

Національний лісотехнічний університет України

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут деревообробних та  
комп'ютерних технологій і дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних технологій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: **Математичне та програмне забезпечення для оцінки впливу  
шуму та вібрації на організм людини**

Виконав: студент VI курсу, групи КНЗ-61м  
спеціальності 122 – “Комп'ютерні науки”  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Солонинка Т. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Пірко І. Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Львів – 2023 р.

Національний лісотехнічний університет України  
(повне найменування вищого навчального закладу)

ННІ деревообробних та комп'ютерних технологій і дизайну

Кафедра інформаційних технологій

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Крошній І. М.  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Солонинка Тарас Ігоревич  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Математичне та програмне забезпечення для оцінки впливу шуму та вібрації на організм людини**

керівник роботи Пірко І. Б., канд. фіз.-мат. наук, доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 01.04. 2022 року  
№ С-100

2. Термін подання студентом роботи 13. 02. 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- вивчити предметну область, проаналізувати існуючі фактори та методи моделювання, а також відповідні програмні продукти;
- розглянути і використати алгоритми, які лежать в основі математичної моделі впливу негативних факторів середовища на здоров'я людей;
- спроектувати інформаційну систему з допомогою мови програмування Python та відповідних бібліотек для побудови інтерфейсу та візуалізації результатів.
- протестувати роботу програмного продукту.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Стан проблемної області

Розділ 2. Інформаційне забезпечення

---

Розділ 3. Математичне забезпечення

---

Розділ 4. Програмне забезпечення

---

Розділ 5. Стартап проекту

---

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Додаток А.

---



---

6. Дата видачі завдання 4 квітня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1     | Огляд літературних даних та інших джерел згідно досліджуваної теми      | 4.04-30.04.2022               | виконано |
| 2     | Аналіз досліджуваної теми та вибір відповідних варіантів її розробки    | 01.05-30.06. 2022             | виконано |
| 3     | Постановка задачі та її формалізація                                    | 01.07-30.07. 2022             | виконано |
| 4     | Вибір та обґрунтування методів і засобів проведення дослідження         | 01.08-30.08. 2022             | виконано |
| 5     | Розроблення концептуальної схеми реалізації завдання                    | 01.09-30.09. 2022             | виконано |
| 6     | Програмна реалізація завдання   | 01.10-30.12. 2022             | виконано |
| 7     | Тестування програмного продукту та отриманих результатів                | 01.01-15.01. 2023             | виконано |
| 8     | Розробка пояснювальної записки магістерської роботи                     | 16.01-30.01. 2023             | виконано |
| 9     | Корегування пояснювальної записки згідно вимог, розроблення презентації | 01.02-12.02. 2023             | виконано |

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

Солонинка Т. І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

Пірко І. Б.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 90 сторінок пояснювальної записки, 24 рисунки, 15 таблиць, 20 джерел, 1 додаток.

В дипломній роботі розглянуто основні фактори впливу шуму та вібрації, що впливають на людей в умовах населеного пункту. Визначено параметри негативного впливу цих факторів на здоров'я людей.

Засобами Python та його бібліотек візуалізації результатів досліджень отримано інформаційну систему, з допомогою якої можна моделювати вплив шуму та вібрації в досліджуваних точках на місцевості. Отримано показники для оцінки адекватності екстраполяційних моделей впливу цих чинників на здоров'я людей, оцінки на їх основі точності прогнозів.

**Ключові слова:** шум, вібрація, Python, Tkinter, Matplotlib, SQLite.

## ABSTRACT

Diploma paper contains 90 pages of explanatory note, 24 figures, 15 tables, 20 sources, 1 appendix.

The thesis examines the main factors of noise and vibration that affect people in the conditions of a densely populated place. The parameters of the negative impact of these factors on peoples health have been determined.

Using Python and its libraries for visualization of research results, an information system was obtained, which can be used to simulate the impact of noise and vibration at the researched points on the terrain. Indicators were obtained for assessing the adequacy of extrapolation models of the influence of these factors on people's health, and assessing the accuracy of forecasts based on them.

**Keywords:** noise, vibration, Python, Tkinter, Matplotlib, SQLite.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

В дипломній роботі потрібно вирішити такі завдання.

Розробити інформаційну систему для оцінки впливу шуму та вібрації на організм людини.

1. Провести огляд літератури по даній тематиці, проаналізувати існуючі системи обліку впливу негативних зовнішніх факторів на організм людини.

2. Розробити математичну модель залежності зміни рівня шумового забруднення на різних відстанях від джерела шуму та різних висотах від землі та для різної інтенсивності транспорту.

3. Розробити алгоритм інформаційної системи для оцінки впливу негативних факторів (шумового забруднення та вібрації) на організм людини.

4. На основі проведеного математичного моделювання розробити мовою програмування Python інформаційну систему для визначення ризику захворювання, безпечного стажу роботи, час роботи за зміну та кількість змін при контакті з шумовим забрудненням та вібраційними факторами.

5. Протестувати роботу розробленої інформаційної системи, дослідити її параметри.

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ**

EBM (evidence-based medicine) – концепція доказової медицини;

ISO – міжнародна організація зі стандартизації;

ВХ – вібраційна хвороба;

ГС – граничні спектри;

ЗВ – загальна вібрація;

ЛКМ – ліва кнопка миші;

ЛВ – локальна вібрація;

ПКМ – права кнопка миші;

ПМО – періодичний медичний огляд;

ПР – професіональний ризик;

ШХ – шумова хвороба.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Перелік скорочень і спеціальних термінів .....   | 7  |
| Зміст .....  | 8  |
| Вступ .....  | 10 |
| Розділ 1. Аналіз стану проблемної області .....  | 12 |
| 1.1. Негативні фактори впливу шуму на організм людини .....  | 12 |
| 1.2. Дія вібрації на організм людини .....   | 15 |
| 1.3. Нормування шуму та вібрації .....   | 17 |
| 1.4. Оцінка акустичного забруднення з допомогою карт шуму .....  | 20 |
| Розділ 2. Інформаційне забезпечення .....  | 23 |
| 2.1. Мова програмування Python .....   | 23 |
| 2.2. Бібліотека Tkinter для побудови графічного інтерфейсу програм .....                                   | 23 |
| 2.3. Бібліотека Matplotlib для візуалізації результатів .....  | 25 |
| Розділ 3. Математичне забезпечення .....   | 32 |
| 3.1. Оцінка шумового забруднення території в залежності від відстані та висоти від джерела шуму .....      | 32 |
| 3.2. Математична модель факторних ризиків від шумового забруднення та вібрації на здоров'я населення ..... | 35 |
| Розділ 4. Програмне забезпечення .....   | 49 |
| 4.1. Алгоритм розробки інформаційної системи обліку впливу шуму та вібрації на організм людини .....       | 49 |
| 4.2. Проектування інтерфейсу інформаційної системи .....   | 50 |
| 4.3. Елементи управління інформаційної системи та їх розміщення у графічному вікні .....                   | 53 |
| 4.4. Створення бази даних SQLite .....   | 54 |
| 4.5. Результати роботи інформаційної системи впливу шуму та вібрації на організм людини .....              | 55 |

|   |    |
|---|----|
| 4.6. Оцінка шкідливого впливу вібрації на здоров'я людини ..... | 60 |
| Розділ 5. Розроблення стартап проекту .....                     | 65 |
| 5.1. Опис проекту інформаційної системи .....                   | 65 |
| 5.2. Стратегія проекту .....                                    | 66 |
| 5.3. Розробка програми стартап проекту .....                    | 68 |
| Список використаних джерел .....                                | 71 |
| Висновки .....  | 73 |
| Додатки .....   | 76 |
| Додаток А .....   | 76 |

