Далі надані карти шуму, побудовані за даними наших натурних вимірів.

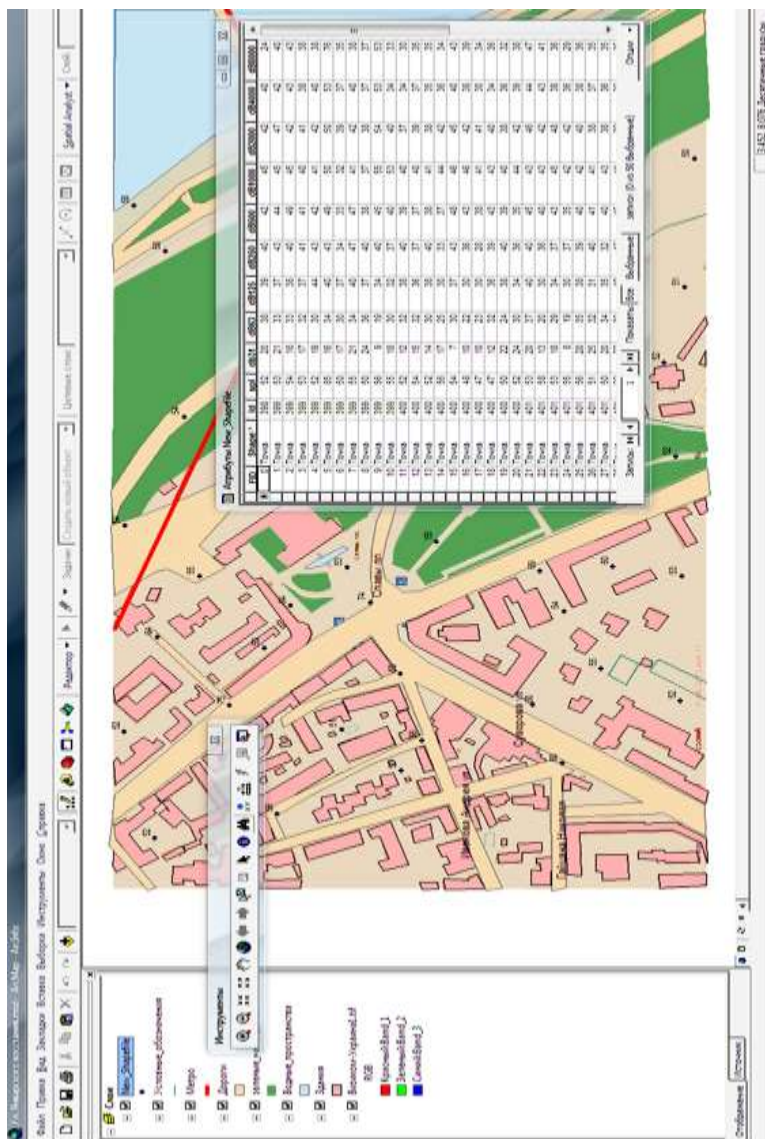


Рис. 4.32 - Проміжна стадія досліджень – підготування до побудови шуканої карти шуму (обробка даних, внесення до розрахункового блоку програми)



*Рис. 4.33 - Карта шуму.
Побудовано за значеннями
рівнів звуку в контрольних
точках, дБА. Нормативний
рівень звуку $L_A = 40$ дБА*



*Рис. 4.34 - Карта шуму.
Побудовано за значеннями рівнів
звукового тиску у октавній смузі
із середньогометричною
частотою 31,5 Гц у в
контрольних точках, дБ*

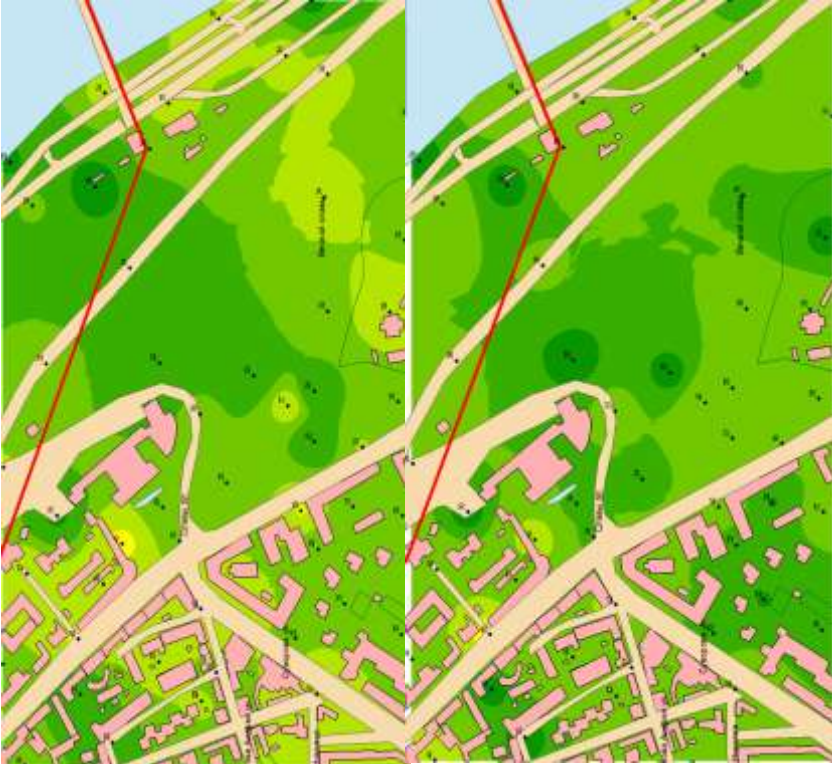


Рис. 4.35 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 63 Гц у в контрольних точках, дБ.

Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 63 Гц $L_{63} = 63$ дБ

Рис. 4.36 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 125 Гц у в контрольних точках, дБ.

Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 125 Гц $L_{125} = 52$ дБ



Рис. 4.37 - Карта шуму.
 Побудовано за значеннями рівнів
 звукового тиску у октавній смузі
 із середньгеометричною час-
 тототою 250 Гц у в контрольних
 точках, дБА. Нормативний
 рівень звукового тиску у
 октавній смузі із середньгео-
 метричною частотою 250 Гц
 $L_{250} = 45$ дБ



Рис. 4.38 - Карта шуму.
 Побудовано за значеннями рівнів
 звукового тиску у октавній смузі
 із середньгеометричною час-
 тототою 500 Гц у в контрольних
 точках, дБ. Нормативний рівень
 звукового тиску у октавній смузі
 із середньгеометричною час-
 тототою 500 Гц $L_{500} = 39$ дБ



Рис. 4.39 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 1000 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 1000 Гц $L_{1000} = 35$ дБ



Рис. 4.40 - Карта шуму. Побудовано за значеннями рівнів звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 2000 Гц у в контрольних точках, дБ. Нормативний рівень звукового тиску у октавній смузі із середньгеометричною частотою 2000 Гц $L_{2000} = 32$ дБ



*Рис. 4.41 - Карта шуму.
Побудовано за значеннями рівнів
звукового тиску у октавній смузі
із середньогометричною час-
тотою 4000 Гц у в контрольних
точках, дБА. Нормативний
рівень звукового тиску у
октавній смузі із середнього-
метричною частотою 4000 Гц
 $L_{4000} = 30$ дБ*



*Рис. 4.42 - Карта шуму.
Побудовано за значеннями
рівнів звукового тиску у
октавній смузі із середнього-
метричною частотою 8000 Гц
у в контрольних точках, дБА.
Нормативний рівень звукового
тиску у октавній смузі із се-
редньогометричною
частотою 8000 Гц $L_{8000} = 28$ дБ*

4.4. Шумовий режим центральної частини м. Київ в районі вулиці Хрещатик

Як територія, що підлягає дослідженню, був обраний густонаселений район у центральній частині м. Києва (вул. Хрещатик та ін.) [89]. Дослідження, винесені в даний підрозділ, докладалися на IV Міжнародний Науково-практичний конференції «Безпека життєдіяльності людини як умова постійного розвитку сучасного суспільства», Міжнародна академія безпеки життєдіяльності, м. Київ, 10.05.2011 [89]

У даному випадку використані нормативні значення параметрів шуму згідно п. 5 таблиці 1 СНиП П-12-77 [10] з виправленнями на місце розташування об'єкта й на час доби. Одержуємо нормативи, зазначені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Нормативні значення рівнів звуку й звукового тиску

| Приміщення й території | Рівні звукового тиску L (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{\text{звк}}$) у дБ в октавних смугах частот зі середньгеометричними частотами (надалі – f), Гц | | | | | | | | Рівні звуку L_A й еквівалентні рівні звуку $L_{A\text{звк}}$ у дБА |
|------------------------|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Нормативні значення | 82 | 72 | 64 | 59 | 55 | 52 | 50 | 48 | 60 |

На рис. 4.44 наведена карта шуму досліджуваного району, що характеризує розподіл рівнів звуку, виражених у дБА. На наступних ілюстраціях представлено ще 9 карт шуму, кожна з яких побудована для розподілу шуму в кожній зі стандартизованих октавних смуг частот зі середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; і 8000 Гц.

Рівні шуму на Хрещатику складають 65-75 децибел, що значно вище за нормативні значення. Зони перевищення шуму вказані на ній помаранчевим і червоним кольором. Червоного кольору на карті шуму цієї ділянки території дуже багато, що свідчить про велику площу зашумованих територій.

Джерелом таких високих рівнів шуму є дуже інтенсивні транспортні потоки. Навіть без спеціальних шумовимірювальних прила-

дів, керуючись тільки суб'єктивними відчуттями, можна помітити, що знаходячись на Хрещатику, іноді навіть неможливо розмовляти по мобільному телефону, оскільки заважає зовнішній вуличний шум. Це ж підтверджує і прилад-шумомір. Таким чином, в даному випадку ми маємо чітко виражену зону акустичного дискомфорту.

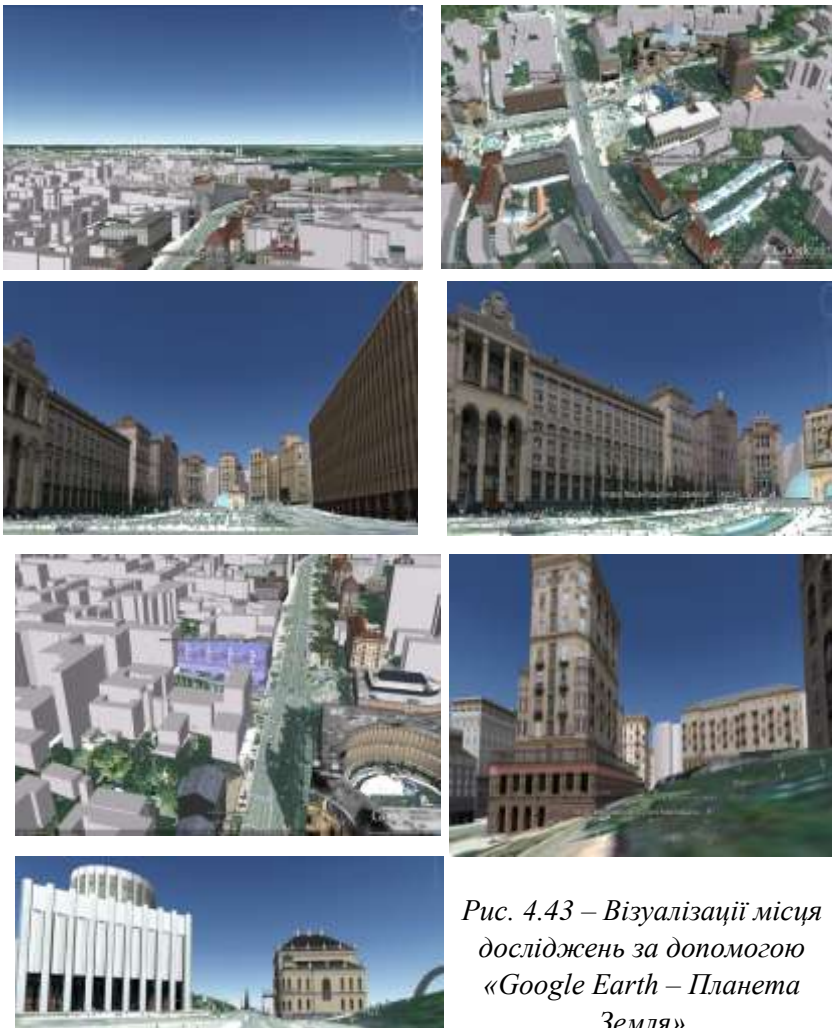


Рис. 4.43 – Візуалізації міста досліджень за допомогою «Google Earth – Планета Земля»



Рис. 4.44 – Карта шуму досліджуваного району: центральна частина м. Київ, вул. Хрещатик та прилеглі території. (побудовано по показнику: рівень звуку L_A , дБА)



Рис. 4.45 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 31,5$ Гц)



Рис. 4.46 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 63$ Гц)



Рис. 4.47 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 125$ Гц)



Рис. 4.48 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 250$ Гц)



Рис. 4.49 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 500$ Гц)



Рис. 4.50 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 1000$ Гц)

Рис. 4.51 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 2000$ Гц)



Рис. 4.52 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 4000$ Гц)



Рис. 4.53 – Карта шуму того ж району (L , дБ в октавній смузі частот $f = 8000$ Гц)

ЧАСТИНА 5. НАВІЩО СТВОРЮВАТИ КАРТИ ШУМУ?

5.1. Методична блок-схема послідовності етапів рішення й розробки шумозахисту від цільового завдання до проектного рішення

Наш час – це час так званих інтегрованих інформаційних технологій (ІТ). Що ж таке ІТ? Це - інформаційна технологія процесу проектування і будівництва, представлена як централізована організаційно-технологічна модель послідовності дій, занурених в інформаційне середовище, що характеризується повнотою, оперативністю, актуальністю, достовірністю інформації, наявністю уніфікованих методів, алгоритмів і інструментів її переробки, зберігання, передачі і використання на основі єдиних банків даних.

Інтегрована інформаційна технологія охоплює не лише процес створення проектної документації, але і увесь життєвий цикл проекту з позицій проектувальника. Вона включає усі етапи проекту. Окремі позиції ІТ можна згрупувати в чотири основні блоки, надані на рис. 5.1.

Послідовність організації ІТ згідно рис. 5.1 включає наступні основні блоки, надані на рис 5.2.



Рис. 5.2 – Принципова схема організації інформаційної технології проекту (в загальному вигляді)



Рис. 5.2 – Деталізована блок-схема організації інформаційної технології проекту

Створення карт шуму дозволяє здійснювати моніторинг акустичного забруднення навколишнього середовища, вивчити закономірності поширення шуму в міській забудові, коректувати проектні рішення і т.п. На рис. 5.3 представлена структурна схема основних стадій ІТ в галузі шумозахисту. Її структура має наступний вигляд: в правій області даються складові, які характеризують початкові дані для формування відповідної стадії. У центральній області відбивається послідовність самих стадій. У нижній області наданий результат, що отримується при виконанні інтегрованої інформаційної технології.

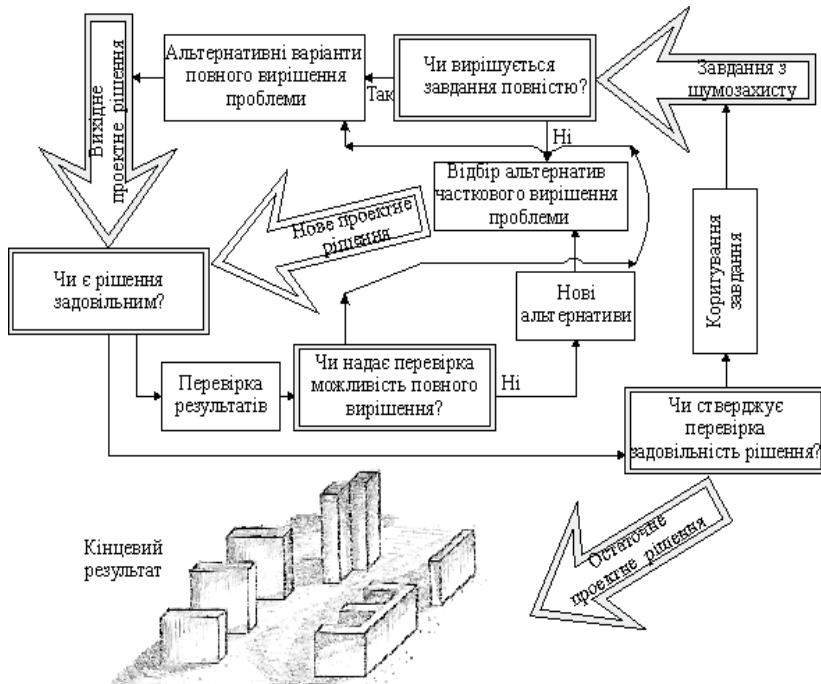


Рис. 5.3 - Методична блок-схема послідовності етапів рішення й розробки шумозахисту від цільового завдання до проектного рішення

5.2. Інтерактивність як запорука проектування сучасних шумозахисних засобів і заходів

Характерною рисою сучасності є також те, що широке застосування отримують інтерактивні (діалогові) системи спілкування людини і ЕОМ. Взаємодією людини і машини в реальному масштабі часу забезпечується безперервний діалог між ними і спільне "конструювання" рішень як до початку виробничої діяльності, так і в її ході. У діалозі з ЕОМ людина міняє свої рішення до того моменту, поки не отримає бажані результати. Такий режим взаємодії людини з ЕОМ називають інтерактивним, а засновані на цьому режимі системи управління, планування, проектування - інтерактивними системами.