## ВСТУП

### **Актуальність дипломної роботи**

З кожним роком рівень оточуючого шуму збільшується. Дуже багато людей щодня піддаються впливу шумового забруднення та вібрації. Під дією інтенсивного шуму знижується працездатність людини, порушується її серцевий ритм, з'являються головні болі, роздратування та нервово-психічні розлади. Тривалість життя людини під впливом сильного шуму скорочується на декілька років. Тому боротьба з шумом та вібрацією – це боротьба за здоров'я людей.

**Предметом дослідження** є розробка інформаційної системи для оцінки впливу шуму та вібрації на організм людини.

**Об'єктом дослідження** є шум та вібрація, їх негативний вплив на здоров'я людини.

**Мета роботи** – розробка та реалізація системи для обліку впливу шуму та вібрації на організм людини.

Відповідно до мети дослідження поставлено наступні **завдання**:

- провести огляд літератури по даній тематиці, проаналізувати існуючі системи обліку впливу негативних зовнішніх факторів на організм людини;
- розробити математичну модель залежності зміни рівня шумового забруднення на різних відстанях від джерела шуму та різних висотах від землі та для різної інтенсивності транспорту;
- розробити алгоритм інформаційної системи для оцінки впливу негативних факторів (шумового забруднення та вібрації) на організм людини;
- на основі проведеного математичного моделювання розробити мовою програмування Python інформаційну систему для визначення ризику захворювання, безпечного стажу роботи, час роботи за зміну

та кількість змін при контакті з шумовим забрудненням та вібраційними факторами;

- протестувати роботу розробленої інформаційної системи, дослідити її параметри.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Розроблено інформаційну систему, в рамках якої можна проводити оцінки впливу шуму та вібрації на організм людини. З врахуванням особливостей житлових територій та виробничих приміщень дана програма може бути впроваджена в структурні підрозділи по охороні праці та безпечного проживання людей на прилеглий території.

Використання оцінки ризику для здоров'я населення в умовах зашумленості міських територій дозволяє формувати інформаційно-аналітичну основу широкого спектру управлінських рішень, у тому числі архітектурно-планувальних, медико-профілактичних, організаційних тощо.

### **Практичне значення одержаних результатів**

Результати тестування програми показали їх ідентичність з математичним моделюванням. Це свідчить про те, що використання даної інформаційної системи є виправданим при оцінці шумового навантаження на міську територію з інтенсивним рухом транспорту та впливу виробничої вібрації.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ**

### **1.1. Негативні фактори впливу шуму на організм людини**

З фізичної точки зору між шумом і вібрацією принципів відмінностей немає. Різниця полягає у сприйнятті цих явищ людиною: вібрація сприймається вестибулярним апаратом і засобами відчуття, а шум – органами слуху. Коливання тіл з частотою менше 20 Гц сприймаються як вібрація, більше 20 Гц – як шум.

З фізіологічної точки зору шум визначають як звук, що оцінюється негативно і наносить шкоду здоров'ю. Проявлення шкідливого впливу шуму на організм людини досить різноманітне. Тривалий вплив інтенсивного шуму вище 80 дБ на слух людини призводить до його часткової або повної втрати. У залежності від тривалості та інтенсивності впливу шуму відбувається більше або менше зниження чутливості органів слуху, що виражається тимчасовим зміщенням порогу чутності, яке зменшується після закінчення впливу шуму, а при великій тривалості або інтенсивності шуму виникають зміни слуху, що характеризуються постійною зміною порога слуху.

На виробництві приходиться стикатися з маскувальною дією шумів, що призводять до порушення слуху. Степінь заглушення іноді досягає такої величини, що важко розібрати мову і звукові сигнали. Збереження розбірливості мови має велике значення в умовах шумного виробництва як для спілкування між працівниками при виконанні ними технологічного процесу, так і для забезпечення безпеки робіт. Нерозбірливість мови негативно впливає на психіку людини.

На рис. 1.1 показана залежність зміни розбірливості мови від шумових завод. Якщо рівень завод становить 20 дБ, то такий шум не порушує розбірливості мови. З підвищенням рівня завод розбірливість мови падає. Розбірливість, складова 75 % від вихідної розбірливості (що відповідає рівню завод в 40 дБ), вважається задовільною. Починаючи з 45 дБ

маскуючої дії шуму відбувається помітне послаблення розбірливості мови. При рівні завад до 70 дБ і вище мова стає нерозбірливою.

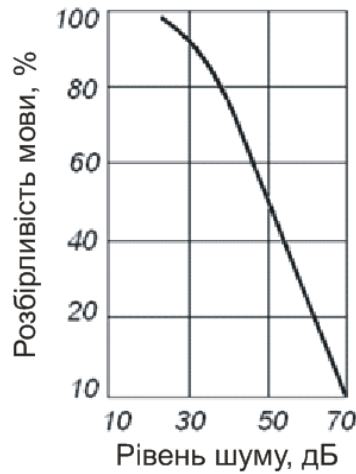


Рис. 1.1. Залежність розбірливості мови від рівня шуму.

Орган слуху може тривалий час не піддаватися функціональним порушенням при тривалому впливі шуму, однак накопичення надмірних по інтенсивності подразнень в результаті травмує вухо. Зниження слухової чутливості у працюючих на виробництвах з високим рівнем шуму залежить від інтенсивності та частоти звуку. Так, мінімальна інтенсивність, при якій починає проявлятися втомлююча дія шуму на орган слуху, залежить від частоти вхідних в нього звуків. Погіршення слуху можна виразити в кількості через розміщення порогу слуху на різних частотах. Для звуку частотою 2000-4000 Гц втомлююча дія починається з 80 дБ, для звуку частотою 5000-6000 Гц – з 60 дБ. Однак у більшості випадків немає вихідних аудіометричних даних, тому пошкодження слуху оцінюють через пороги зареєстрованого слуху. Встановлено межу допустимих порогів слуху для збереження здатності людини сприймати мову.

Поява втоми органу слуху слід розглядати як ранній сигнал загрози розвитку глухоти. Синдромом захворювання рецепторів слуху є болі та шум в вухах, іноді втрата балансу і тону. В даний час оцінка сприйнятності виробничого шуму з рівнем вище 80 дБ найчастіше

базується на виявленні впливу шуму на органи слуху людини. Ступінь пошкодження органів слуху залежить від рівня звуку і його тривалості та від індивідуальної чутливості людини.