ми, а при використанні на вході і виході графічної інформації - інтерактивно-графічними системами.

Інтерактивні системи дозволяють ефективно вирішувати багато завдань, що важко формалізуються. Формальні компоненти передаються на ЕОМ, а неформальні залишаються прерогативою людини і легко коригують і доповнюють формальні компоненти через діалоговий режим взаємодії людини з ЕОМ, здійснюваної по ходу рішення задачі. З'являється можливість відмовитися від традиційної "точної процедури оптимізації" і перейти на наближену оптимізацію на основі модельного експерименту шляхом постановки питань типу: *"що станеться, якщо...?"*

У інтерактивному режимі вдається з'єднати величезні формально-логічні і інформаційні можливості ЕОМ з такими неформальними "людськими" способами рішення завдань, як особистий досвід, інтуїція, оцінка ситуації в цілому. Значно зростають в зв'язку з цим можливості моделювання, оскільки пошук потрібного варіанту можна здійснювати не шляхом статистичних випробувань, а шляхом постановки перед моделлю серії питань. Застосування інтерактивно-графічного принципу при створенні систем автоматизованого проектування (САПР) надає очевидні переваги: дозволяє відмовитися від формалізації певного класу завдань і різко розширити круг проблем, що вирішуються за допомогою ЕОМ; використовує здібності людини приймати евристичні рішення і підвищує ефективність і якість рішень; зменшує витрати на розробку математичного забезпечення, оскільки ЕОМ передаються рутинні завдання, що легко формалізуються; прискорює ухвалення рішень у зв'язку з швидким виявленням свідомо невірних шляхів їх пошуку; забезпечує візуальний контроль за ходом рішення задачі і надійність (достовірність) результатів. САПР дозволяє істотно зменшити витрати трудових і матеріальних ресурсів на проектування, в два-три рази скоротити терміни проектування при одночасному поліпшенні якості за рахунок використання економікою математичних методів, багатоваріантного аналізу, оптимізації.

5.3. Принципи побудови математичного і алгоритмічного забезпечення

Що ж таке САПР сама по собі? Це - людино-машинна організаційно-технічна система, що складається з комплексу засобів автоматизації проектування, виконує автоматизоване проектування і включає наступні види забезпечення: методичне, лінгвістичне, математичне, програмне, технічне, інформаційне і організаційне.

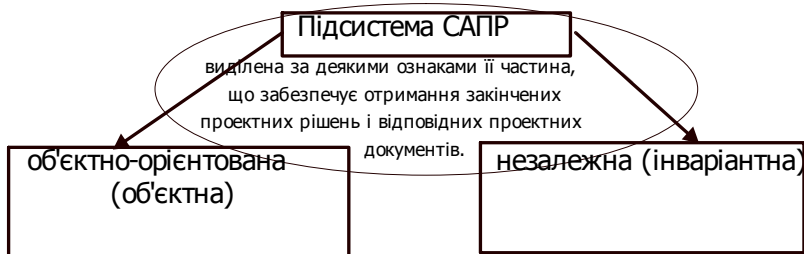


Рис. 5.4 – Класифікація підсистем, з яких складається САПР

Основною функцією САПР є автоматизоване проектування на усіх або окремих стадіях проектування об'єктів і їх складових частин на основі застосування математичних та ін. моделей, автоматизованих проектних процедур і засобів обчислювальної техніки.

Методологія проектування, математичне і програмне забезпечення, котрі мають бути орієнтовані на САПР, принципово відрізняються від неавтоматизованої технології.

САПР повинна не копіювати традиційну технологію, а використовувати принцип "нових завдань", що передбачає реалізацію рішень, принципово неможливих без використання ЕОМ. До них відносяться наступні завдання: створення єдиних інформаційних масивів різного функціонального призначення, видалення паперових документів на проміжних стадіях проектування, автоматизація процесів підготовки і випуску текстової і графічної документації, автоматизація інженерних розрахунків, проведення багатоваріантного аналізу і оптимізаційних розрахунків в діалоговому режимі і так далі САПР як будь-яка складна система створюється поетапно, постійно розвивається.



Рис. 5.5 – Визначення порядку виконання етапів в ході розробки і впровадження, а також критерії переходу від етапу до етапу в моделях САПР інформаційно-технологічних проєктів

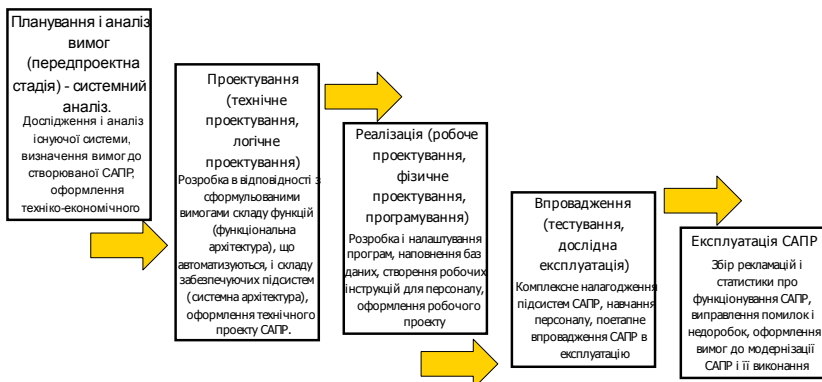


Рис. 5.6 – Стадії проекту створення САПР

Найчастіше на ранніх стадіях створення САПР реалізуються функції автоматизації інженерних розрахунків, потім завдання автоматизації випуску проектної документації і так далі.

Впровадження кожної функції, поза сумнівом, ефективно, але досягнення генеральних цілей створення САПР можливо тільки при комплексній реалізації перелічених завдань, об'єднанні їх в "систему", а також єдності методології і вимог до технічного, інформаційного, математичного забезпечення і до програмних засобів.

Проектування заходів боротьби із шумом на системному рівні в загальній постановці пов'язане з рішенням оптимізаційних завдань такої великої розмірності, що вони являються неявними та небаченими як у змістовному, так і в обчислювальному аспектах. Відомий системотехнічний підхід до подолання вказаної трудності полягає в пониженні разів мірної завдання. Це можливо здійснити агрегацією змінних в загальній моделі або декомпозицією початкової моделі в просторі змінних на систему незалежних моделей (завдань) меншої розмірності. Обидва шляхи мають свої достоїнства і недоліки.

Метод агрегації пов'язаний з втратою точності аналізу, але із зменшенням його трудомісткості. Агреговані моделі дозволяють аналізувати цілісну систему, що грає визначальну роль при обґрунтуванні принципів побудови, структури, техніко-економічному обґрунтуванні і так далі. Метод декомпозиції більш трудомісткий, але дозволяє вирішувати завдання будь-якої розмірності по групах

змінних, забезпечуючи за умови дотримання системотехнічних вимог по обліку взаємозв'язків і коректному призначенню обмежень необхідну, наперед задану точність. Недолік цього методу полягає в ускладненості аналізу системи як єдиного цілого.

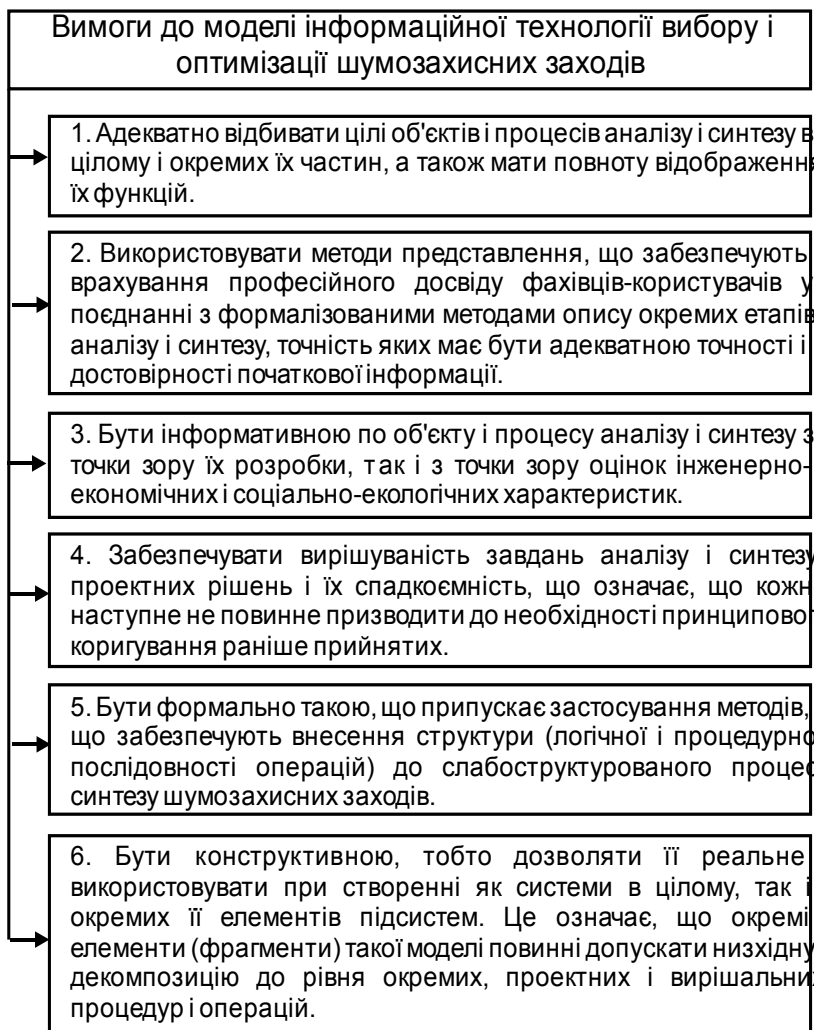


Рис. 5.7 – Вимоги до моделі інформаційної технології вибору і оптимізації шумозахисних заходів

Підставами для вибору, як типу моделі, так і рівня деталізації є, з одного боку, відповідність цілям і необхідній точності моделювання, а з іншої - прагнення мінімізувати витрати ресурсів. Звідси витікає доцільність декомпозиції процесу проектування САПР заходів боротьби із шумом не лише в просторі змінних, але і в часі, тобто виділення етапів, кожному з яких відповідають різні цілі і міра інформаційної визначеності, а, отже, і необхідна точність аналізу і рішень, що приймаються. Прикладами таких етапів є техніко-економічне обґрунтування (ТЕО), ескізне, техноробоче⁵ проектування.

На етапі ТЕО оцінюються принципова доцільність створення системи, необхідні витрати і очікуваний ефект, обґрунтовуються принципи побудови. Слід враховувати, що розробник при цьому не має в розпорядженні детальної і точної інформації, необхідної для аналізу, оскільки її отримання вимагає тривалого, трудомісткого і дорогого обстеження об'єкту, яке до того ж може виявитися даремним. Початкова інформація на етапі ТЕО носить узагальнений, усереднений, оцінний характер, а джерелами її отримання є аналіз прототипів і аналогів, прогнозування, експертні оцінки. Відповідно математичні моделі, використовувані на цьому етапі, повинні сприяти аналізу системи як цілого, що особливо важливо при обґрунтуванні принципів побудови і структури систем заходів и засобів захисту від шуму; по своїй ресурсомісткості відповідати можливостям розробника з урахуванням необхідності проведення в обмежені терміни аналізу великої кількості варіантів побудови таких систем; по точності моделювання відповідати точності початкової інформації.

Перерахованим вимогам найбільшою мірою задовольняють агреговані аналітичні моделі. Це обумовлено тим, що агрегація змінних і побудова оцінних аналітичних моделей пов'язана з необхідністю прийняття спрощуючих допущень і обмежень, які знижують точність моделі, але одночасно підвищують її функціональну наочність, істотно спрощують аналіз і знижують потрібні для розрахунку тимчасові і обчислювальні ресурси. Мистецтво проектувальника полягає у виборі ефективних моделей на основі компромісу між то-

⁵ Проект техноробочий - проект, розроблений в одну стадію і виконуючий завдання, що вирішуються на стадіях технічного проекту і робочих креслень; застосовується при будівництві нескладних об'єктів (за [90])

чністю, з одного боку, і наочністю і трудомісткістю, - з іншою.

Якщо етап техніко-економічного обґрунтування показав доцільність створення системи, то переходять до етапу ескізного проектування. На цьому етапі початкова інформація уточнюється, але ще залишається неповною і неточною. Кількість тих варіантів побудови системи, що підлягають аналізу, істотно зростає на етапі ТЕО, але потрібне значно глибше опрацювання кожного з них. Для цього потрібні точніші моделі не лише системи в цілому, але і підсистем, їх зв'язків між собою і так далі. Тут найбільш ефективний аналітично-імітаційний підхід до побудови математичних моделей. Поєднання агрегованих моделей цілісної системи з детальними імітаційними моделями підсистем дозволяє проводити глибокий аналіз, заснований на принципі послідовної декомпозиції загальної моделі.

Етап техноробочого проектування пов'язаний з аналізом усієї доступної інформації про проектувану систему, вимог до неї, умов функціонування, зовнішніх дій, а мета його полягає в ухваленні оптимальних проектних рішень. На цьому етапі аналізу піддаються підсистеми, та блоки для обґрунтування конкретних технічних рішень, тому вимагаються детальні моделі відповідних об'єктів максимально можливої точності, що відносяться до класу імітаційних моделей.

Розглянуті етапи відбивають схему проектування системи заходів боротьби із шумом, що ідеалізується. Насправді усі етапи взаємозв'язані між собою численними зворотними зв'язками, безперервні по уточненню інформації, мають ітераційний характер. Необхідною умовою ефективності проектування є спадкоємність усіх його етапів за початковими даними, результатами аналізу, методологією моделювання, математичним і програмним забезпеченням.

Адаптація моделей може виконуватися блоковою підстановкою локальних моделей необхідної міри агрегації з банку моделей. При цьому в банку моделей слід мати альтернативні моделі одного рівня агрегації. Це обумовлено зв'язком агрегації з прийняттям різних спрощуючих допущень і евристичних міркувань. Такі моделі мають вузьку сферу коректного застосування, чутливі до конкретних значень початкових даних і розмірності завдання. У таких умовах розробник повинен мати можливість не лише розглянути різні варіанти побудови системи з урахуванням варіацій початкових даних, але і провести цей ана-

ліз різними методами, порівняти результати і вибрати рекордний.

Прийнятий підхід побудови системи моделей і методології проектування пред'являє відповідні вимоги і до методів і алгоритмів аналізу, оптимізації і ухвалення рішень. Інструментарій має бути альтернативним, тобто організованим за принципом банку альтернативних алгоритмів, адаптивних до точності, розмірності, структури початкових даних. Особливо слід підкреслити, що методи оптимізації і ухвалення проектних рішень повинні забезпечувати вибір стійкого до варіацій початкових даних рішення, оскільки тільки в цьому випадку можна забезпечити спадкоємність рішень у міру підвищення інформаційної визначеності аналізу до точності рішення.