Медична статистика показує, що глухота в останні роки виходить на ведуче місце в структурі професійних захворювань і не має тенденції до зниження. Дія шуму на організм людини не обмежує вплив на орган слуху. Через волокна слухових нервів роздвоєння шумом передається в центральну і вегетативну нервові системи, а через них впливає на внутрішні органи, приводячи до значних змін у функціональному стані організму, впливає на психічний стан людини, викликаючи почуття роздратування.

Вплив шуму на вегетативну нервову систему проявляється навіть при невеликих рівнях звуку (40-70 дБ) і не залежить від суб'єктивного сприйняття шуму людиною. З вегетативних реакцій найбільш вираженим є порушення периферійного кровообігу за рахунок звуження капілярів, а також підвищення артеріального тиску. У той час як для вегетативної нервової системи характерно відповідність між шумом і реакцією, в області психіки така відповідність відсутня. Встановлено, що виражені психічні реакції виявляються, вже починаючи з рівня звуку, рівних 30 дБ. При цьому вирішальна роль в психічній оцінці неприємності шуму відіграє особисте ставлення людини до цього шуму. Вплив на психіку збільшується зі збільшенням частоти та рівня шуму, а також зі зменшенням ширини смуги частоти шуму.

В даний час шумова хвороба характеризується в медицині комплексом симптомів. До об'єктивних симптомів шумової хвороби відносяться зниження слухової чутливості, зміни функції шлункового тракту, що виражається в зниженні кислотності, серцево-судинної недостатності, нейроендокринних розладах.

Роботи та умови шумового впливу відчувають подразнення, головні болі, головокружіння, зниження пам'яті, підвищену втомлюваність,

тривале зниження апетиту, болі в вухах та ін. Такі зрушення можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється втомлюваність у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово-психічною напругою. Все це знижує працездатність людини, безпеку і продуктивність, якість і його працю. На рис. 1.2 показана залежність продуктивності праці від середнього рівня шуму протягом робочого дня. Встановлено, що при роботі, що потребує підвищеної уваги, при підвищенні рівня звуку від 70 до 100 дБ має місце зниження продуктивності праці на 30 %. Крім того, встановлено підвищення на 10-15 % загальної захворюваності від робочого шуму.

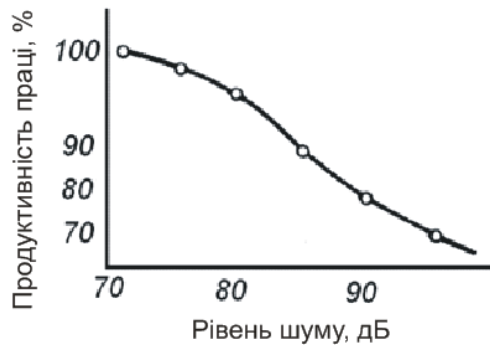


Рис. 1.2. Залежність продуктивності праці від рівня шуму.

## 1.2. Дія вібрації на організм людини

Вібрація відноситься до факторів, що володіють великою біологічною активністю. Характер, глибина і спрямованість фізіологічних рухів різних систем організму визначаються рівнем, спектральним складом вібрації, а також фізичними властивостями тіла людини. У генезисі цих реакцій важливу роль відіграють аналізатори – вестибулярний, моторний, зоровий та ін. Під впливом вібрації в організмі людини спостерігається зміна серцевої діяльності, нервової системи, спазм судин, зміни в суглобах, що призводять до обмеження їх рухливості. Тривалий вплив вібрації призводить до стійких патологічних порушень в організмі працюючих. Всесторонній аналіз цього патологічного процесу послужив підставою для

виділення його в якості самостійної форми професійного захворювання – вібраційної хвороби. Ефективне лікування можливе тільки на ранній стадії захворювання. Дуже часто в організмі настають незворотні зміни, що призводять до інвалідності.

Наступна важлива роль біохімічних властивостей відзначає людське тіло в суб'єктивному сприйнятті вібрації. Дія вібрації на організм здійснюється наступними явищами: фізичним впливом на поверхню контакту, формуванням коливань по тканинах, безпосередньою реакцією на вплив в органах і тканинах, а також пошкодженнях рецепторів, що викликають нейрорецепторні та суб'єктивні реакції.

Особливо чутливими до дії локальної вібрації є відділи нервової системи, що регулюють тонус периферійних судин, а також відділи периферійної нервової системи, які пов'язані з вібраційною і тактильною чутливістю.

Вібрація може прямим шляхом порушити виконання робочих операцій або негативно вплинути на працездатність людини. Ряд авторів розглядають вібрацію як сильний стрес-фактор, що надає негативний вплив на психомоторну працездатність, емоційну сферу та розумову діяльність людини та підвищує ймовірність виникнення нещасних випадків.

В залежності від того, на які частини тіла людини поширюються механічні коливання, розглядають локальну і загальну вібрацію. При локальній вібрації впливу піддається лише та частина тіла, яка безпосередньо дотикається з вібруючою поверхнею, частіше всього руками (при роботі з ручними вібруючими інструментами або при утриманні вібруючого предмета, деталей машини і т. п.). Загальна вібрація поширюється на все тіло і відбувається, як правило, від вібрації поверхні, на якій знаходиться робочий (підлога, сидіння, віброплатформа і т. п.).

При дії вестибулярних подразників, до яких відноситься вібрація, порушуються сприяння і оцінка часу, знижується швидкість обробки

інформації. Низькочастотна вібрація викликає порушення координації руху, причому найбільш виражені зміни відзначаються при частотах 4-11 Гц.

Вібраційна хвороба продовжує займати одне з головних місць серед усіх професійних захворювань. Причиною цього є використання ручних машин, що не відповідають вимогам санітарних норм, так і розвивається спеціалізація праці, що веде до збільшення часу впливу на організм вібрації. Небезпека розвитку вібраційної хвороби зростає зі збільшенням інтенсивності та тривалості дії вібрації, при цьому істотне значення має індивідуальна чутливість. Шкідливу дію вібрації підсилюють шум, охолодження, перевтома та ін.

Для вібраційної хвороби, яка зумовлена локальною вібрацією, характерні скарги на болі в руках, частіше по ночах, побіління пальців на холоді, подразнення, болі в області серця. Основний клінічний прояв хвороби – порушення кровообігу в периферійних судинах. Спочатку судинні порушення виявляються переважно на тій руці, яка більше піддається впливу вібрації. Але по мірі прогресування захворювання процес поширюється не тільки на судини інших рук, але і на судини серця, мозку. Захворювання супроводжується болями та порушенням чутливості в руках, а нерідко і в ногах. Степінь зменшення чутливості зростає зі збільшенням тривалості та тяжкості захворювання. Порушуються функції ендокринних залоз, внутрішніх органів, обмінних процесів. При впливі вібрації з великою амплітудою виникають порушення в м'язах, суглобах, кістках.