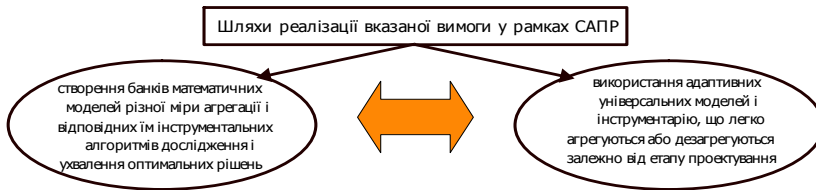


Рис. 5.8 – Шляхи реалізації вказаної вимоги у рамках САПР

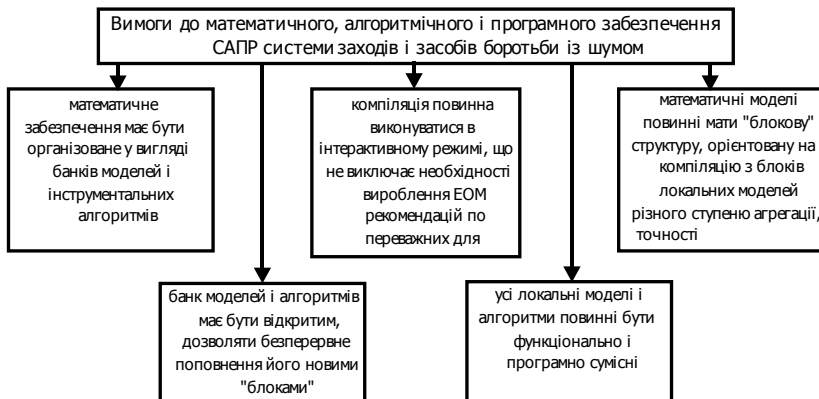


Рис. 5.9 – Вимоги, що надаватимуться до математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення САПР заходів і засобів боротьби із шумом

5.4. Розробка алгоритму рішення приватних завдань

Для реалізації САПР системи заходів і засобів боротьби із шумом був розроблений узагальнений алгоритм рішення приватних завдань.

Реалізація алгоритму починається з визначення основних критеріїв вибору, їх важливості і обмежень. Далі визначається модель завдання і перевіряється на її вирішуваність. Якщо рішення відсутнє, то коригуються обмеження, інакше визначається метод рішення багатокритеріальної задачі залежно від того, як задана важливість критеріїв (якісно або кількісно).

Рішення можливе по наступних напрямках багатокритеріальної оптимізації: у разі, коли приватні критерії ранжирувані по важливості, пропонується схема рішення задачі оптимізації по послідовно застосовуваним критеріям. Вибирається перший по важливості критерій.

Якщо важливість критеріїв задана у вигляді вагових коефіцієнтів, то завдання вирішується за узагальненим критерієм максимальної адитивної корисності.

Якщо відсутня і кількісна і якісна інформація про важливість приватних критеріїв, то використовується максимінна схема компромісу.

Визначивши число можливих рішень, робиться вибір методу рішення. Для завдань малої розмірності - метод гілок і меж; для завдань великої розмірності - метод випадкового пошуку.

Отримане рішення перевіряється на допустимість. Якщо рішення недопустиме, то вибирається наступне рішення і перевіряється на допустимість, інакше перевіряються, чи знайдені усі рішення.

Якщо не усі рішення розглянуті, то проводиться порівняння отриманого рішення з попереднім рішенням. Якщо рішення краще за попереднє, то виробляється запам'ятовування отриманого рішення. Після чого процес повторюється, поки усі рішення не будуть розглянуті і буде вибрано краще рішення.

Коли усі рішення розглянуті, перевіряємо, чи усі критерії використані. Якщо усі критерії використані, то виробляємо розрахунок

техніко-економічних показників і виведення результату. Інакше вводимо додаткове обмеження за попереднім критерієм і переходимо до вибору наступного по важливості критерію. Послідовність процедур рішення задачі аналогічна алгоритму рішення задачі функціонального проектування.

5.5. Моделі і методи ухвалення рішення при оптимізації шумозахисних заходів і засобів

Ухвалення рішень - сукупність проектних процедур вибору найкращого рішення. Загальне завдання ухвалення рішення є трійка $\{ \Omega, S, C \}$, де Ω - безліч конкуруючих альтернатив (варіантів), на основі аналізу яких необхідно визначити кращу в сенсі принципу оптимальності C альтернативу з урахуванням заданої безлічі S можливих умов її наступного застосування (реалізації). Ухвалення рішень принципово відрізняється від обчислення рішення не лише відсутністю єдиної формальної процедури, але і змістом: сюди входить переоцінка корисності результату S на підставі критеріїв більш високого рівня. На відміну від традиційних завдань операцій дослідження, в яких принцип оптимальності (вирішальне правило) R формулюється зазвичай у вигляді цільових функцій і вважається заданим разом з іншими умовами, в багатокритеріальних завданнях ухвалення рішень вибір вирішальних правил абсолютно не очевидний. Побудова і обґрунтування вирішальних правил є невід'ємною частиною цих завдань і є найбільш важкою проблемою, оскільки можуть бути сформульовані різні правила, залежні від прийнятих допущень і від інформації про переваги особи, що приймає рішення (ОПР). В процесі підготовки і прийняття рішення присутні наступні елементи: мета, альтернативи, параметри, модель, критерії, оцінка, ОПР, експерти, консультанти. Методи ухвалення рішень: аналітичні (параметричний та морфологічний аналіз, ідентифікація, прогнозування, оптимізація), імітаційне моделювання, експертні методи й ін.

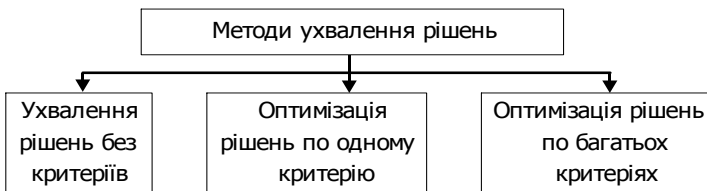


Рис. 5.10 - Класифікація методів ухвалення рішень по числу критеріїв

5.6. Класифікація завдань ухвалення рішення

Процес ухвалення рішень як функції перетворення змісту інформації формалізується в термінах теорії прийняття рішень [91]. Центральними поняттями в теорії прийняття рішень являються: Ω - універсальна безліч варіантів, альтернатив, планів, з яких здійснюється вибір; X - безліч альтернатив, пред'явлених для вибору ($X \subseteq \Omega$); Y - безліч вибраних альтернатив, зокрема одна ($Y \in X$); C - принцип вибору (функція вибору), правило по якому здійснюється вибір найкращої альтернативи,

$$Y = \arg C(X).$$

Функція вибору може задаватися поелементно або у вигляді графіка якої-небудь залежності, або як цілісна множина, що задовольняє деяким умовам.

Існують наступні типи завдань ухвалення рішень.

5.6.1. Завдання оптимального вибору

Безліч альтернатив Ω однозначно визначена і принцип вибору C строго формалізований. Для вирішення таких завдань використовуються, наприклад, аналітичні методи, методи дослідження операцій, спеціальні методи оптимального вибору. Прикладом завдань цього виду є багатокритеріальні завдання оптимального управління [92].

Отримувані рішення не залежать від суб'єктивної позиції особи, що приймає рішення, є найкращими з можливих для заданих умов, тому і називаються оптимальними. Проте, при зміні умов рішення стає неоптимальним. Це обмежує можливості приведення реальних завдань до цього виду, оскільки врахувати усі чинники, що впливають на рішення, у рамках цього завдання неможливо.

5.6.2. Завдання вибору

Безліч альтернатив Ω однозначно визначена, але принцип вибору C не може бути формалізований [93]. В цьому випадку вибір залежить від того, хто і на якій основі його робить. При рішенні таких завдань зазвичай використовуються імітаційне моделювання, методи експертних оцінок, теорія корисності. Отримувані рішення не можуть вважатися оптимальними. Але вони визнаються раціональними.

5.6.3. Загальне завдання ухвалення рішень (ЗЗУР)

Безліч альтернатив Ω може доповнюватися і видозмінюватися, а принцип вибору C не формалізований. В цьому випадку навіть одна і та ж людина може змінювати своє рішення при виявленні нової альтернативи.

Такі завдання найбільш характерні для вирішення проблем в складних системах [94]. При цьому під загальним завданням ухвалення рішення розуміють ситуацію, коли вимагається спочатку сформувані безліч альтернатив, потім з безлічі альтернативних рішень виділити деяку підмножину, в окремому випадку одну альтернативу. Вибір альтернатив робиться на основі суб'єктивного уявлення про їх якість, для чого вимагається сформулювати принципи вибору.

Формально модель **ЗЗУР** можна представити в наступному виді:

$$\mathbf{ЗЗУР}: \langle T, I_{ex}, I_{nor}, I_{priv}, P, C \rangle$$

де T - мета ухвалення рішення (наприклад, вибір альтернативи або впорядкування безлічі альтернатив);

I_{ex} - початкові дані для породження альтернатив;

I_{nor} - безліч породжених альтернатив;

I_{priv} - вибрана альтернатива;

P - правило породження альтернатив;

C - правило вибору найкращої альтернативи.

Початкові дані для породження альтернатив як безліч породжених альтернатив для **ЗЗУР** можуть включати детерміновану, імовірнісну і невизначену інформацію.

Правила породження і вибору альтернатив можуть бути пред-

ставлені у формі аналітичних, логічних, евристичних вирішальних правил, у тому числі як скалярні, векторні, складені критерії.

Графічно структура **ЗЗУР** представляється у вигляді послідовності правил породження і вибору альтернатив, що забезпечують перетворення початкових даних в рішення [91]. **ЗЗУР** відносяться до слабоструктурованих завдань. Нині для їх вирішення інтенсивно створюються методи обробки знань (логічно-лінгвістичного моделювання).

Різні по фізичному сенсу завдання ухвалення рішень, що виникають в управлінні, прогнозуванні, діагностиці, і інших областях управління проектами, зводяться до ідентифікації нелінійних об'єктів з одним виходом і багатьма входами [95]. Особливість даних завдань полягає в тому, що в кожному з них взаємозв'язок змінних "вхід - вихід" задається у вигляді експертних висловлювань: **ЯКЩО** <вхід>, **ТЕ** <вихід>, що є нечіткими базами знань.



Рис. 5.11 - Класи завдань прийняття рішень (класифікаційна ознака - тип залежності результатів від альтернатив) та їхні загальні властивості [93]

Зазвичай умови завдання ухвалення рішень включають безліч станів об'єкту і безліч операторів, що переводять об'єкт з одного стану в інше, іншими словами, завдання умов представляється формальним описом засобів, результатів і способу їх зв'язку [91]. Мета ж визначає бажаний стан об'єкту. Різноманіття різних практичних завдань ухвалення рішень обумовлює і різноманіття деталізації цієї загальної постановки.

Для подальшої формалізації засобів і результатів введемо дві множини: Ω і U . Елементи безлічі Ω називатимемо альтернативними рішеннями або просто альтернативами, елементи великої кількості U - результатами. Тоді завдання ухвалення рішення полягає у виборі альтернативи $x \in \Omega$, що призводить до деякого результату $u \in U$. Ефективність рішення визначається мірою відповідності отриманого результату поставленій меті [95].

5.6.3.1. Завдання ухвалення рішень в умовах визначеності

У загальному випадку в завданнях ухвалення рішення вимагається побудувати формальний опис деякої універсальної безлічі альтернативних рішень Ω_i , формалізувати мету, виділити на основі побудованого опису безліч допустимих альтернативних рішень $\Omega \in \Omega_i$ - і здійснити з Ω вибір альтернативного рішення [92].

Характерною особливістю завдань ухвалення рішень є певний суб'єктивізм, себто наявність особи, що приймає рішення. Під нею розуміється особа, відповідно до уявлень якої про проблемну ситуацію здійснюються вказані формальні побудови, тобто особа, яка приймає остаточне рішення і несе відповідальність за його наслідки.

У деяких практичних завданнях ухвалення рішення формалізація мети може бути зведена до побудови деякої функції, заданої на безлічі альтернатив (результатів) і такої, що набуває дійсних значень, а рішення задачі, - до екстремумізації цієї функції. Ця функція називається цільовою функцією (очевидно, що максимізація функції f рівносильна мінімізації функції $(-f)$, тому надалі говоритимемо лише про максимізацію цільової функ-

ції)[94]. Тут завдання ухвалення рішення полягає у визначенні альтернативи x^* , що задовольняє умові

$$x^* = \arg \max f(x).$$

Завдання цього класу, їх властивості і методи їх рішення є предметом дослідження такої дисципліни, як математичне програмування. Залежно від виду функції $f(x)$ і способу формального представлення безлічі Ω виділяють різні класи завдань математичного програмування.

Розробці математичних моделей і методів рішення цих завдань присвячені самостійні розділи математичного програмування: опукле програмування, лінійне програмування, цілочисельне програмування, квадратичне програмування. Оскільки в завданнях математичного програмування мета формалізується у вигляді цільової функції, то в таких завданнях є фактично єдина концепція оптимальності рішення. Оптимальним буде рішення, що забезпечує цільовій функції екстремальне значення, і суть досліджень в цій дисципліні полягає в розробці ефективних методів пошуку таких рішень для різних типів структур безлічі Ω і видів цільової функції $f(x)$.

Для широкого класу практичних завдань ухвалення рішень характерною рисою являється їх багатоаспектний характер. Результати в таких завданнях оцінюються за декількома показниками. Беруться до уваги прямі і непрямі оцінки ефективності, оцінки з точки зору зовнішнього середовища і побічних явищ. Аналогічна ситуація має місце і з оцінками витрат, оскільки витрати при реалізації витрат не зводяться тільки до грошових [92].

Питання про те, яке рішення у разі багатоаспектної оцінки якості вважати оптимальним, викликає утруднення концептуального характеру. На відміну від завдань математичного програмування, при рішенні завдань перед дослідником окрім питання про те, якими засобами (яким методом) можна отримати оптимальне рішення, виникає питання: що слід розуміти під оптимальним рішенням?

5.6.3.2. Завдання ухвалення рішень в умовах ризику і невизначеності

Існує великий клас систем, які є нестаціонарними, високодинамічними, з погано прогнозованою динамікою розвитку. Прикладом таких систем є акустичне забруднення довкілля непостійним шумом. В даному випадку нестабільність роботи джерел шуму визначає високий динамізм зміни зовнішнього середовища (некерованих змінних системи) [95].

В сукупності перераховані причини призводять до обмеженості - неповноти) або неточності (неоднозначності), тобто в цілому до невизначеності інформації як про характеристики системи, так і про ситуацію ухвалення рішень. Ця невизначеність має принциповий характер і її неможливо здолати детермінізацією.



Рис. 5.12 - Типи завдань ухвалення рішень в залежності від ступеня і характеру невизначеності початкової інформації

Проведемо системний аналіз можливих джерел невизначеності і сформулюємо узагальнену постановку завдання рішень в умовах ризику і невизначеності [93].

формування безлічі допустимих рішень

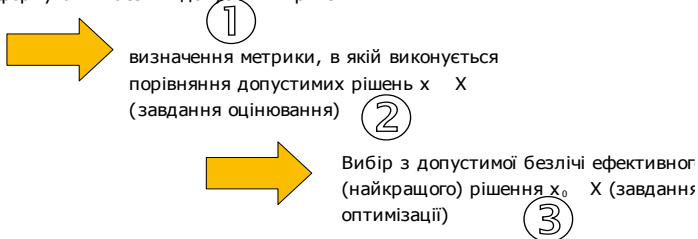


Рис. 5.13 – Основні етапи ухвалення рішень

Безліч допустимих рішень Ω задається на основі змістовного аналізу конкретного завдання, найчастіше в неявному виді як підгалузь області існування системи, обмежена співвідношеннями у вигляді нерівностей

$$h_s(x, q_h) \leq 0 \quad s = \overline{1, S}$$

і рівності

$$g_l(x, q_g) = 0; \quad l = \overline{1, L}$$

де x – N -вимірна ($x \in R^n$) керована змінна;

h_s, g_l – оператори, що визначають структуру математичної моделі відповідного обмеження;

q_h, q_g – кількісні параметри відповідних обмежень.

Рішення задачі оптимізації, тобто визначення найкращого рішення $x_0 \in X$ пов'язане з формалізацією поняття "найкраще" [95]. Для цього необхідно визначити метрику, в якій виробляється порівняння якості рішень $x \in X$. Нехай в загальному випадку кожне рішення $x \in X$ описується n різними кількісними характеристиками (приватними критеріями) $k_i(x), i = \overline{1, n}$. Вважатимемо, що на безлічі $k_i(x)$ існує модель оцінювання, що дозволяє отримати скалярну, кількісну оцінку будь-якого рішення $x \in X$.

$$P(x) = G[a_i, k_i(x)]. \quad (5.1)$$

де G – оператор моделі, що визначає її структуру;

a_i – кількісні параметри моделі, наприклад коефіцієнт важливості приватних критеріїв, ціни і так далі.