### **1.3. Нормування шуму та вібрації**

Велике значення для зниження шуму та вібрації має розробка науково обґрунтованих обмежень на шумові характеристики та вібрацію – нормування шуму та вібрації. В даний час розрізняють два види нормування: санітарне (встановлення норм шумових характеристик

робочих місць або місць відпочинку) і технічне (обмеження допустимих рівнів шуму і вібрації, які створюються різними машинами). При санітарному нормуванні обмежується загальний шум, який діє на людину незалежно від характеру і кількості джерел шуму. Технічні ж норми встановлюються з урахуванням призначення та умов використання машини, тому єдиних технічних норм на шум та вібрацію не існує.

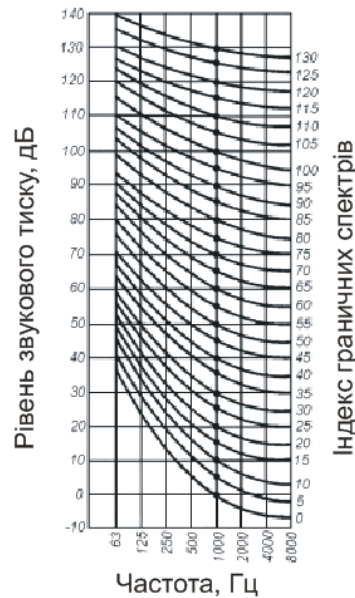


Рис. 1.3. Форми граничних спектрів шуму, які рекомендовані ISO.

У залежності від характеру трудової діяльності або виду машини, що створює шум та вібрацію, розроблені різні санітарні та технічні норми, які в деяких випадках значно відрізняються одне від одного. Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) для нормування шуму рекомендовано сімейство граничних спектрів (ГС), при створенні яких враховані криві рівні гучності слухового апарату людини (рис. 1.3).

Нормування з використанням граничних спектрів полягає у вимозі, щоб спектр шуму, який виміряний в дБ в стандартних октавах смуг, не перевищував заданого ГС. У деяких випадках рекомендується доповнити нормування з використанням ГС обмеженням на інтегральний рівень шуму.

Для оцінки впливу вібрації на здоров'я, ступінь комфорту і чутливості, так само як і для шуму, весь діапазон частот розбивається на

основні діапазони. Рівні вібрації вимірюються не на кожній окремій частоті, а в деяких смугах (інтервалах) частоти октавних і триоктавних. У октавному відношенні верхніх границь частота до нижньої  $f_v/f_n = 2$ , а в триоктавних –  $\sqrt[3]{2}$ . Нормування вібрації здійснюється за величиною віброшвидкості або віброприскорення. Враховуючи, що абсолютні значення параметрів, що характеризують вібрацію, застосовуються в широких межах, на практиці використовуються поняття рівнів параметрів віброшвидкості та віброприскорення.

Допустимі рівні вібрації залежать від частоти і виду вібрації. Пороги сприйняття низькочастотної (2-100 Гц) вібрації людиною відповідають віброприскоренню 0,05-0,1 м/с<sup>2</sup>, вібрації ж з прискореннями 3-4 м/с<sup>2</sup> і вище є недопустимими.

За способом передачі на людину вібрація поділяється на загальну, що передається через опорні поверхні на тіло людини, і локальну, що передається в основному через руки людини. Вібрація діє вздовж осі ортогональної системи координат XYZ (для загальної вібрації Z – вертикальна, перпендикулярна опорна поверхня; H – горизонтальна від спини до грудей; Y – горизонтальна від правого плеча до лівого). При локальній вібрації вісь X складається з віссю захоплення, вісь Z лежить у площині X і спрямована на подачу або додаток сили (рис. 1.4).

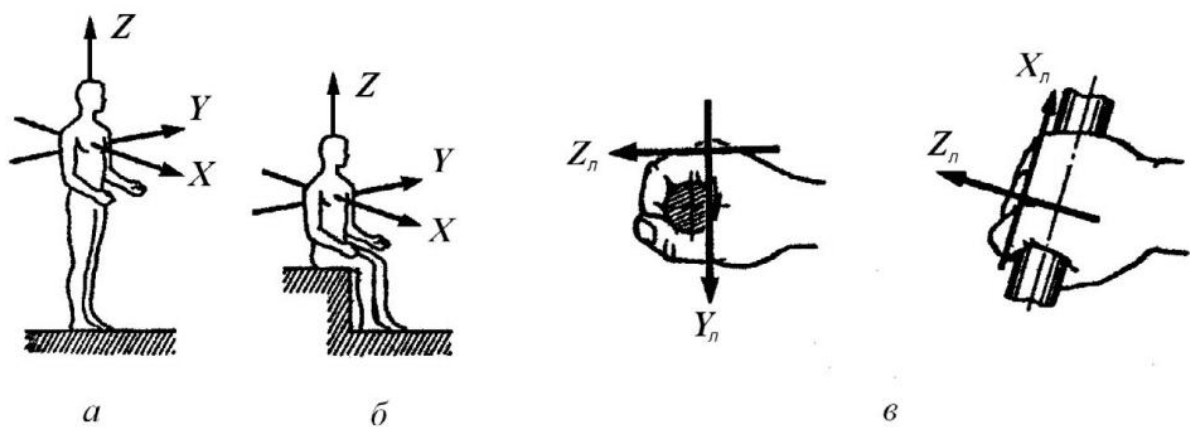


Рис. 1.4. Напрямок координат осей при загальній (а і б) і локальній (в) вібрації: а – положення стоячи; б – положення сидячи; Z – вертикальна

вісь, перпендикулярна до поверхні; X – горизонтальна вісь від спини до грудей; Y – горизонтальна вісь від правого плеча до лівого.

В даний час розрізняють шість категорій загальної вібрації. По джерелу виникнення загальна вібрація поділяється на: 1 – транспортну, що виникає при русі машини; 2 – транспортно-технологічну, що виникає при роботі машини, що виконує технологічну операцію; 3 – технологічну, яка виникає при роботі стаціонарних машин або передається на робочі місця, не мають джерел вібрації. Загальну вібрацію категорії 3 за місцем дії поділяють на наступні типи:

- а) на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств;
- б) на робочих місцях на складах, у столових, побутових, чергових та інших виробничих приміщеннях, де немає машин, що генерують вібрацію;
- в) на робочих місцях у приміщеннях заводів управління, конструкторських бюро, лабораторій, навчальних пунктів, обчислювальних центрів, робочих приміщень та інших приміщень для працівників розумової праці.

Загальна вібрація нормується для кожного напрямку за наступною частотою смуг: 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; ... 80,0 Гц. Вибір нормування визначається в залежності від інтенсивності: по більш інтенсивному напрямку.