У загальному випадку (5.1) є функцією мети системи.

З урахуванням (5.1) і попередніх співвідношень завдання умовної оптимізації (математичного програмування) можна записати у виді:

$$x^0 = \arg \underset{x \in X}{\text{extr}} P(x); \quad x \in R^N$$

$$h_s(x, q_h) \leq 0 \quad s = \overline{1, S}$$

$$g_l(x, q_g) = 0; \quad l = \overline{1, L}.$$

У традиційній постановці завдання математичного програму-

вання припускає детермінованість об'єкту, а, отже, і математичній моделі (5.1), що означає визначеність структури і кількісних характеристик моделі на інтервалі планування. Це не виключає наявності більшої або меншої невизначеності інформації про структуру і параметри моделі, яка виражається в завданні параметрів у вигляді інтервалів можливих значень за допомогою статистичних характеристик або розмитими множинами.

Разом з детермінованими існує великий клас систем, що розвиваються. Для них характерна динамічна зміна в процесі функціонування структури, складу і кількісних значень параметрів, переваг, цільових установок і т. д. [95].

Для детермінованих систем характерна однозначність реакції і стійкість поведінки при варіації вхідних дій, якщо вони не виходять за межі області допустимих значень [95]. Для моделювання поведінки таких систем досить завдання початкового стану системи. На відміну від цього для моделювання нестационарних, тобто що змінюються в часі, систем необхідно задати часовий сценарій поведінки зовнішнього середовища $y(t)$. Кожному сценарію відповідатиме деяка оптимальна поведінка системи, тобто таких, траєкторія зміни структури, параметрів, керованих змінних. Формально це означає, що оптимізаційна модель набере вигляду:

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} P(x); x \in R^N; y \in R^N$$

$$h_s(x, q_h, y, t) \leq 0 \quad s = \overline{1, S}$$

$$g_l(x, q_g, y, t) = 0; l = \overline{1, L}.$$

З моделі (5.1) видно, що кожній конкретній реалізації сценарію розвитку зовнішнього середовища $y(t)$ відповідає деяке конкретне ефективне рішення x^0 . Слід зазначити, що зовнішнє середовище не повністю кероване і контрольоване навіть з позицій метасистеми. Це означає, що на рівні конкретної локальної системи точний сценарій зміни зовнішнього середовища невідомий і через вказані вище причини погано піддається прогнозу. Тому можна робити тільки евристичні припущення про можливі значення $y(t)$. У таких умовах рішення x^0 , вибране для конкретного сценарію $y(t)$ для іншого сце-

нарію $y'(t)$ може виявитися неприйнятним. Це обумовлено тим, що екстремальне рішення задачі умовного математичного програмування завжди знаходиться на межі допустимої області X . Оскільки для нестационарних систем, як видно з (5.1), обмеження, що визначають область допустимих рішень X , явно залежать від сценарію зміни зовнішнього середовища $y(t)$, те рішення x , вибране для конкретного $y(t)$ для іншого сценарію $y'(t)$ являється у кращому разі неефективним, а в гіршому - неприпустимим або навіть катастрофічним. Останнє пов'язане з тим, що через нелінійність нестационарних систем і особливо наявність в них функцій перемикачів типу булевих змінних, в деяких ситуаціях система стає нестійкою, а її модель некоректною. Це означає, зокрема, що невеликі зміни $y(t)$ приводять до непропорційних змін вихідних змінних [95].

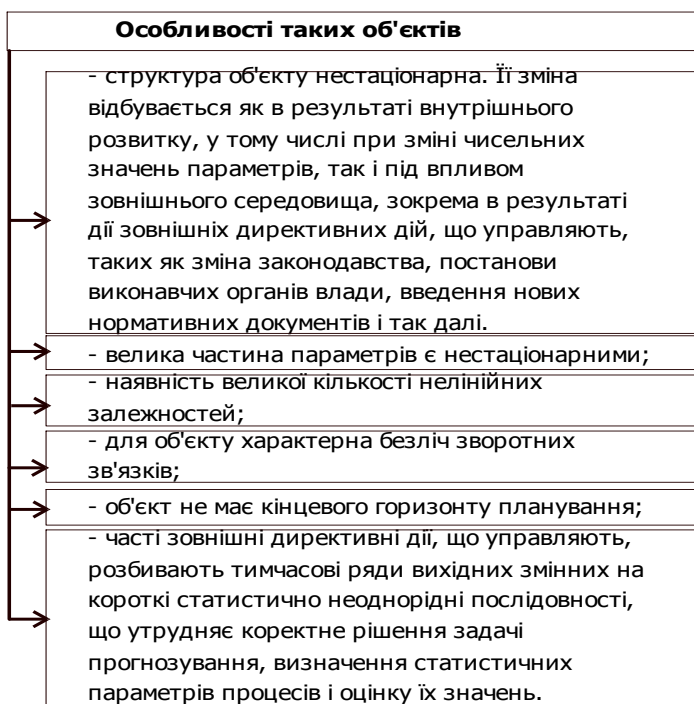


Рис. 5.14 – Особливості систем, що розвиваються [95]

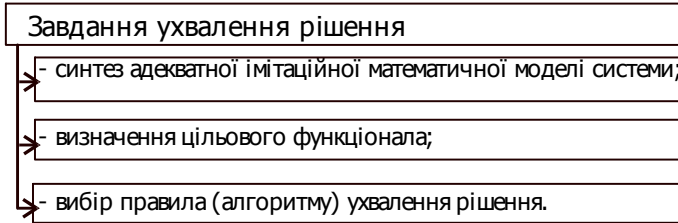


Рис. 5.15 - Вибір ефективної стратегії поведінки

Розглянемо детальніше ухвалення рішень в умовах невизначеності. Особливістю цієї групи завдань ухвалення рішень є відсутність апріорної інформації (навіть імовірнісної) про можливість реалізації різних станів системи (різних сценаріїв).

Загальною основою визначення ефективного рішення в цих умовах є визначення компромісу між ефективністю і стійкістю рішення. Правило реалізації компромісу визначається критерієм вибору рішення.

Більшість відомих критеріїв ухвалення рішень в умовах невизначеності є окремими випадками адитивної схеми компромісу.

Нехай задана допустима безліч рішень X . На цій множині визначено два критерії $k_1(x)$ і $k_2(x)$, перший з яких характеризує ефект, а другий - стійкість рішень.

Для простоти вважатимемо, що обидва критерії мають однакову розмірність. Тоді загальна схема вибору компромісного рішення має вигляд

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^2 a_i = 1.$$

Вибір значень a визначає конкретний вид критерію ухвалення рішень і відповідну йому схему компромісу.

Для забезпечення якості рішень, що приймаються, при оптимізації шумового режиму необхідно сформулювати критерії оцінки ефективних рішень. Кінцева мета завдання ухвалення рішень полягає у виборі з допустимої безлічі рішень X єдиного кращого (ефективного) рішення $x^0 \in X$.

Досягнення вказаної мети пов'язане з формалізацією поняття "краще", "ефективніше" рішення, тобто формування деякої міри, що дозволяє об'єктивно порівнювати досконалість рішень між собою. Такою мірою виступають критерії оцінки ефективності рішень.

Очевидно, що поняття краще, ефективніше рішення означає якнайповніше досягнення мети. При цьому не байдуже, якою ціною (витрат фінансів, ресурсів, часу, інтелекту) досягнута мета. Таким чином, критерій ефективності рішень повинен враховувати як позитивний ефект (міра досягнення мети), так і витрати на його досягнення в широкому сенсі.

Як відзначалося вище, мета системи характеризується приватними властивостями p_i , а рівень її досягнення - їх кількісними значеннями. Таким чином, порівняння рішень можна здійснювати по досягнутому рівню приватних властивостей. Тому приватні властивості системи, приведені до виду, що допускає вимір в кількісних або якісних шкалах, називатимемо приватними критеріями. Вони оцінюють корисні функціональні властивості, заради яких створювалася система. Позначимо їх:

$$K_\phi = \{k_{1\phi}, k_{2\phi}, \dots, k_{m\phi}\}.$$

Як витікає з визначення системи, реалізація властивостей, а отже і, можлива тільки на деякій структурі (рішенні) $x \in X$. Реалізація кожної структури вимагає в загальному випадку фінансових, матеріальних, тимчасових, екологічних і так далі витрат, які в сукупності визначають "ціну", яку необхідно "заплатити" за досягнення мети на деякому рівні. Рівень витрат кожного з ресурсів оцінюється часткою критеріями k_i , які утворюють множину:

$$K_3 = \{k_{13}, k_{23}, \dots, k_{L3}\}$$

Відзначимо, що в окремому випадку безлічі K_ϕ і K_3 можуть містити по одному елементу, але в загальному випадку це множини різнорідних по сенсу, а отже, що мають різну розмірність, вимірних в різних шкалах і інтервалах приватних критеріїв. Таким чином, кожне рішення $x \in X$ характеризується набором різнорідних приватних критеріїв (рис. 5.16): $K = \{K_\phi \cup K_3\} = \{k_i\}; i = \overline{1, n}; n = m + L$.

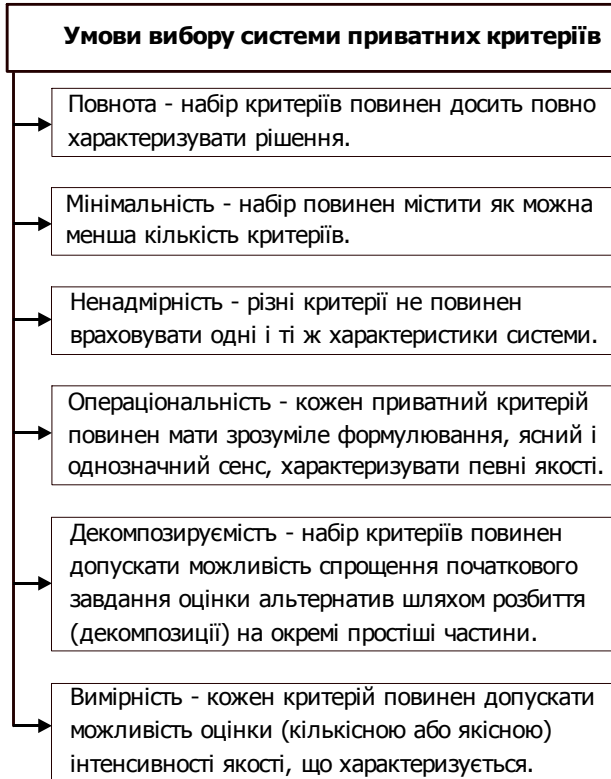


Рис. 5.16 - Вибір системи приватних критеріїв як неформалізоване евристичне завдання

Вимірність означає, що для будь-якого рішення $x \in X$ задане відображення $f: X \rightarrow K$ і відповідно функціональна залежність

$$k_i(x) = f_i(x).$$

Перераховані вимоги рис. 5.16 суперечливі і не можуть бути задоволені одночасно. Вимога мінімальності орієнтує на агрегацію (об'єднання) критеріїв, яка часто призводить до протиріччя з вимогами операціональності і вимірності, оскільки об'єднані критерії в загальному випадку мають менш зрозумілий і однозначний сенс і важче вимірюються. З іншого боку, вимоги повноти і операціональності орієнтують на збільшення числа

критеріїв. Тому при формуванні набору критеріїв в реальних завданнях доводиться йти на компроміси, основою для яких є цілі, завдання аналізу і особливості конкретної системи.

5.6.3.3. Вибір оптимального рішення

Кінцевою метою рішення загальної задачі ухвалення рішень є вибір з допустимої безлічі рішень X єдиного найкращого, тобто екстремального по вибраних критеріях рішення

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} \{k_i(x)\}; i = \overline{1, n}$$

Якщо завдання однокритеріальне, тобто $n = 1$, то воно має єдине рішення, у випадку якщо $n > 1$, тобто завдання є багатокритеріальним, його однозначне рішення можна отримати тільки в окремих випадках, а в загальному випадку завдання не має єдиного рішення.

Розглянемо завдання оцінки і вибору оптимального рішення в багатокритеріальній ситуації [96].

Завдання оцінки і вибору оптимального рішення в багатокритеріальній ситуації полягає в ранжируванні можливих рішень по безлічі приватних критеріїв, це завдання вирішуване тільки на безлічі підлеглих рішень, тобто коли критерії не суперечливі. Інакше виникає завдання вибору найкращого компромісного рішення.

У загальному випадку завдання формулюється так. Нехай x - рішення, визначене на допустимій безлічі рішень X . Якість рішення оцінюється безліччю приватних критеріїв.

$$K(x) = \{k_1(x), k_2(x), \dots, k_n(x)\}.$$

Відомі відображення: $F: x \rightarrow k$ і відносна важливість приватних критеріїв: $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$.

Необхідно знайти оптимальне рішення:

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} F\{K(x), \lambda\}$$

У загальному випадку безліч допустимих рішень X є композицією двох підмножин:

- узгоджених рішень (області згоди) X^s ;

– компромісних рішень (області компромісів) X^C .

Областю згоди X^S називається підмножина безлічі допустимих рішень X , на якому один або декілька приватних критеріїв можна поліпшити без погіршення якості інших приватних критеріїв.

Областю компромісів X^C називається підмножина X , на якій жоден приватний критерій $k_i(x)$ неможливо поліпшити без погіршення значення хоч би одного, іншого приватного критерію. Можливість існування такої підмножини довів італійський економіст Парето, тому його часто називають областю Парето або безліччю Парето - оптимальних рішень [97].

Для підмножин X^S і X^C виконуються умови:

$$X = X^S \cup X^C; X^S \cap X^C = \emptyset.$$

Вони означають, що об'єднання підмножин утворює допустиму множину і будь-яке рішення $x \in X$ належить тільки одній з підмножин.

Три можливі випадки можливих сполучень в залежності від критеріїв $k_1(x)$ і $k_2(x)$ показані на рис.5.17.

Для випадку двох критеріїв $k_1(x)$ і $k_2(x)$, кожен з яких максимізувався, загальна структура допустимої безлічі X показана на рис. 5.17. а.

згоди X^S ($X^C = \emptyset$) (рис. 5.17. б) або компромісу X^C ($X^S = \emptyset$) (рис. 5.17. в).

У останньому випадку безліч X задана рівністю і включає тільки точки, що лежать на прямій.

За визначенням область згоди X^S в принципі не може містити екстремальних рішень, оскільки кожне $x \in X$ можна поліпшити хоч би за одним критерієм. Тому рішення задачі співпадає з областю компромісів X^C і якщо вона не порожня, тобто $X^C = \emptyset$, то усе $x \in X^C$ є рішенням задачі. Таким чином, завдання багатокритеріальної оптимізації має єдине рішення тільки, якщо $X = X^S$ ($X^C = \emptyset$).

У окремому випадку безліч X може полягати тільки з області

Інакше рішення не єдине, а це означає, що завдання є некооректно поставленим за Адамаром [95].

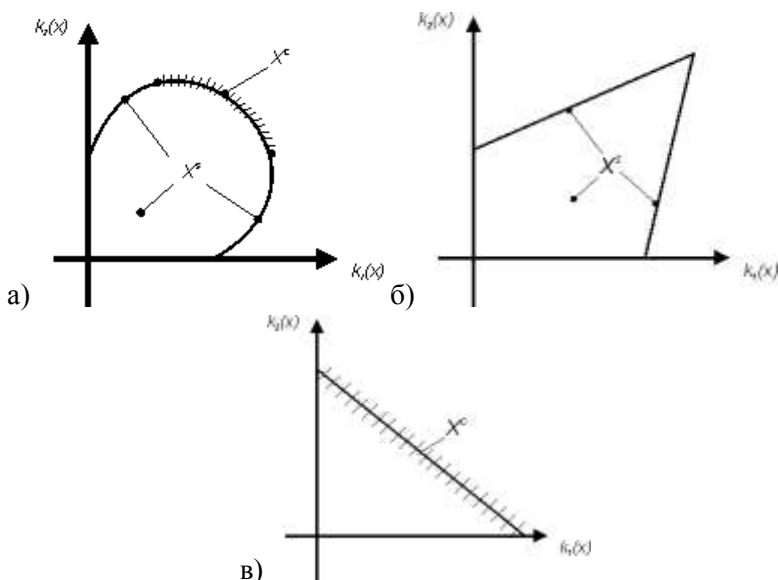


Рис. 5.17 - Множина X : три випадки: а – Загальна структура множини X ; б – Приклад множини, що складається тільки з X^S ; в – Приклад множини, що складається тільки з X^C

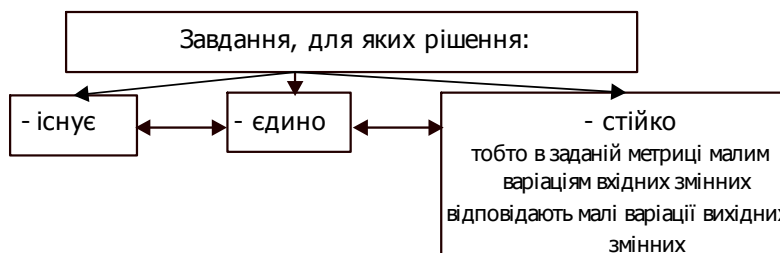


Рис. 5.17 - Коректність завдання за Адамаром [95]

5.7. З чого вибирати? (Стислий огляд шумозахисних заходів і засобів, що існують)

Загальна класифікація методів і засобів захисту від шуму, відповідно до якої вони підрозділяються на активні і пасивні, (що, відповідно, потребують (або не потребують) додаткових витрат енергії); колективні й індивідуальні; на методи боротьби із шумом на шляху його поширення і в джерелі його виникнення, - приведена в

[84]. Розгляду й аналізу у контексті дійсної роботи, взагалі, підлягають колективні методи і засоби захисту від шуму на шляху його поширення. Їхня класифікація на базі [84] наведена на рис. 5.18. В даній роботі не розглядається сфера засобів індивідуального захисту від шуму [98], (оскільки вони в містобудуванні зовсім не застосовні).



Рис. 5.18 - Класифікація акустичних засобів колективного захисту від шуму на шляху його поширення залежно від способу реалізації відповідно до класифікації ГОСТ 12.1.029-80

Архітектурно-планувальні методи боротьби із шумом [99] вимагають застосування САПР при їхній розробці та проектуванні. Методологія такого підходу до вирішення подібних завдань боротьби із шумом на сучасному рівні досить розроблена, однак актуальною залишається проблема моделювання конкретних архітектурно - планувальних рішень з кількісною оцінкою їхньої ефективності в плані зниження шуму, зіставлення декількох альтернативних варіантів однієї і тієї ж містобудівної ситуації для їхньої оптимізації за критерієм захисту від шуму і т.п. Для вирішення даної проблеми перспективне застосування САПР, побудованих на даних геоінформаційних систем, що при повноті подібності (тобто високій точності і вірогідності результатів) володіє цілим поруч переваг, а саме: спрощенням і здешевленням процесу моделювання, високої варіабельністю і мобільністю вимірів, широким діапазоном масштабів, застосовуваних при виготовленні моделі, високою наочністю.

Але й архітектурно-планувальні заходи не можуть повністю вирішити проблему створення акустичного комфорту на робочих місцях, поблизу потужних ДШ, та ін. Наприклад, зонування шуму вимагає значних площ і саме по собі не захищає людей, що безпосередньо обслуговують ДШ, та ін.

З числа перерахованих на рис. 5.18 засобів боротьби із шумом найбільш широку область застосування мають засоби звукоізоляції та звукопоглинання. При їхньому дослідженні, кількісній оцінці ефективності, розробці і т.д. також доцільно застосовувати моделювання з використанням описаних методів.

Існують багато підходів до конструювання шумозахисних засобів. Деякі окремі наші власні розробки, (за нестачею місця недостатньо освітлені в цій монографії), детально розглянуті в [24, 66].

Відомі такі основні групи вимог, що закладаються в основу вибору конструкції, форми і різних параметрів звукоізолюючих пристроїв: відсутність їхнього впливу на основні робочі параметри механізмів – джерел шуму і інших джерел шуму, що вони локалізують; забезпечення достатньої звукоізолюючої здатності; простота технології виготовлення; відсутність споживання енергії ззовні.

5.8. Містобудівні рішення, сприяючі шумозахисту

На стадії будівництва нашу долю і долю наших дітей вирішують архітектори і проектувальники, які, безумовно, повинні

враховувати інтереси людей, що проживають у великих містах. Вони повинні піклуватись про стан шумового режиму.

З літератури [57] добре відомі фактори, що впливають на раціональність вибору та застосування заходів та засобів боротьби із шумом (рис. 5.19)

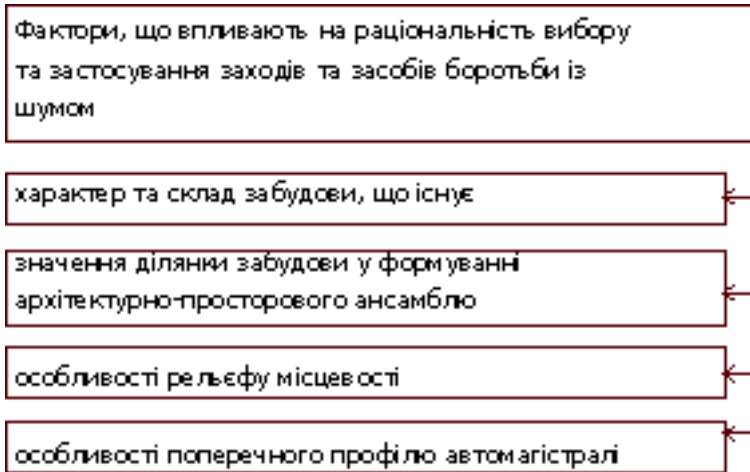


Рис. 5.19 - Фактори, що впливають на раціональність вибору та застосування заходів та засобів боротьби із шумом

Найбільші можливості для створення сприятливого довкілля з'являються при складанні проектів нових житлових районів, мікрорайонів міст і при розміщенні об'єктів на стадії районного планування.

Планувальна структура міста повинна передбачати чітке функціональне районування і зонування міських територій, що є обов'язковою умовою захисту від шуму і відділення на цій основі селитьби від промислових і від інших територій, що включають інтенсивні джерела шуму - аеропорти, аеродроми, залізничні станції і промислові підприємства, морські і річкові порти, доки та ін.

Захист селитьби міста від шуму промислових підприємств, швидкісних, вантажних доріг, вулиць дублерів, залізниць, швидкісних трамвайних ліній і відкритих ліній метрополітену слід передбачати в плані міста передусім допомогою територіальних розривів.

Загалом, у проектах детального планування і забудови житлових районів і мікрорайонів слід використовувати зонування території біля джерела шуму по допустимих рівнях звуку. При цьому в зоні, що безпосередньо примикає до джерела шуму, слід розташовувати будівлі, споруди і території з ненормованим шумовим режимом - гаражі, автостоянки, двори і склади магазинів, місцеві проїзди, пішохідні траси, захисні смуги озеленення та ін. В другій зоні, на більшому видаленні від джерела можуть розташовуватися будівлі, споруди і території, що допускають по санітарних нормах високі середні рівні шуму - магазини, установи побутового обслуговування, спортивні і ігрові майданчики, житлові будівлі і дитячі установи. Деякі об'єкти самі є джерелами шуму, що потрібне враховувати при плануванні і забудові (наприклад, ігрові і спортивні майданчики тощо).

Для зниження рівнів шумів в замкнених дворах і на вузьких вулицях також доцільно використовувати вертикальне озеленення будівель, яке зменшує поверхню віддзеркалення звуку.

Для внутрішньодворового простору характерні високочастотні джерела шуму - ігрові і дитячі майданчики, плескальні басейни та ін. У цих умовах щільні посадки зелених насаджень даватимуть набагато більший ефект зниження шуму, чим в умовах поширення низькочастотного транспортного шуму.

В будь-якому разі, потрібно зонування по відношенню до джерела шуму і передусім по відношенню до транспортних магістралей, шумних міських об'єктів і територій. Прийоми зонування нерідкі серед існуючих в містах рішень по плануванню і забудові примігистральної території. Проте вони недостатньо повно проявляються і тому вирішують задачу захисту від шуму лише частково.

У районах міст, що характеризуються безліччю чинників, що утрудняють створення нормального шумового режиму на примігистральних територіях, що реконструюються, окрім загальномістобудівних заходів можуть бути використані шумозахисні будинки, виїмки, тунелі, стінки на естакадах і тому подібні рішення.

Мінімальні розриви між селитьбою і транспортними комунікаціями можуть бути істотно скорочені завдяки розташуванню швид-

кісних і спеціалізованих доріг в тунелях, виїмках, за схилами природного і штучного рельєфу (пагорби, яри, балки, земляні кавальєри і ін.), за спеціальними придорожніми екрануючими спорудами.

Істотний вплив на поширення шуму надають перешкоди у вигляді екранів, що представляють собою стінки, земляні насипи, укоси виїмок, будинку й т.п. Якщо між джерелами шуму й точкою спостереження розташовується такий екран-бар'єр, то за ним утворюється так називана звукова тінь. Висота насипу має бути такою, щоб з вікон другого поверху прилеглих до дороги житлових будівлі не видно був рухомий по дорозі транспорт.

Однак у зоні звукової тіні шум від джерела, що екранується бар'єром, виключається не повністю. При протяжному лінійному джерелі, такому, наприклад, як дорога, бар'єр має бути дуже довгим, щоб він міг дати максимальне зниження шуму. Дія бар'єру обмеженої довжини, коли деяка частина дороги стає видимою з точки спостереження за бар'єром, дещо втрачає свою ефективність. Відбувається часткове огинання звуком перешкоди (екрана), що порозумівається явищем дифракції. У виразній формі дифракція виявляється в тому випадку, коли розміри перешкоди, що обгинає, розмірні з довжиною хвилі.

Дифракція порозумівається тим, що, відповідно до принципу Гюйгенса, кожен елемент обсягу або частка середовища, у яких поширюється звук, є центром (джерелом) елементарних сферичних хвиль. Наслідком цього є часткове проникнення хвильової енергії в область звукової тіні за перешкодою.

Ступінь проникнення звукових хвиль в область звукової тіні залежить від співвідношення між розміром перешкоди й довжиною хвилі. Чим більше довжина звукової хвилі, тим менше при даному розмірі перешкоди область тіні за ним.

Зниження звуку завдяки екрануванню може досягати 20 дБ і більш. Це зниження звуку екраном додається до зниження від поширення на відстань від поглинання в повітрі і від впливу поверхні землі. На порівняно обмеженій відстані (40-50 м) воно досить велике, і тому захист від шуму екрануючими перешкодами найбільш ради-

кальний з усіх наявних засобів зменшення шуму у відкритому повітряному просторі. Одне з можливих рішень шумозахисних екранів і бар'єрів - поєднання виїмки з насипом, яке скорочує земляні роботи.

Для ефективної боротьби з шумом рекомендується застосовувати на вулицях і дорогах, в житлових мікрорайонах і в зонах відпочинку захисні екрани (стінки, земляні кавальєри і т.п.) у поєднанні з шумозахисними зеленими насадженнями або з декоративним озелененням.

Перешкоди, що екранують шум, можуть бути представлені в проєктах детального планування і забудови житлового району або мікрорайону у вигляді: будівель житлового і нежитлового призначення, штучного або природного рельєфу, придорожніх підпірних, захищаючих і спеціальних шумозахисних стінок, виїмок, земляних кавальєрів і ін. Ефективність зниження шуму такими екрануючими спорудами прямо пропорційна їх висоті і протяжності і назад пропорційна відстані від джерела шуму до екрану і точки спостереження (розрахунку), висоті джерела і точки спостереження над поверхнею землі, довжині хвиль звукових коливань.

При застосуванні екранів-стінок з бетону, склоблоків або прозорого пластика в деяких випадках доцільно поєднувати їх з озелененням, що забезпечить необхідний захист забудови від транспортного шуму і сприятливе архітектурно - композиційне рішення.

Аналогічні умови вимагаються і для влаштування кавальєрів, які також можуть бути використані в комплексі з озелененням, стінками, виїмками і трактуватимуться як штучний рельєф.

При невеликій ширині вулиць і при відносно великій поверховості забудови, що характерно для центральних районів міст, що склалися, найдоцільніше застосовувати тунелі для пропуску транспорту, перекривати вулиці пішохідними платформами на рівні другого поверху, в перших поверхах житлових будівель розміщувати обслуговуючі приміщення.

На ширших вулицях можна робити напіввиїмки або виїмки; при цьому вікна квартир, що потрапляють в зону прямої дії шуму, повинні мати підвищену звукоізоляцію, а самі приміщення - систему

кондиціонування або припливно-витяжну вентиляцію.

Одночасно з цими заходами повинно здійснюватися і перепризначення приміщень в будівлях по вертикалі.

В процесі реконструкції забудови магістралей слід в окремих випадках здійснювати по етапах перепризначення приміщень будинків від периметра в глибину забудови, тобто формувати таким чином шумозахисну зону приміщень нежитлового призначення. При цьому такі приміщення, що виходять на магістраль, можуть бути об'єднані на окремих найбільш шумних ділянках вулиць в суцільні протяжні об'єми з урахуванням напрямку руху пішохідних потоків.

Архітектурно-просторова композиція ділянок магістральних вулиць, що проходять через територію центру, повинна здійснюватися з урахуванням комплексу вимог зручності пішохідних зв'язків між обома сторонами вулиць.

Враховуючи велику концентрацію пішохідного руху на ділянках магістралей центру міста і необхідність розподілу потоків транспорту і пішоходів на самостійні і ізольовані один від одного траси, доцільно використовувати спеціальні пристрої: платформи, тунелі і тому подібне, які могли б одночасно служити функціональним цілям і цілям захисту забудови від транспортного шуму. У цих умовах рекомендуються також пішохідні вулиці, відокремлені від магістралі протяжними будівлями торговельних і обслуговуючих установ; входи в них слід розташовувати з боку пішохідної вулиці.

Розташування екрануючих житлових і громадських будівель із спеціальним плануванням приміщень в безпосередній близькості до джерела зовнішніх шумів дозволяє практично без обмеження скорочувати необхідні територіальні розриви, оскільки ефект зниження шуму завдяки екрануванню може досягати 20-30 дБ А і залежить в основному від протяжності і поверховості будинку.

Такі екрануючі будівлі і споруди доцільно розташовувати як можна ближче до джерела шуму. При проектуванні спеціальних екрануючих стін поверхневу масу слід передбачати не менше 20 кг/м^2 і для усунення відбитих звукових хвиль облицьовувати звукопоглинальними матеріалами.

Житлові і громадські будівлі, використовувані як екран, для обмеження зони поширення шуму в глибину селища повинні мати спеціальне планування приміщень, можливість орієнтації спальних кімнат, операційних, палат і інших нормованих по рівню звуку приміщень у бік звукової тіні, розташованої за екраном.

Підсобні приміщення (коридори, сходові клітини, кухні, санвузли, вестибюлі та ін.), де перебування людини є короткочасним або по функціональному призначенню пов'язано з підвищеними рівнями шуму, слід розташовувати з боку джерела зовнішнього шуму, наприклад транспортній магістралі.

Для реалізації методу орієнтації приміщень по відношенню до джерела шуму можна застосовувати в проектах планування і забудови будинку галерейного типу і типові житлові будинки з багатокімнатними квартирами. У останньому випадку окрім підсобних приміщень у бік джерела шуму можуть бути орієнтовані неспальні кімнати.

Доцільно передбачати ізоляцію швидкісних і міських доріг від громадських і житлових будівель за допомогою розривів, заповнених зеленими насадженнями, автостоянками, гаражами і іншими спорудами з ненормованим шумовим режимом.

На поширення шуму в приземному просторі великий вплив здійснюють зелені насадження - дерева й чагарники. У зелених насадженнях звукові хвилі, наштовхуючись на перешкоди - листи, хвою, гілки й стовбури дерев, вигинаються, відбиваються й поглинаються.

Аналізуючи зниження шуму зеленими насадженнями, можна зробити висновок, що найбільше зниження відбувається на високих частотах. Разом з тим транспортні джерела шуму, що домінують у житловій забудові міст, мають низькочастотний або середнечастотний характер спектра. Отже, очікувати більших показників зменшення шуму від зелених насаджень, розміщених уздовж магістральних міських вулиць при їхній звичайній ширині, не доводиться, тому що зелені насадження можуть мати ширину лише 10-20 м. Крім того, варто помітити, що звичайні посадки із просвітами між кронами де-

рев і вільним простором між стовбурами, через яке можна переглядати предмети, розташовані за смугою зелених насаджень, не дають майже ніякого шумозахисного ефекту. Такий вид шумозахисту не може мати практичного значення на зниження транспортного шуму. Найбільш густі зарості на частоті 500 Гц дають зниження близько 3 дБ на кожні 10 м. Тому можна зробити висновок, що зелені насадження, що не прозорі, тільки здійснюють деякий вплив, що деяким чином знижує шум. Отже, щоб домогтися шумозахисного ефекту, посадки дерев і чагарників не повинні мати, просвітів, тобто крони дерев повинні бути зімкнуті, а простір під кронами захищено щільними кущами.