Існують також норми на локальну вібрацію, яка діє, наприклад, на робітників, що застосовують ручний механізований інструмент, причому вони встановлені в більш широкому діапазоні частот порівняно із загальною вібрацією: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

#### **1.4. Оцінка акустичного забруднення з допомогою карт шуму**

На даний час карти шуму являються загальноприйнятим джерелом інформації про акустичну ситуацію на території міст, а також ефективним інструментом контролю та боротьби з шумом. Шумові карти використовуються для розробки стратегічних планів боротьби з шумом.

Карти шуму повинні містити інформацію про існуючу чи прогнозовану акустичну ситуацію, перевищення нормативних значень рівня шуму, кількості людей, які проживають на даній території. Ці карти представляються в графічному чи в табличному вигляді як чисельні значення. Карты будуються для автомобільного, залізничного шуму та авіаційного шуму, а також для шуму від промислових підприємств. На карті повинні бути вказані рівні звуку в денний чи нічний час з кроком в 5 дБ на висоті 1,5 м. Карты, які представляють собою прогнозовані рівні звуку, створюються розрахунковим методом за допомогою комп'ютерних розрахункових програм.

Для оцінки впливу шуму на населення в якості індикаторів вибираються еквівалентні рівні звуку в денний та нічний час. Карты шуму повинні переглядатися та обновлятися не рідше ніж один раз в п'ять років після дати їх складання і представлятися в служби моніторингу.

В Німеччині була розроблена розрахункова комп'ютерна програма Sound Plan, яка основана на стандартах по шуму Австрії, Англії, Німеччини, Швейцарії, США, а також на стандартах ISO, яка на даний час являється одним із світових лідерів програмних продуктів для побудови карт шумового забруднення навколишнього середовища і проектування засобів захисту від шуму. Програмний пакет включає в себе зручну дво- та тривимірну графіку, а також розрахункові методики, які дозволяють проводити картографування акустичного забруднення як малої території, так і комплексних об'єктів з багатьма джерелами шуму, наприклад мегаполісу. Математичні моделі, які лежать в основі розрахунків, базуються на державних стандартах європейських країн та США.

Вихідні дані для побудови карт шуму в програмі Sound Plan можуть бути отримані як шляхом вимірювань, так і розрахунковим шляхом. Вихідна інформація про місцевість вводиться з геоінформаційних систем, файлів AutoCad або шляхом сканування та оцифровки карт. В програмі також є можливість імпортувати файли з форматів програм MapInfo та

ArcView. Ця програма дає змогу оцінити акустичне забруднення навколишнього середовища, вибрати та оптимізувати методи боротьби з шумом, а також побудувати наглядні карти шуму як для малих проектів, так і для великих агломерацій.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1**

В першому розділі проаналізовано предметну область, засоби та технології проектування інформаційної системи оцінки негативного впливу шуму та вібрації на організм людини. З допомогою цієї системи можна буде оцінити шкідливий вплив несприятливих екологічних та виробничих факторів на здоров'я людей. Проведення розрахунків рівня шуму на території житлової забудови, у житлових та громадських будівлях рекомендується для оцінки рівнів шуму на території, де розгорнуті інструментальні дослідження є дорогими та потребують значного часу, а також при виконанні прогнозу шумової ситуації при містобудівному плануванні, розміщенні цивільних, промислових об'єктів.

## **РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **2.1. Мова програмування Python**

Для реалізації програми розрахунку рівнів шуму та вібрації та їх впливу на організм людини та візуалізації результатів була обрана мова програмування Python. Дана мова програмування орієнтована на підвищення продуктивності розробника і читабельність коду. Стандартна бібліотека мови включає великий об'єм корисних функцій.

Python відкриває доступ до структурного, функціонального, об'єктно-орієнтованого програмування. Автоматичне управління пам'яттю, зручні високорівневі структури, динамічна типізація, підтримка багатопоточних обчислень, повна інтроспекція (можливість запросити тип і структуру об'єкту під час виконання програми) є його основними архітектурними рисами.

Перевагою даної мови є багата стандартна бібліотека. Писати кросплатформенні програми дозволяє набір модулів для роботи з операційною системою. Крім стандартної бібліотеки існують багато інших бібліотек для різних сфер діяльності (обробка зображень, чисельні методи).

### **2.2. Бібліотека Tkinter для побудови графічного інтерфейсу програм**

Модуль tkinter, який представляє собою пакет модулів для Python, представляє собою бібліотеку, яка призначена для побудови графічного інтерфейсу користувача і яка входить в стандартний бібліотечний модуль Python. Модуль tkinter представляє об'єктний інтерфейс для бібліотеки Tk з відкритим кодом і реалізує засобами Python зовнішній вид графічного інтерфейсу користувача, який характерний для платформи Windows.

До інших засобів побудови графічного інтерфейсу користувача в Python відносяться сторонні розширення wxPython та PyQt з більш

багатими наборами віджетів, але з більш складними вимогами до програмування.

### Базові віджети в бібліотеці Tkinter

В табл. 2.1 представлені основні класи віджетів в модулі tkinter. Ці класи Python підлягають підкласифікації і встроюванню в інші об'єкти. Так для створення пристрою виводу на екран достатньо отримати екземпляр відповідного класу, налаштувати його і скомпонувати з допомогою одного з методів з інтерфейсу диспетчера геометричних форм.

Крім класів, приведених в табл. 2.1, в модулі tkinter є багато констант, які призначені для налаштування віджетів. Вони автоматично загрузаються з модуля tkinter.constants.

Табл. 2.1. Класи елементів управління в бібліотеці Tkinter

| Клас віджета | Опис   |
|--------------|--|
| Label        | Область виводу простих повідомлень   |
| Button       | Простий віджет кнопки з міткою   |
| Frame        | Контейнер для приєднання та розміщення об'єктів інших віджетів               |
| Toplevel     | Вікно верхнього рівня  |
| Message      | Багаторядкове поле виводу тексту   |
| Entry        | Просте однорядкове поле вводу тексту   |
| Checkbutton  | Віджет кнопки з двома станами, який призначений для багатоваріантного вибору |
| Radiobutton  | Віджет кнопки з двома станами, який призначений для одноваріантного вибору   |
| Scale        | Віджет повзунка з позиціями, які масштабуються                               |

|              |  |
|--------------|--|
| PhotoImage   | Об'єкт зображення, який призначений для розміщення багатокольорових зображень в інших віджетах |
| BitmapImage  | Об'єкт зображення, який призначений для розміщення растрових зображень в інших віджетах        |
| Menu         | Пункти меню, які пов'язані з віджетом Menubutton та вікном верхнього рівня                     |
| Menubutton   | Кнопка, яка розкриває віджет Menu з пунктами основного меню та підменю                         |
| Scrollbar    | Смуга прокрутки інших віджетів (Canvas, Text, Listbox)   |
| Listbox      | Список імен, які можна вибрати   |
| Text         | Багаторядковий віджет для вводу і правки тексту  |
| Canvas       | Область побудови графіки: ліній, фігур, тексту, зображень                                      |
| OptionMenu   | Список, який розкривається   |
| PanelWindow  | Віконний інтерфейс з багатьма панелями   |
| LabelFrame   | Віджет іменованого фрейму  |
| Spinbox      | Віджет для багатократного вибору   |
| ScrolledText | Область тексту зі смугою прокрутки   |
| Dialog       | Віджет для створення діалогових вікон  |