На зниження рівня звуку впливає форма посадки дерев у смузі. Смуга, що складається з декількох рядів дерев з розривами між ними, краще знижує шум у порівнянні зі смугою де крони замикаються. Це порозумівається тим, що крім поглинання й розсіювання звуку в смузі, що складається з рядів, проявляється також явище відбиття звукових хвиль поверхнями листя; ці відбиті хвилі спрямовані убік джерела. Різниця в зниженні шуму при однаковій ширині смуг тієї або іншої конструкції посадок відповідає приблизно кількості рядів, кожний з яких дає додаткове зниження в 1 дБ завдяки відбиттю.

Необхідно відзначити, що звичайні зелені насадження, застосовувані в містах помітного зниження транспортного шуму не дають. Щоб знизити рівень транспортного шуму, необхідно створювати спеціальні шумозахисні смуги, у яких не повинне бути розривів між кронами дерев і просвітів між поверхнею землі й низом крон. Ці розриви треба щільно заповнювати чагарниками. Критерієм ефективного шумозахисту можна вважати непрозорість, тобто коли крізь смугу, по всій її висоті, не будуть проглядатися білі предмети при яскравому сонячному освітленні.

У проектах планування, забудови і озеленення міських територій шумозахисні смуги зелених насаджень слід розташовувати біля джерел шуму, а об'єкти, що захищаються, - поза зоною візуальної видимості джерела.

Якщо оцінювати дендрологічний склад шумозахисних посадок,

то необхідно відмітити, що найбільший ефект зниження шуму слід чекати від смуг, що складаються з дерев і кущів з високою питомою вагою зеленої маси. Сюди передусім слід віднести усі хвойні породи дерев. Проте в міських умовах вони часто гинуть, оскільки голки хвої покриваються брудом і кіптявою від вихлопних газів автотранспорту.

5.9. Боротьба із шумом у будівлях

Позбавитися від небажаних звуків усередині будівлі можна двома основними способами: здійснивши звукопоглинання або встановивши на шляху акустичних хвиль перешкоду (звукоізоляція). І те і інше здійснюється за допомогою акустичних матеріалів.

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

Звукоізоляція - зниження рівня звукового тиску при проходженні хвилі крізь перешкоду.

Акустичні матеріали, які застосовуються при звукоізоляції та при звукопоглинанні - будівельні вироби (найчастіше у вигляді листів, плит, матів або панелей), призначені для зміни характеру поширення звукових хвиль в приміщенні. Сприяють комфортному відтворенню звуків відповідно до особливостей людського слуху. Підходять до звукопоглинальних і звукоізольовуючих.

Будь-яке приміщення обмежене стінами, які є перешкодами для звукових хвиль. Вони бувають двох типів: одношарові, частіше монолітні (цегляні, залізобетонні, кам'яні і інші), і багатшарові, такі, що складаються з листів різних матеріалів. Підвищити звукоізоляцію обгороджувальних можна двома способами:

- зробити так, щоб звукова хвиля не змогла змусити перешкоду коливатися, передаючи при цьому звук всередину приміщення;
- добитися поглинання і розсіювання енергії звукової хвилі усередині конструкції, що захищає.

Перший шлях вимагає, щоб перешкода була або масивною (важкою), або жорсткою.

Другий шлях реалізується за допомогою багатошарових конструкцій з пористих і волокнистих матеріалів.

Звукоізоляційні властивості одношарових конструкцій залежать, передусім, від маси і жорсткості конструкції і матеріалу. Чим важче і товще моноліт і вище частота звуку, тим менше стіна вібрує, і, значить, її звукоізолююча здатність краща. Втім, зв'язок між цими параметрами не прямий. Так, бетонна стіна досить поширеної товщини 140 мм забезпечує при частоті 300 Гц звукоізоляцію всього в 39 дБ, а при частоті 1600 Гц - близько 60 дБ. Підвищення значення індексу звукоізоляції шляхом збільшення маси конструкції не так ефективно, як здається. Якщо обштукатурена стіна в півцеглини (завтовшки 150 мм) дасть звукоізоляцію в 47 дБ, то обштукатурена стіна завтовшки в цеглину - тільки 53-54 дБ. Іншими словами, подвоєння маси поліпшить звукоізоляцію всього на 6-7 дБ.

Багатошарова конструкція є з'єднанням листів різних матеріалів, між якими іноді спеціально залишають повітряні прошарки. У такій структурі вібрації затухають швидше, ніж в однорідному матеріалі. Звукоізоляційні властивості "листової" перегородки порівняно невеликі з властивостями монолітної стіни. Так, перегородка завтовшки 150 мм з 40-міліметровим шаром заповнювача з мінеральної вати і повітряною порожниною в 100 мм, обшита зовні здвоєними гіпсокартонними листами завтовшки 12,5 мм кожен, забезпечить звукоізоляцію 52 дБ. Цього цілком достатньо для захисту від шуму, що створюється поширеними в побуті джерелами.

Таким чином, багатошарові конструкції можна назвати найбільш вдалим рішенням для забезпечення акустичного комфорту в наших будинках.

Зазвичай як заповнювач багатошарових конструкцій використовують наступні матеріали: мінеральну вату, скловолокно, пінополіуретан, пінополістирол.

Мінеральна вата здатна поглинати і регулювати рівень шуму. Завдяки своїй структурі (щонайтонші волокна розташовані хаотично в горизонтальному і вертикальному напрямках, під різними кутами один до одного), вона значно зменшує ризик виникнення вертикальних звукових хвиль між поверхнями стіни, покращує повітряну звукоізоляцію приміщення, скорочує час реверберації. Мінеральну вату використовують як ізоляцію в стінах, стелях, дахах і між поверхнями будівель. Як додаткові переваги можна назвати гідрофобність,

вогнестійкість, паропроникненість і екологічну безпеку (під впливом відкритого вогню плити з мінеральної вати не димлять і не виділяють токсичні гази).

Скловолокно дозволяє виготовити набагато легші плити, ніж з мінеральної вати. Цей матеріал також є ефективним звукопоглиначем, по великій частині властивостей (не лише акустичних) має багато спільного з мінеральною ватою. Проте, на думку деяких фахівців, їх використання можливе тільки за наявності спеціальних покриттів, що виключають емісію часток скловолокна. При цьому для виконання своїх акустичних функцій покриття має бути пористим, тобто негерметичним.

Пінополіуретан - це неплавка термореактивна пластмаса з яскраво вираженою пористо-комірчастою структурою. Цей матеріал має хороші звукоізоляційні показники при захисті від ударного шуму (наприклад, від тупоту сусідських дітей згори), але, як стверджують фахівці компаній, що представляють на будівельному ринку акустичні матеріали і технології, для ізоляції від інших шумів (розмови, музика) він малоефективний, навіть при збільшенні товщини до 50 мм. До того ж пористі матеріали за рівних умов (щільність, товщина, рівність поверхні) поступаються по звукопоглинанню волокнистим (мінеральна і скловата), оскільки за рахунок тертя волокон між собою відбувається більше розсіювання енергії хвиль, що падають на поверхню, що і є процесом звукопоглинання. Те ж саме можна сказати і про пінополістирол. Обидва матеріали являються, передусім, теплоізоляційними і навряд чи можуть нести подвійне навантаження, захищаючи одночасно і від тепловтрат, і від небажаних шумів.

При виборі акустичних матеріалів слід враховувати безліч чинників. Можливо комбіноване застосування матеріалів залежно від цілей. Можна зупинитися на вибірковій звукоізоляції, наприклад, тільки стелі або стін. Важливо пам'ятати, що властивості одних і тих же матеріалів можуть досить сильно розрізнятися при зміні товщини, поверхні і так далі. При звукоізоляційних роботах, передусім, слід відштовхуватися від конкретних проблем, які повинні будуть вирішити акустичні матеріали.

Комплексний підхід до проблеми і відповідний вибір матеріалів і конструкцій дозволяють поліпшити або зберегти звукоізоляцію між квартирами і кімнатами в житлових будинках.

Висновки по проведеній науковій роботі

1. Розглянуто проблему шумового забруднення в світлі системного підходу. Застосовано методи системного аналізу для її вивчення.

2. В якості математичної моделі, що описує процеси розповсюдження звукових хвиль в міській забудові м. Києва, запропоновано застосувати авторську розробку - винахід «Спосіб визначення інтенсивності випромінювання на визначеній відстані від джерела. Фізичні явища розповсюдження звуку за її допомогою характеризуються через форми та площі хвильових фронтів.

3. Для певної області та фіксованого числа точок формулюється задача на екстремум з метою визначення рівномірного розміщення точок у цій області у разі відсутності інформації про забруднення. За наявності такої інформації визначається оптимальне розміщення точок, яке відображає суттєві зміни інтенсивності забруднення по області. Розглядається також стохастична процедура розміщення.

4. На наочних прикладах із поетапними поясненнями розглянутий процес створення карт шуму населених місць.

5. На базі безпосередніх натурних вимірів створені карти шуму: загальна, побудована по показнику: рівень звуку, дБА; і карти спектрального аналізу шуму, побудовані по показнику рівень звукового тиску, дБ в октавних смугах частот зі середньо-геометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 й 8000 Гц.

Зеленими кольорами на картах шуму виділені зони акустичного комфорту, жовтим - прийнятні, що граничать із перевищенням рівнів над нормативними; червоними кольорами позначені зони зі свідомо неприпустимими рівнями. Створення карт шуму дозволяє здійснювати моніторинг акустичного забруднення навколишнього середовища, вивчити закономірності поширення шуму в міській забудові, коректувати проектні рішення, і т.п.

6. Висунуто ідею про сполучення системного підходу до боротьби із шумом із геоінформаційною системою (ГІС), {що відбиває стан зашумованості міської території, умови акустичного комфорту /дискомфорту тощо}, а також із системою автоматизованого проектування (САПР), {яка надає можливість створювати перешкоди на шляху розповсюдження шуму, наприклад, акустичні екрани, розраховуючи їхні параметри для потрібного зменшення шуму, оптимізуючи їхні конструкції тощо}.

7. Здійснено пробу реалізувати висунуті автором ідеї на практиці.

Післямова

Головний критерій науки - повторюваність. І взагалі монографії видаються для ознайомлення широкого кола наукової громадськості із результатами наукової діяльності того чи іншого вченого. Тому ми зовсім не заперечуємо, коли хтось із читачів вирішить повторити наші експерименти, побудувати карту шуму для іншого географічного об'єкту тощо. Напроти, ми будемо тільки радіти, якщо хтось зацікавиться і, користуючись наданим тут описом, повторить те, що стало предметом нашого дослідження в м. Києві, для якоїсь іншої території, чи до якогось іншого об'єкту.

Однак нагадуємо, що теоретичні основи описаної тут роботи з картографування шумового режиму визначеної ділянки території м. Києва засновані саме на математичній моделі процесів розповсюдження *будь-якого* випромінювання, захищеної патентом України [52]. Звертаємо додаткову увагу на те, що межі патентоспроможності патенту охоплюють не тільки звук, а й будь-яке інше випромінювання якоїсь фізичної природи.

Саме авторська теорія про визначення інтенсивностей випромінювання (чи відповідних їм рівнів) складала суть наукової гіпотези докторської дисертації [40], захищеної в 2012 році. Деякі аспекти наукової новизни нашої роботи, що не включені в дану книгу, детально розвинуті в наших попередніх монографіях [24, 55, 59, 66].

Безумовно, користуючись запропонованим "способом визначення інтенсивності...", та методичними вказівками до його застосування, розташованими в тій же книзі, при наявності даних безпосередніх натурних вимірів, можливо побудувати нескінченну кількість картографічних матеріалів, що являють собою двомірні пласкі чи тривимірні просторові картини розповсюдження того чи іншого випромінювання: (звукового, електромагнітного тощо) на тій чи іншій ділянці цієї території. Якщо таким, чи якимось іншим шляхом, на який підштовхує дана книга, будуть отримані карти розповсюдження техногенних забруднень довкілля, ми будемо тільки радіти.

Але при будь-якому застосуванні матеріалів, таким, чи іншим чином пов'язаних із "способом визначення інтенсивності...", **ОБОВ'ЯЗКОВЕ** посилання на автора та його роботи: патент [52], автореферат дисертації [40], попередні монографії [24, 55, 59, 66], та саме на цю Книгу.

Список використаних джерел

1. Конституція України: Прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 черв. 1996 р. – К.: Преса України, 1997. – 80 с.
2. Закон України "Про охорону праці". К., 2002.
3. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення".
4. Трахтенберг І.М. Гігієна праці та виробнича санітарія: Навчальний посібник/ І.М.Трахтенберг, М.М.Коршун, О.В.Чебанова; За ред. І.М.Трахтенберга.- К., 1997.- 464 с.
5. Малая медицинская энциклопедия: в 6-ти томах / Гл. ред. В.И. Покровский. М.: Изд-во Большая советская энциклопедия, 1992. – тома 1 – 6.
6. Antony A. Effects of noise on the blood eosinophil levels and adrenals of mice. / A. Antony, E. Ankerman // J. Acoust. Soc. Amer. - 1955. - P. - 1144-1149..
7. Janousek M. Sledovanie vestiburaneho aparatu v riziku hluku a ultrazvuku / M. Janousek, I. Gruberova, D. Sviter // Pr. Lec., 1985. - Vol. 37.- P. 369-374.
8. Суворов Г. А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций / Г. А. Суворов, Л. Н. Шкаринов, Э. И. Денисов. - М.: Медицина, 1984. - 240 с.
9. Суворов Г.А. Теоретические основы гигиенического нормирования шума. - /Г.А. Суворов, Л.Н. Шкаринов, Э.И. Денисов, В.Г. Овакимов // Вестник АМН СССР, 1981. - С. 62-66.
10. СНиП II-12-77. Нормы проектирования. Защита от шума. М.: Госстрой СССР, 1977.
11. ГОСТ 12.1.003-83 (СТ СЭВ 1930-79). Шум. Общие требования безопасности.
12. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. М.: Госстрой России, 2004.
13. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К.: 1999.
14. Роїна О.М. Охорона праці в Україні. Нормативна база. (3-є вид., змін. і доп.) / О.М. Роїна - К.: КНТ, 2007. - 548 с.
15. Вся база «Законодавство України». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>.
16. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (Офіційний сайт) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dnop.kiev.ua/>.
17. Державні нормативні акти з охорони праці. [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <http://dnop.com.ua>.
18. Реєстр ДНАОП. [Електронний ресурс]: <http://www.document.org.ua/dnaop/>.
19. Общая методика составления территориальных комплексных схем охраны окружающей среды городов. М.: ЦНИИ градостроительства.

- 1986. – 114 с.
20. Город-экосистема. / Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев, М. П. Жидков и др. Рук. проекта Э. А. Лихачева; Отв. ред. Д. А. Тимофеев; Рос. акад. наук, Ин-т географии, Рос. фонд фундам. исслед. М. : Медиа-пресс, 1997. – 336 с.
 21. Методология исследования сложных развивающихся систем / Под ред. А. В. Ахлибинского. - СПб.: ЛЭТИ, 2003. - 182 с.
 22. Юдин Б. Г. Системный анализ. [Электронный ресурс]/ Б. Г. Юдин. – Режим доступа: <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/102/641.htm>.
 23. Блауберг И. В. Системный подход. [Электронный ресурс]/ И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин. – Режим доступа: <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/102/642.htm>.
 24. Абракітов В.Е. На шляху до наукових відкриттів: монографія. / В.Е. Абракітов. - Х.: Парус, 2007. – 424 с. - ISBN 966-695-085-5.
 25. Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем. / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. - М.: Советское радио, 1973. - 440 с.
 26. Ильичев А.В. Устойчивое развитие и безопасность сложных систем. / А. В. Ильичев - М.: Вычисл. центр РАН, 2001. - 189 с.
 27. Абракітов В.Э. Концепция Управляемого Вдохновения. / В.Э. Абракітов. - Х.: Копировальный Центр ФОП Ивановой М.А., 2008. - 400 с.
 28. Конюшая Ю.П. Открытия советских ученых. / Ю. П. Конюшая.- М.: Моск. рабочий, 1979. - 688 с.
 29. Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем: монография. / А. И. Уемов. М.: Мысль, 1978. - 272 с.
 30. Хомяков Д.М. Основы системного анализа. / Д.М. Хомяков, П.М. Хомяков. - М.: Изд-во мех.-мат.ф-та. МГУ, 1996. - 107 с.
 31. Гагин В.В. Лезвие жизни (системный анализ). / В.В. Гагин. - Одесса, 2001. - 332 с.
 32. Абракітов В.Э. Замкнутые системы. [Электронный ресурс]/ В.Э. Абракітов. – Режим доступа: <http://www.shedevrostroenie.narod.ru/lock-in-systems.htm> .
 33. Буравльов Є. П. Сучасний погляд на технологічну безпеку / Є. П. Буравльов, В. В. Гетьман. // Стратегічна панорама. - 2005. - № 1. 2005. - №1. - С. 33-41.
 34. Абракітов В.Э. Использование системного подхода и системного анализа для решения проблемы борьбы с шумом (в рамках обеспечения экологической безопасности окружающей среды) / В.Э. Абракітов, С.Е. Селиванов, Г.М. Жолткевич // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. №849. Сер. Екологія. - Х.: Видавництво ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. - С. 85 - 89.
 35. Гліненко Л.К. Основи моделювання технічних систем. /

- Л.К. Гліненко, О.Г. Сухоносів. - Львів, 2003. - 176 с.
36. Абракітов В.Е. Концепція керованого натхнення. / В.Е. Абракітов // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Ефективні інструменти сучасних наук - 2007". - Том 7. Історія. Філософія. Музика і життя. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2007. - С. 32-37.
 37. Елфімов Г. М. Основи системного аналізу. / Г. М. Елфімов, В. С. Красніков. - СПб.: Северо-Западна академія гос. служби, 1998. - 108 с.
 38. Шеннон Р. Імітаційне моделювання систем - мистецтво і наука: Пер. з англ. / Р. Шеннон. - М.: Мир, 1978. - 302 с.
 39. Кулік В.Т. Алгоритмізація об'єктів управління. Справочник. / В.Т. Кулік. - К.: Наукова думка, 1968. - 363 с.
 40. Абракітов В.Э. Совершенствование акустического комфорта методами моделирования распространения, поглощения и изоляции звуковых волн: автореф. дис. доктора. техн. наук: 27.00.02 /Абракітов Владимир Эдуардович; Міжнародна Академія Наук екології і безпеки життєдіяльності. – СПб, 2012. – 48 с.
 41. Форрестер Дж. Мировая динамика: Пер. с англ. / Дж. Форрестер. - М.: Наука, 1978. - 168 с.
 42. Адамсон А.А. Исследование транспортного шума г. Таллина: автореферат дисс. канд. техн. наук. / А.А. Адамсон. - Таллин, 1965. – 26 с.
 43. Леон Намуче Хосе Карлос. Влияние акустической автотранспортной нагрузки на эколого-функциональное состояние популяции городских жителей :на примере г. Чиклайо республики Перу: автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.00.16, 05.26.02 / Леон Намуче Хосе Карлос: Российский университет дружбы народов. – М., 2006. – 16 с.
 44. Паранько Н.М. К вопросу о системном методе борьбы с шумом в современном городе. / Н.М. Паранько, А.Н. Троцяко, Е.П. Самойлюк. // Гигиена и санитария. - 1989. - № 6. - С. 13-15.
 45. Устинов Ю.Ф. Системный анализ и метод конечных элементов в задачах прогнозирования и расчета виброакустических параметров землеройно-транспортных машин / Ю.Ф. Устинов, А.А. Петранин, Е.Н. Петреня // Изв. вузов. Строительство. - 1997. - № 3. - с.95.
 46. Черемных Н.Н. Структурно-системный подход к проблеме улучшения условий труда в лесопильно - деревообрабатывающих производствах по критерию улучшения шумовых характеристик / Н.Н. Черемных // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 11 – С. 44-45.
 47. Черемных Н.Н. Структурно-системный подход к проблеме улучшения условий труда в лесопильно-деревообрабатывающих

- производствах по критерию улучшения шумовых характеристик. [Электронный ресурс]/ Н.Н. Черемных – Режим доступа: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7782602
48. Данова К.В. Теорія систем в дослідженні шуму пасажирських транспортних засобів / К. В. Данова // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вып. 38. - Дн-ск, ПГАСА, 2006. - С. 92-97.
 49. Абракизов В.Э. Натурные измерения уличного шума (с учетом фонового вклада метеорологических явлений в суммарный звуковой спектр) / В.Э. Абракизов // Коммунальное хозяйство городов. Вып. № 88. К. – Техніка, 2009. - С. 364-370.
 50. Абракизов В.Э. О вкладе фонового шума в общую картину шумового загрязнения окружающей среды (на базе данных непосредственных натуральных измерений, проведенных лично автором). / В.Э. Абракизов // Науковий вісник будівництва. Вып. № 53. - Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 263-266.
 51. Абракизов В.Э. Натурные исследования шума г. Харькова. /В.Э. Абракизов. - Х.: Парус, 2008. – 68 с.
 52. Пат. 51229 Україна, МПК04В 1/82. Спосіб ослаблення інтенсивності звукових хвиль / Абракітов В.Е. - Опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.
 53. Поспелов П.И. Борьба с шумом на автомобильных дорогах. / П.И. Поспелов. - М.: Транспорт, 1981. – 88 с.
 54. Руководство по разработке карт шума улично-дорожной сети городов. М.: НИИСФ Госстроя СССР, 1980.
 55. Абракітов В.Е. Моделювання в акустиці: монографія / В.Е. Абракітов; Харьк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2011. - 227 с. - ISBN 978-966-695-226-7.
 56. Самойлюк Е.П. Борьба с шумом в градостроительстве. / Е.П. Самойлюк. - К.: Будівельник, 1975. – 126 с.
 57. Градостроительные меры борьбы с шумом / Осипов Г.Л. и др. - М.: Стройиздат, 1975. – 215 с.
 58. Абракизов В.Э. Методологическая основа составления карты шума г. Харькова. / В.Э. Абракизов // Науковий вісник будівництва. Вып. № 55. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 279 - 284.
 59. Абракітов В.Е. Картографування шумового режиму центральної частини міста Харкова. Монографія. / В.Е. Абракітов; Харьк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2010. - 266 с. - ISBN 978-966-695-178-9.
 60. Селіванов С.Є. Визначення інтенсивності випромінювання на відстані від джерела залежно від форми хвильового фронту. / С.Є. Селіванов, В.Е. Абракітов, О.Ю. Нікітченко, Я.І. Чупріна // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып. №. 79. - К.: Техніка, 2007. – С. 356-363.

61. Абракітов В.Э. Экспериментальная проверка научной гипотезы о спаде интенсивности шумового излучения на расстоянии пропорционально отношению площадей волновых фронтов. / В.Э. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. 54. - Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 326-332.
62. Абракітов В.Э. Проблемы моделирования в акустике и путь их решения./ В.Э. Абракітов // Оралдың ғылым жаршысы. Научно-теоретич. и практич. журнал. № 5(6) 2007. - Қазақстан: Уралнауқкнига. – С. 8-14.
63. Ефимов Н.В. Линейная алгебра и многомерная геометрия. / Н.В. Ефимов, Э.Р. Розендорн. М.: Физматлит, ; 2004. - 464 с. - ISBN 5-9221-0386-5
64. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. / Ф.Р. Гантмахер. - М.: Наука, 1967. – 576 с.
65. Корбут А.А. Теория систем или математика? / А.А. Корбут // Исследование систем: Материалы Всесоюзного симпозиума. М., 1971. - С. 205–206.
66. Абракітов В.Е. Багаторазові відбиття звуку в акустичних розрахунках: монографія. / В.Е. Абракітов; Харьк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2007. - 416 с. - ISBN 978-966-8482-63-2.
67. Тэйлор Р. Шум. / Р. Тэйлор. Пер. с англ. Д. И. Арнольда. Под ред. М. А. Исаковича. М.: Мир, 1978. - 308 с.
68. Абракітов В.Э. Аналоговое и квазианалоговое моделирование процессов распространения звука в пространстве для прогнозирования шумового режима на защищаемом объекте. / В.Э. Абракітов. – Харьков: АО ХГПИ, 1997. – 40 с.
69. Абракітов В.Э. Аналогове та квазіаналогове моделювання процесів розповсюдження звуку в просторі для прогнозування шумового режиму на об'єкті, що захищається. Друге видання, перероблене та доповнене. – / В.Е. Абракітов. – Х.: Парус, 2007. – 108 с.
70. Абракітов В.Э. Типичные формы волновых фронтов разнообразных видов излучений / В.Э. Абракітов. // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Вып. № 38. - К.: Техніка, 2002. – С. 215 – 219.
71. Коржик Б.М. Влияние фронтов поверхности распространения звуковой энергии на расчеты уровней звукового давления в целях прогнозирования шумового режима городов / Б.М. Коржик, В.Э. Абракітов. // Коммунальное хозяйство городов: Республик. межведомственный сборник. Вып. №3. - К.: Техніка, 1994. - С. 105-110.
72. Абракітов В.Е. Майбутнє - за тривимірними просторовими картами шуму. / В.Э. Абракітов. // Коммунальное хозяйство городов: На-

- уч.-техн. сборник. Вып. 91. - К.-Харьков: Основа, 2010. - С. 161-168.
73. Абракітов В.Э., Аналоговое моделювання процесів розповсюдження звуку на території міста/ В. Э. Абракітов, С. В. Нестеренко. // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. Вып. № 121. - Х.: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2002. - С. 87 - 94.
74. Самойлюк Е.П. Борьба с шумом в населенных местах. / Е.П. Самойлюк, В.И. Денисенко, А.П. Пилипенко. - К.: Будівельник, 1981. — 144 с.
75. Самойлюк Е.П. Методика построения карты шума и оценки акустического благоустройства микрорайона. / Е.П. Самойлюк, Л.Г. Сафонова Днепропетровск: ДИСИ, 1974. – 32 с.
76. Абракітов В.Э. Аналоговое моделювання при решении задач борьбы с шумом: дисс.... канд. техн. наук: 05.26.01. / В. Э. Абракітов; Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры. - Днепропетровск, 1995.- 157 с.
77. Абракітов В.Е. Каустики хвильових фронтів, і їхні метаморфози / В.Е. Абракітов // Строительство, материаловедение, машиностроение / Сб. научн. трудов. Вып. 28. – Дн-ск, ПГАСиА, 2004. – С. 237-241.
78. Абракітов В.Е. Причины утворення каустик і мікроструктура фронту звукової хвилі. / В.Е. Абракітов, О.Ю. Нікітченко, С.Є. Селіванов // Коммунальное хозяйство городов. Вып. 81. К. Техніка, 2008. - С. 366-373.
79. Блинова Л.П. Акустические измерения./ Л.П. Блинова, А.Е. Колесников, Л.Б. Ланганс. - М.: Изд-во стандартов, 1971. – 272 с.
80. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики.
81. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення
82. ГОСТ 12.1.003-83*. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
83. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук. К. - 1999. - 32 с.
84. ГОСТ 12.1.029-80 (СТ СЭВ 1928-79) ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
85. ГОСТ 12.1.036-81. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
86. Марков С. Б. Опыт построения карт шума в условиях сложной городской настройки с помощью программного комплекса EXNOISE / С.Б. Марков // Автотранспорт: от экологической политики до повседневной практики Труды IV Международной научно-практической конференции. 20-21 марта 2008 г. СПб: Изд-во МАНЭБ, 2008.- С. 42-48.

87. Абракитов В.Е. Натурные исследования шумового режима на территории г. Киева / В.Е. Абракитов, О.Ю. Никитченко // Научный вестник строительства. Вып. 62. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. - С. 267-273.
88. Абракитов В.Е. Моделирование процессов розповсюдження шуму у міській забудові із застосуванням комп'ютерних технологій / В.Е. Абракитов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХІХ міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІV. (MicroCAD-2011, 01-03.06.2011 р.)– Х.: НТУ «ХП».- С.61.
89. Абракитов В.Е. Шумовий режим центральної частини м. Києва в районі вулиці Хрещатик. / В.Е. Абракитов. // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства. Матеріали ІV Міжнародної науково-практичної конференції: Науково-техн. збірник. - К.: Основа, 2011. - С. 231-237.
90. Строительный словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/stroitel/3966>.
91. Справочник по функционально-стоимостному анализу / А. П. Ковалев, Н. К. Моисеева, В. В. Сысун и др. / Под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 431 с.
92. Анфилатов В. С. Системный анализ в управлении : Учеб. пособие. / В. С Анфилатов, А. А., Емельянов, А. А. Кукушкин; Под ред. А. А. Емельянова. - М.: Финансы и статистика, 2003. - 368 с: ил.
93. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. / Н. Кристофидес. - М.: Мир, 1978. - 432 с.
94. Овезгельдыев А. О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. / А. О. Овезгельдыев, Э. Г. Петров, К. Э. Петров. - К. : Наук. думка, 2002. - 164 с.
95. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации. / А. П. Ротштейн. — К.: МАУП, 2002. - 892 с.
96. Шокин Ю. И. Интервальный анализ. / Ю. И. Шокин. - Новосибирск: Наука, 1981. - 134 с.
97. Петров Э.Г. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах: Учебное пособие / Э. Г. Петров, М. В. Новожилова, И. В. Гребенник, Н. А. Соколова // Херсон: ОЛДІ-плюс, 2003. – 380 с.
98. ГОСТ 12.4.051-78 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов слуха. Общие технические требования и методы испытаний.
99. Самойлюк Е.П. Борьба с шумом и вибрацией в строительстве и на предприятиях строительной индустрии. / Е.П. Самойлюк, В.В. Сафонов - К., 1979. - 152 с.

Глосарій

Аналіз (analysis)

Процес формулювання питань або предмета дослідження, моделювання рішення завдання, одержання результатів моделювання, інтерпретації отриманих результатів й, по можливості, складання рекомендацій.

Анотація (annotation)

Описовий текст, використовуваний для надписування об'єктів на карті або навколо її. Інформація, що зберігається в анотації, містить текстову строку, позицію, на якій цей текст може відбиватись, і характеристики відображення.

Атрибут (attribute)

1. Інформація про географічний об'єкт у ГІС, що звичайно зберігається в таблиці й що пов'язана із цим об'єктом за унікальним ідентифікатором.

2. У наборах растрових даних - інформація, пов'язана з кожним унікальним значенням осередків растра.

3. Картографічна інформація, що визначає те, як просторові об'єкти відображаються й надписуються на карті; наприклад, картографічні атрибути ріки можуть включати товщину лінії, довжину лінії, кольори, шрифт напису.

База геоданих (geodatabase)

Об'єктно-орієнтована модель даних, що представляє географічні об'єкти й атрибути у вигляді об'єктів й відношень між об'єктами, але така, що існує усередині реляційної системи управління базами даних. База геоданих може зберігати об'єкти, такі як класи просторових об'єктів, набори класів об'єктів, непросторові таблиці й класи відносин.

Вектор (vector)

1. Заснована на координатах модель даних, що являє собою географічні об'єкти у вигляді точок, ліній і полігонів. Кожен точковий об'єкт представляється однією парою координат, а лінійні й полігональні об'єкти представляються впорядкованим списком вершин. З кожним просторовим об'єктом асоційовані атрибути, у той час як у растровій моделі дані атрибути пов'язані з осередками сітки.

2. Величина, що характеризується числовим значенням і напрямком.

Див. також Растр.

Версія (version)

У базах геоданих - альтернативне подання бази даних, у якій є власник, опис, права доступу (особиста, захищена або загальна) і батьківська версія. Версії незалежні, тобто внесення змін в одну версію не

робить впливу на інші версії бази даних.

Географічна інформаційна система (ГІС) (geographic information system, GIS)

Сукупність комп'ютерного встаткування, програмного забезпечення й географічних даних, що використовується людьми для інтеграції, аналізу й візуалізації даних, виявлення взаємозалежностей, закономірностей і трендів, для пошуку рішень різних завдань. Ця система розроблена для збору, зберігання, відновлення, обробки, аналізу й відображення географічної інформації. ГІС звичайно використовується для подання карт у вигляді шарів даних, які можна вивчати й використати для виконання аналізу.