### 2.3. Бібліотека Matplotlib для візуалізації результатів

Бібліотеку Matplotlib можна встановити з допомогою команди:

```
pip install matplotlib
```

Для перевірки того, чи дана бібліотека встановлена, потрібно запустити інтерпретатор Python і ввести наступну команду:

```
import matplotlib
```

Також можна перевірити версію бібліотеки:

```
matplotlib.__version__
```

Якщо робота проходить в середовищі Jupyter Notebook, для того, щоб отримувати графіки поряд з комірками з кодом, необхідно виконати спеціальну команду після того, як імпортували бібліотеку matplotlib:

```
✓ [1] import matplotlib.pyplot as plt
0c %matplotlib inline
```

```
✓ [2] plt.plot([1, 2, 3, 4, 5], [1, 2, 3, 4, 5])
```

В результаті отримаємо графік в окремому вікні:

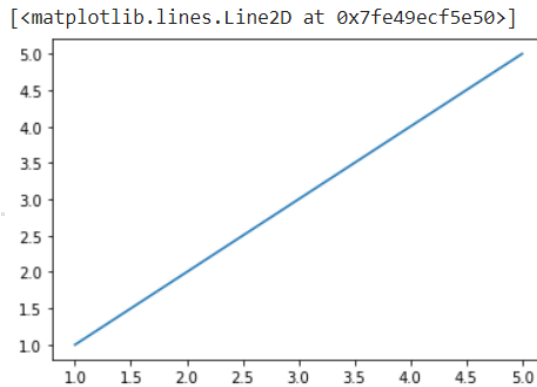


Рис. 2.1. Побудова лінійного графіку в Matplotlib.

Розглянемо, як побудувати різні типи графіків, налаштувати їх зовнішній вид.

### Побудова графіка

Розглянемо як побудувати графік лінійної залежності, задати для графіка назву, підписати осі та відобразити сітку:

```
✓ [3] import numpy as np
0c x = np.linspace(0, 10, 50)
   y = x
   plt.title("Лінійна залежність y = x") # заголовок
   plt.xlabel("x") # вісь абсцис
   plt.ylabel("y") # вісь ординат
   plt.grid() # включення відображення сітки
   plt.plot(x, y) # побудова графіка
```

В результаті отримують такий графік:

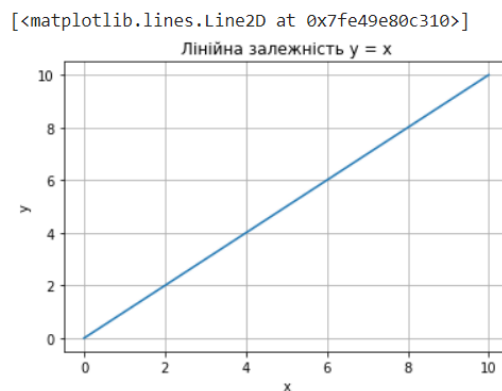


Рис. 2.2. Додавання назви графіка, підписів осей та сітки.

Для зміни типу лінії та її кольору потрібно для цього в функцію `plot()` як третій параметр передати рядок, сформований певним чином, це “r-”, де “r” означає червоний колір, а “-” – тип лінії (пунктирна лінія):

```
✓ [4] plt.title("Лінійна залежність y = x")
  oc plt.xlabel("x")
     plt.ylabel("y")
     plt.grid()
     plt.plot(x, y, "r--")
```

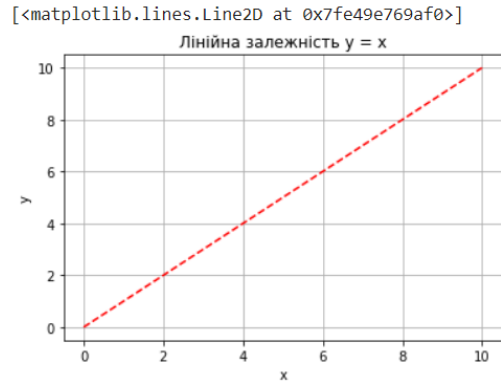


Рис. 2.3. Зміна типу лінії та її кольору.

Для побудови кількох графіків на одному полі потрібно додати квадратичну залежність:

```
[ ] x = np.linspace(0, 10, 50)
    y1 = x
    y2 = [i**2 for i in x]
    plt.title("Залежності: y1 = x, y2 = x^2")
    plt.xlabel("x")
    plt.ylabel("y1, y2")
    plt.grid()
    plt.plot(x, y1, x, y2)
```

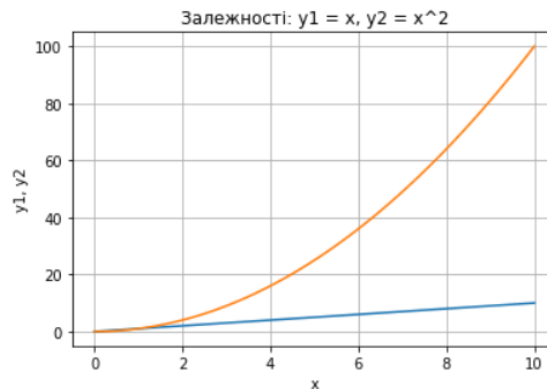


Рис. 2.4. Побудова декількох графіків в одному графічному вікні.

У даному прикладі в функцію `plot()` послідовно передаються два масиви для побудови першого графіка і два масиви для побудови другого, при цьому для обох графіків масив значень незалежної змінної  $x$  один і той же.

За відображення двох та більше графіків на різних полях відповідає наступний фрагмент коду:

```
[ ] x = np.linspace(0, 10, 50)
    y1 = x
    y2 = [i**2 for i in x]
    plt.figure(figsize=(9, 9))
    plt.subplot(2, 1, 1)
    plt.plot(x, y1)
    plt.title("Залежності: y1 = x, y2 = x^2")
    plt.ylabel("y1", fontsize=14)
    plt.grid(True)
    plt.subplot(2, 1, 2)
    plt.plot(x, y2)
    plt.xlabel("x", fontsize=14)
    plt.ylabel("y2", fontsize=14)
    plt.grid(True)
```