Географічні дані (geographic data)

Інформація про географічні об'єкти, включаючи їхню форму, місце розташування й опис. Географічні дані складаються із просторових даних й атрибутивних даних.

Геокодування (geocoding)

Процес присвоєння значень координат x , y вуличним адресам або поштовим кодам таким чином, щоб вони могли відобразитися при їхньому визначенні на об'єкті на карті. У ГІС для адресного геокодування необхідний посилальний набір даних, що містить атрибути адреси для потрібної території.

Геометрія (geometry)

Міри й властивості точок, ліній і поверхонь. У ГІС геометрія використовується для подання просторового аспекту географічних об'єктів. Клас геометрії в ArcGIS створюється на основі абстрактного класу Geometry для подання геометричних форм, таких як полігон або точка.

Геообробка (geoprocessing)

ГІС-операція, застосовувана для маніпулювання даними, що зберігаються в робочій області ГІС.

Типова операція геообробки витягає вхідний набір даних, виконує з ним деякі дії й повертає отриманий результат у вигляді вихідного набору даних. До звичайних операцій геообробки відносяться накладення об'єктів, вибір просторових об'єктів й їхній аналіз, робота з топологією й перетворення даних. Геообробка дозволяє виконувати визначення інформації, управління інформацією і її аналіз для підтримки прийняття рішень.

Грід (grid)

Формат зберігання растрових даних, що визначає географічний простір у вигляді масиву квадратних осередків однакового розміру, згрупованих у ряди й колонки. Кожному осередку надано числове значення, що представляє географічний атрибут, такий як висота, для

цієї одиниці простору. При візуалізації ґриду у вигляді карти осередкам привласнюються кольори відповідно із цими значеннями. Просторова прив'язка кожного осередку ґриду проводиться по місцю з відповідними x , y координатами.

Дані (data)

Любий набір зв'язаних фактів, представлених у конкретному форматі; часто під даними розуміються базові елементи інформації, для створення, зберігання й обробки яких використовується комп'ютер.

Домен (domain)

Група комп'ютерів й інших пристроїв у мережі, які адмініструються як єдиний блок з використанням загальних правил і процедур. В Інтернет домен визначається за IP-адресою. Всі пристрої із однаковою загальною частиною IP-адреси вважаються приналежними до того ж самого домену.

Запит (query)

Вимога на вибірку просторових об'єктів або записів з бази даних. Запит часто записується у вигляді оператора або логічного вираження.

Зображення (image)

Растрове подання або опис сцени, найчастіше одержуване за допомогою оптичного або електронного пристрою, такого як камера або сканер. Типовими прикладами є отскановані дані й фотознімки. Зображення зберігається як набір растрових даних у вигляді двійкових або цілочисельних значень, які представляють інтенсивність відбитого світла, тепла, звуку або будь-якого іншого діапазону значень шкали електромагнітних хвиль. Зображення може містити один або кілька каналів.

Інструмент (tool)

1. Елемент ArcGIS, що виконує одну зі спеціальних завдань геообробки, таких як розбивка, вирізання, очищення або створення буферної зони. Інструмент може належати будь-якої кількості наборів й/або груп інструментів.

2. Команда, для виконання якої необхідне взаємодія з користувальницьким інтерфейсом. Наприклад, використовуючи інструмент Збільшити (Zoom In), для перемальовування в більшому масштабі необхідно спочатку клацнути мишею або тягти прямокутник навколо географічних даних або на карті. Інструменти можна додати в будь-яку панель інструментів.

Картографія (cartography)

Мистецтво й наука графічного подання, звичайно у вигляді карт, природних і соціальних об'єктів навколишнього світу.

Каталог растрів (raster catalog)

Скупність наборів растрових даних, що визначаються у таблиці

будь-якого формату, у якій записи являють собою окремі набори растрових даних, включені в каталог. Каталог растрів використовується для відображення суміжних або наборів, що перекриваються, растрових даних без створення їхньої мозаїки у вигляді одного великого файлу.

Клас відношень (relationship class)

Елемент бази геоданих для зберігання інформації про відносини між об'єктами. Клас відносин відображається у вигляді окремого елемента в дереві ArcCatalog або у вікні змісту.

Клас просторових об'єктів (feature class)

Набір географічних об'єктів з однаковим типом геометрії (таким як точка, лінія або полігон), загальними атрибутами й просторовою прив'язкою. Класи просторових об'єктів можуть зберігатися самостійно в базі геоданих, або втримуватися в шейп-файлах, покриттях або в інших наборах класів об'єктів. Для цілей зберігання дані класи просторових об'єктів дозволяють групувати однорідні об'єкти у вигляді окремого блоку. Наприклад, автомагістралі, основні дороги й другорядні дороги можуть бути згруповані в клас лінійних об'єктів з ім'ям "дороги". У базі геоданих класи просторових об'єктів також можуть зберігати анотації й розміри об'єктів.

Лінія (line)

Геометрична форма з довжиною й напрямком, але без площі, що з'єднує не менш двох пар координат x, y. Лініями представляються географічні об'єкти, занадто вузькі для їхнього відображення у вигляді майданного об'єкта при заданому масштабі, такі як контури, центральні лінії вулиць і водотоки, або об'єкти без площі, що утворюють границі полігонів, такі як лінії границь країни або області.

Мапа, Карта (map)

1. Графічне подання на площині фізичних об'єктів на всій або на частини земної поверхні або іншого тіла, або небесної сфери, що використовує геометричні форми для подання об'єктів і символи для опису їхньої сутності; у масштабі менше ніж 1:1. Звичайно карти використовують задану проекцію й покажчик напрямку орієнтації.

2. Будь-яке графічне подання географічної або просторової інформації.

3. Документ, використовуваний в ArcMap для відбиття географічних даних і роботи з ними. В ArcMap карта містить один або кілька шарів географічних даних, що перебувають у фреймах даних, а також інші елементи оформлення карти, такі як масштабна лінійка.

Мережа (network)

1. Набір елементів ребер, з'єднань і поворотів, а також їхній зв'язок один з одним; також зветься логічною мережею. Інакше кажучи, це взаємозалежний набір ліній, що представляє можливі шляхи переміщення з одного

пункту в іншій. Прикладом мережі є шар міських вулиць.

2. У комп'ютерній галузі, група комп'ютерів із загальним програмним забезпеченням, даними й периферійними пристроями, прикладами є локальні (LAN) і глобальні (WAN) мережі.

Метадані (metadata)

Інформація про зміст, якість, умови й інші характеристики даних. Метадані для географічних даних можуть документувати їхні властивості: як, коли, де й ким дані були зібрані; точність даних; інформація про їхню доступність й умови поширення; їхні проєкції, масштаб, й точність; а також про надійність даних стосовно деякого стандарту. Метадані включають властивості й документацію. Властивості витягаються із джерела даних (наприклад, система координат і проєкція), а документація вводиться людиною (наприклад, по ключових словах, використаним для опису даних).

Модель (model)

1. Абстракція й опис реальності, використовуваний для подання об'єктів, процесів або явищ. Подання даних для опису реального миру, наприклад, векторна модель даних.

2. Набір ясно певних аналітичних процедур, використовуваних для добування нової інформації з вихідних даних.

3. Набір правил і процедур для подання явища або прогнозування результату. У геообробці модель складається з одного процесу або послідовності з'єднаних разом процесів.

Модель даних (data model)

У загальному значенні, це абстрактне подання реального миру, що включає тільки ті властивості, які розглядаються як важливі для конкретного додатка. Звичайно в моделі даних визначаються специфічні групи елементів, їхні атрибутивні значення й відносини між ними. У ГІС моделі даних часто використовуються для механістичного подання й організації просторових даних; наприклад, векторна модель даних і растрова модель даних. Модель даних не залежить від комп'ютерної системи й пов'язаних з нею структур даних.

Модель даних бази геоданих (geodatabase data model)

Модель географічних даних, що являє собою просторові об'єкти реального миру як об'єкти в об'єктно-орієнтованій базі даних. У моделі дані бази геоданих просторові об'єкти зберігаються як рядки в таблиці, а їхня геометрія зберігається в службовому полі форми shape. Об'єкти в моделі дані бази геоданих можуть володіти власним (заданим користувачем) поведженням.

Мульти-патч (multipatch)

Тип геометрії, використовуваний для подання зовнішньої поверх-

ні, або оболонки, просторових об'єктів, що займають відособлену частину або обсяг в 3D-просторі. Він складається із планарних 3D-кілець і трикутників, що спільно використовуються для моделювання об'єкта. Мульти-патчі можуть використатися для подання як простих, так і складних об'єктів, включаючи сфери, куби, 3D - поверхні й будинки.

Набір даних (dataset)

Будь-яка організована колекція даних із загальною тематикою.

Набір даних об'єктів САПР (CAD feature dataset)

Подання файлу креслення САПР у вигляді набору просторових об'єктів у відповідності зі схемою бази геоданих. Набір просторових об'єктів САПР формується з п'яти відкритих тільки для читання класів просторових об'єктів: точки, полілінії, полігони, мульти-патчі й анотації.

Набір класів об'єктів (feature dataset)

Це набір класів просторових об'єктів, що мають однакову просторову прив'язку, тобто загальну систему координат і розташування у загальній географічній області. У наборі класів об'єктів можуть зберігатися класи просторових об'єктів з різними типами геометрії.

Набір просторових даних (geodataset)

Будь-яка організована в базі геоданих сукупність даних, що мають відношення до однієї теми.

Первинний ключ (primary key)

Стовпець або набір стовпців у базі даних, де зберігається унікальне значення для кожного запису. Первинний ключ не повинен мати дубльованих значень і не може бути значенням Null.

Персональна база геоданих (personal geodatabase)

База геоданих, що зберігає дані в однокористувальницькій СУБД. Персональну базу геоданих можуть одночасно переглядати кілька користувачів, але тільки один користувач може редагувати її одночасно.

Покриття (coverage)

Модель даних для зберігання просторових об'єктів з використанням програмного забезпечення ArcInfo Workstation. У вигляді покриття зберігається набір тематично зв'язаних даних, розглянутих як єдиний елемент. Покриття звичайно представляє окремий тематичний шар, такий як ґрунти, водотоки, дороги або типи землекористування. Просторові об'єкти зберігаються в покритті як у вигляді первинних (елементарних) об'єктів (точок, дуг, полігонів), так й у вигляді вторинних об'єктів (реєстраційних точок, зв'язків, анотацій). Атрибути, що описують просторові об'єкти, зберігаються в окремих атрибутивних таблицях. Покриття не можна редагувати в ArcGIS.

Полігон (polygon)

Замкнута двовимірною фігура з не менш чим трьома сторонами, що

представляє якусь область. Використається в ГІС для опису просторових елементів з відособленою площею.

Полілінія (polyline)

Двовимірний просторовий об'єкт, що являє собою лінію, яка складається з одного й більше лінійних сегментів, тобто будь-яку лінію, яка визначається двома й більше точками. Полілініями звичайно представляються границі, дороги, водотоки, силові кабелі й інші просторові об'єкти.

Потік (streaming)

Метод передачі даних, звичайно через Інтернет, у реальному часі в потоковому режимі, без їхнього попереднього збереження в локальний файл. Пострумний режим дозволяє почати перегляд більших мультимедійних файлів ще до того, як весь файл буде завантажений на клієнтський комп'ютер. Після одержання клієнтом (локальним комп'ютером), дані розпаковуються й відображаються з використанням програмного забезпечення для швидкої інтерпретації й візуалізації даних.

Просторова прив'язка (georeferencing)

Присвоювання координат з відомої системи координат, таких, як градуси широти/довготи, до координат сторінки растра (зображення) або до аркуша паперової карти. Координатно-прив'язані растрові дані можна проглядати, запитувати й аналізувати разом з іншими географічними даними.

Просторові дані (spatial data)

Інформація про місця розташування й формі географічних об'єктів і відносинах між ними, що звичайно зберігається у вигляді координат і топології. Взагалі - будь-які дані, які можна представити на карті.

Растр (raster)

Модель просторових даних, що визначає простір як масив осередків однакового розміру, організованих у рядки й стовпці. Кожен осередок містить значення атрибута й координати місця розташування. На відміну від векторної структури, що зберігає точні координати, растрові координати відбивають порядок матриці. Групи осередків з однаковим значенням представляють географічні об'єкти.

Див. також **Вектор**.

Реляційна система управління даними (РСУБД, RDBMS)

Тип бази даних, у якій дані організовані в кілька табличних файлів. Таблиці зв'язані один з одним по загальних полях. Елементи даних можуть комбінуватися з різних файлів. На відміну від інших структур баз даних, у РСУБД необхідні деякі припущення про те, як зв'язуються дані або як вони будуть витягатися з бази даних.

Реляційне з'єднання (relational join)

Операція зв'язування двох таблиць даних по загальному полю, названому первинним ключем.

Система управління базами даних (СУБД) (database management system, DBMS)

Набір комп'ютерних програм для організації інформації в базі даних відповідно до концептуальної схеми, що надають інструменти для уведення даних, їхньої перевірки, зберігання, зміни й добування.

Ськріншот (screenshot)

Знімок екрана, зображення, яке точно відображає все, що показує монітор у конкретний момент часу. Ськріншоти екрана з точністю відображають все, що бачить користувач – курсор, усі відкриті вікна в тому порядку, як вони розміщені на екрані, повідомлення про помилки, програми, що використано, навіть дають уявлення про попередні дії користувача.

Для того, щоби робити ськріншоти, існують спеціальні програми, проте, є можливість створювати їх за допомогою програм, що розміщені практично на кожному комп'ютері.

Таблиця (table)

Набір елементів даних, організований у вигляді рядків і стовпців. Кожен рядок представляє окремий елемент, запис або об'єкт, а кожен стовпець представляє окреме поле або значення атрибута. Таблиця має фіксоване число стовпців і будь-яке число рядків.

Топологія (topology)

1. У базах геоданих - набір базових правил, що надаються до класів просторових об'єктів і чітко визначають просторові відношення між цими об'єктами.

2. Область геометрії, що має справу із властивостями фігури, які залишаються незмінними навіть при різних видах її деформації, наприклад, при згинанні, розтягуванні й т.д.

Точка, точковий об'єкт (point, point feature)

Абстракція об'єкта з нульовим розміром, одна пара координат x, y , що представляє географічний об'єкт, занадто малий для того, щоб відобразити його лінією або у вигляді площі при даному масштабі.

Транзакція (transaction)

Група елементарних дій з даними, що складає завершену операцію по виконанню якогось завдання, наприклад, додавання запису в таблицю. Логічна одиниця виміру роботи, визначена користувачем. Існують транзакції із визначення даних (створити об'єкт), із маніпулювання даними (оновити об'єкт) або із читання даних (вибрати з об'єкта).

Цифрова модель рель'єфу (ЦМР) (digital elevation model, DEM)

Подання безперервних значень висоти над топографічною поверхнею регулярним масивом z-значень, що відносяться до загального датуму. Звичайно використовується для подання рель'єфу місцевості.

Шар (layer)

Посилання на джерело даних, таке як покриття, клас просторових об'єктів бази геоданих, растр і т.д., що визначає, як ці дані повинні відображатися на карті. Шари також можуть визначати додаткові властивості, наприклад, які об'єкти із джерела даних треба використовувати. Шари можуть використатися як джерела даних, до яких застосовуються інструменти геообробки. Шари можуть зберігатися в документі карти (.mxd) або у вигляді окремих файлів шарів (.lyr).

Шейп-файл (shapefile)

Формат векторних даних призначений для зберігання місць розташування, форми й атрибутів географічних об'єктів. Шейп-файл являє собою набір зв'язаних між собою файлів і містить один клас просторових об'єктів.

XML (extensible markup language)

Затверджена міжнародною організацією W3C специфікація мови розмітки XML є стандартом для дизайну форматів тексту, що забезпечує взаємодію між прикладними комп'ютерними програмами. XML - це набір правил для створення стандартних форматів подання інформації (структури документів і відносин між її елементами) з використанням тегів, що підлягають налагодженню (керуючих дескрипторів), для обміну форматом і даними між додатками.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Абракітов Володимир Едуардович

КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА КИЄВА

Монографія

В авторській редакції

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Відповідальний за випуск | <i>Я. О. Серіков</i> |
| Дизайн обкладинки | <i>Г. А. Коровкіна</i> |
| Художник-ілюстратор | <i>В. Е. Абракітов</i> |
| Комп'ютерне верстання | <i>Н. В. Зражевська</i> |

Підп. до друку 12.03.2011
Друк на ризографі
Тираж 500 пр.

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 12,1
Зам. №.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011