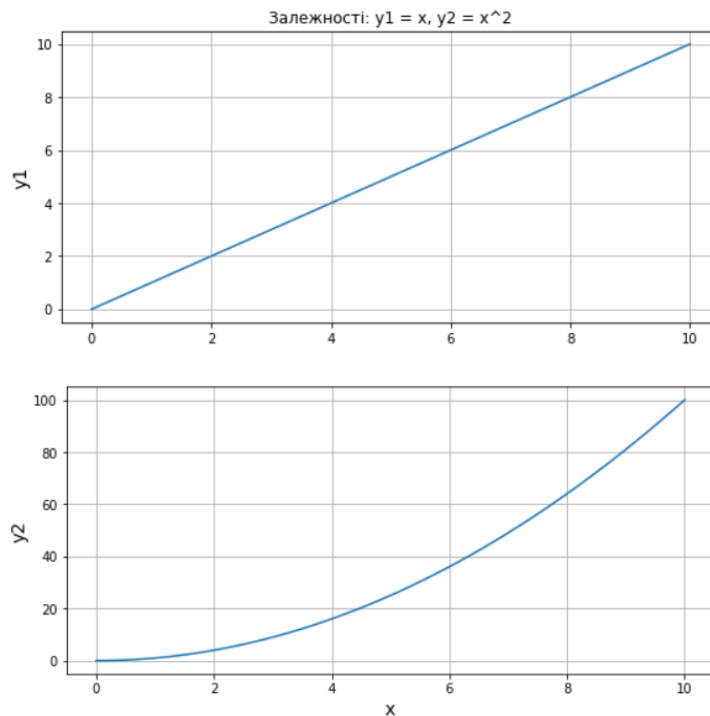


Рис. 2.5. Два графіки, кожний з яких розміщений у своєму графічному вікні.

Тут використано нові функції: `figure()` – функція задання глобальних параметрів відображення графіків. У неї як аргумент передають кортеж, який визначає розмір загального поля.

`subplot()` – функція для задання розташування поля з графіком. Існує кілька способів задання областей для виведення через функцію `subplot()`: перший аргумент – кількість рядків, другий – стовпців у полі, третій – індекс (номер поля, відлік ведеться зверху вниз, зліва направо). Додатково використано параметр `fontsize` для функцій `xlabel()` та `ylabel()`, які визначають розмір шрифту.

Досить часто доводиться працювати з даними нечислової природи – іменами людей, назвами фруктів тощо. За побудову діаграми, на якій буде відображатися кількість фруктів в магазині, відповідає такий фрагмент коду:

```
[ ] fruits = ["яблука", "персики", "апельсини", "банани", "лимони"]
counts = [34, 25, 43, 31, 17]
plt.bar(fruits, counts)
plt.title("Кількість фруктів в магазині")
plt.xlabel("Фрукти")
plt.ylabel("Число")
```

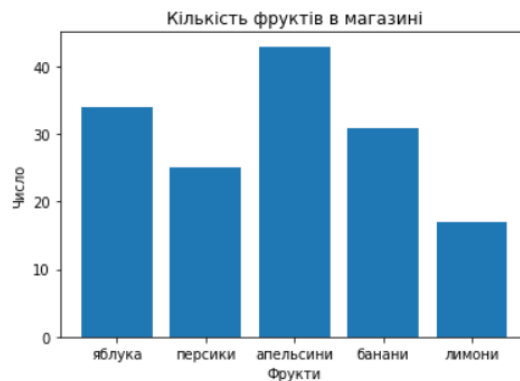


Рис. 2.6. Побудова графіка гистограми категоріальних даних.

Для виводу діаграми використано функцію `bar()`. Розглянемо основні елементи графіка:

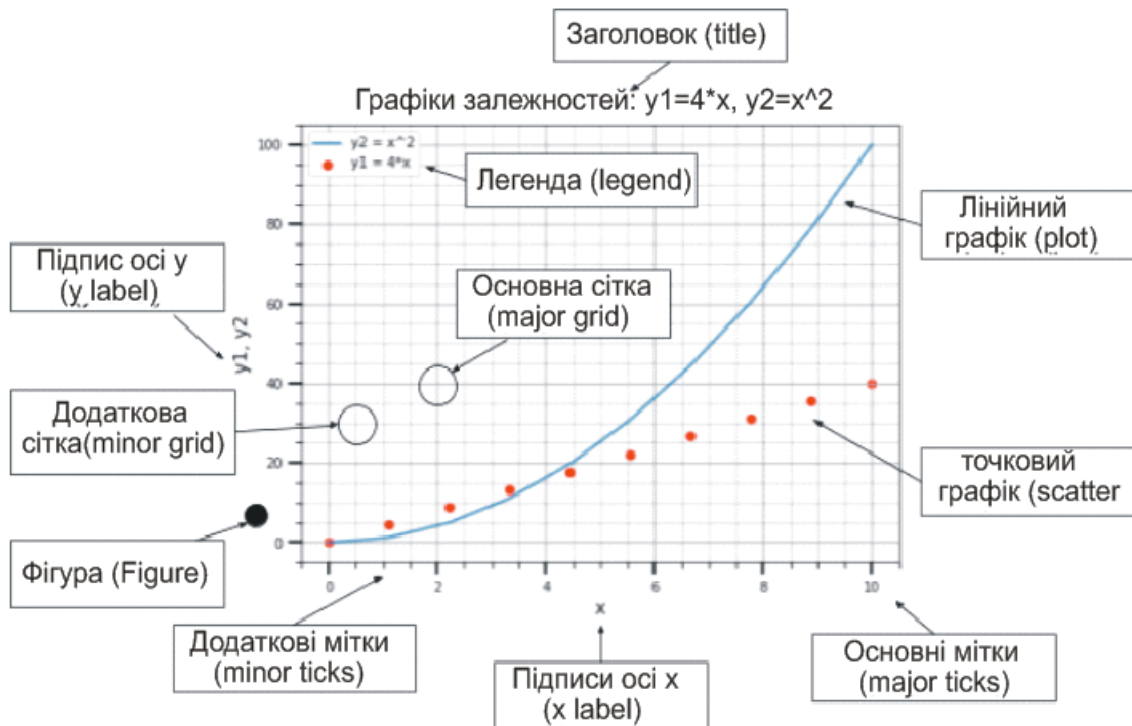


Рис. 2.7. Основні елементи графіка.

Кореневим елементом під час побудови графіків у Matplotlib є фігура (Figure). Все, що зображено на рис. 2.7, є елементами фігури. На рис. 2.7 представлені два графіки – лінійний та точковий. Matplotlib надає можливість великої кількості різних налаштувань, які можна використовувати для того, щоб надати графіку вигляду, який потрібен: колір, товщину та тип лінії, стиль лінії та багато іншого.

Другим після самого графіка за важливістю елементом фігури є осі. Для кожної осі можна задати мітку (підпис), основні (major) та додаткові (minor) штрихи на осях, їх підписи, розмір і товщину, також можна задати діапазони кожної осі.

Наступними елементами фігури, які значно підвищують інформативність графіка, є сітка і легенда. Сітка також може бути основною (major) та додатковою (minor). Кожному типу сітки можна задавати колір, товщину лінії та тип. Для відображення сітки та легенди використовуються відповідні команди. Нижче наведено код, за допомогою якого була побудована фігура, яка зображена на рис. 2.7:

```
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.ticker import (MultipleLocator, FormatStrFormatter,
                               AutoMinorLocator)

import numpy as np
x = np.linspace(0, 10, 10)
y1 = 4*x
y2 = [i**2 for i in x]
fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 6))
ax.set_title("Графіки залежностей: y1=4*x, y2=x^2", fontsize=16)
ax.set_xlabel("x", fontsize=14)
ax.set_ylabel("y1, y2", fontsize=14)
ax.grid(which="major", linewidth=1.2)
ax.grid(which="minor", linestyle="--", color="gray", linewidth=0.5)
ax.scatter(x, y1, c="red", label="y1 = 4*x")
ax.plot(x, y2, label="y2 = x^2")
ax.legend()
ax.xaxis.set_minor_locator(AutoMinorLocator())
ax.yaxis.set_minor_locator(AutoMinorLocator())
ax.tick_params(which='major', length=10, width=2)
ax.tick_params(which='minor', length=5, width=1)
```

```
plt.show()
```

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2**

У другому розділі приведено відомості про мову програмування Python, з допомогою якої спроектовану дану інформаційну систему. Приведено відомості про особливості проектування програмного продукту засобами Python, розглянуто елементи управління для створення графічного інтерфейсу програми, приведено структури для формування функціоналу програми. Візуалізація результатів проводилася з допомогою бібліотеки Matplotlib.

## РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1. Оцінка шумового забруднення території в залежності від відстані та висоти від джерела шуму

Робота присвячена встановленню зв'язку між параметрами шуму в залежності від відстані та висоти від джерела шуму за допомогою експериментальних вимірювань. Вимірювання шуму проводились на території житлової забудови міста. Для вимірів було взято ділянку автомобільної дороги. Виміри проводилися з різною інтенсивністю потоку транспортних засобів. Встановлено залежності зміни рівня звуку на різних висотах від проїжджої частини та віддалення від джерела для інтенсивності потоку автомобілів від 2 до 6 тисяч за год.

У сучасних умовах на значній території великих міст автотранспорт створює акустичний дискомфорт. Багато автомагістралей проходять у безпосередній близькості від житлової забудови, внаслідок чого рівні шуму на її території перевищують норми.

В роботі було використано результати експериментальних досліджень рівня акустичного забруднення міських територій та на їх основі проведено математичне моделювання. Експериментальні дослідження проведено у зоні впливу автомобільних доріг з інтенсивністю транспортного потоку від 2 до 6 тисяч автомобілів на годину. Як вимірювані параметри використовувалися:

- еквівалентний рівень шуму  $L_{екв}$ ;
- еквівалентні рівні шуму в октавних смугах із частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц.

Експериментальні вимірювання проводилися з допомогою пристрою шумоміру, з його допомогою можна проводити спектральний аналіз шумового забруднення, рівень вібрації вимірювався з допомогою портативного віброметра. Ці вимірювання були проведені на різному

віддаленні від автомобільної дороги (від 10 м до 100 м) та різних висотах (на 1, 3, 5, 9 поверхах будівель).

Вимірювання було проведено в даних розрахункових точках в умовах транспортних потоків із різною інтенсивністю. Для розрахунку було використано ділянки дороги з інтенсивністю руху транспорту 2-6 тисяч автомобілів за годину та структурою транспортного потоку, яка є характерною для центральної частини міста: вантажний транспорт 3 %, автобуси 4; легковий транспорт 92, мотоцикли та спеціальний транспорт менше 1 %.

Розрахункові точки для вимірів акустичного забруднення були розташовані на відстані від 10 до 100 метрів від джерела шуму та на висоті 1,5, 5, 20, 30 метрів від рівня землі.

У процесі вимірювань параметрів шумового забруднення було встановлено, що при інтенсивності руху автомобілів 2000 авт./год. на відстані 30 м від дороги отримані величини перевищують норми на 8,5 дБ вдень (55 дБ) та на 17 дБ вночі (45 дБ).

Аналіз результатів експериментальних вимірювань рівня звуку на різному віддаленні від автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху автомобільного транспорту свідчить, що за відсутності перешкод рух автомобільного транспорту інтенсивністю 2000 авт./год створює понаднормове акустичне навантаження в денний час доби.

Табл. 3.1. Результати експериментальних вимірювань шумового забруднення на висоті 1,5 м. з різною інтенсивністю руху транспорту

| Відстань до джерела шуму, м | Інтенсивність руху автомобільного транспорту |                |                |
|-----------------------------|--|----------------|----------------|
|                             | 2000 авт/год                                 | 4000 авт/год   | 6000 авт/год   |
|                             | $L_{екв}$ , дБ                               | $L_{екв}$ , дБ | $L_{екв}$ , дБ |
| 7,5                         | 71,8   | 72,9           | 74,4           |
| 15                          | 67,4   | 68,9           | 70,2           |
| 20                          | 67,1   | 68,2           | 69,4           |
| 30                          | 63,5   | 65,7           | 67,1           |
| 50                          | 60,4   | 63,1           | 64,5           |

Результати математичних розрахунків для ділянки автомобільної дороги з інтенсивністю руху 2000 авт/год на висоті 5 м від рівня землі представлені в табл. 3.2.

Табл. 3.2. Експериментальні величини параметрів рівня звуку на висоті 5 м від рівня землі на різній відстані від джерела шуму

| Відстань до джерела шуму, м | $L_{екв}$ , дБ |
|-----------------------------|----------------|
| 7,5                         | 70,3           |
| 15                          | 68,1           |
| 20                          | 67             |
| 30                          | 65,3           |
| 50                          | 62,8           |

Розрахунок рівня звуку за окремими частотними смугами представлений у табл. 3.3.

Табл. 3.3. Розрахунковий рівень звуку по октавних смугах частот на висоті 1,5 м. для дороги з інтенсивністю руху транспорту 2000 авт. /год.

| Відстань до джерела шуму, м | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                             | Гц   | Гц   | Гц   | Гц   | Гц   | Гц   |
| 7,5                         | 71,2 | 68,9 | 66,2 | 66,1 | 63   | 56,7 |
| 15                          | 68,7 | 66,7 | 64,1 | 64   | 60,6 | 54,3 |
| 20                          | 67,5 | 65,6 | 63   | 62,9 | 59,7 | 53,1 |
| 30                          | 65,6 | 63,8 | 61,3 | 61,2 | 58   | 51,2 |
| 50                          | 62,8 | 61,3 | 58,9 | 58,7 | 55,4 | 48,3 |

Аналіз результатів свідчить, що найбільше перевищення допустимих норм від потоків транспорту спостерігається при частотах від 500 до 2000 Гц.

### **3.2. Математична модель факторних ризиків від шумового забруднення та вібрації на здоров'я населення**

Дана математична модель описує порядок оцінки ризику здоров'ю населення, що проживає на міських територіях та піддається впливу зовнішнього шуму. Оцінка ризику виконується з метою виявлення факторів, що становлять потенційну небезпеку життю та здоров'ю людини при впливі на неї шуму та вібрації.

При ідентифікації небезпеки слід враховувати негативні ефекти, які можуть формуватися у населення, що проживає під впливом зовнішнього шуму. Ці дані наведені в табл. 3.4.

Табл. 3.4. Види порушень здоров'я населення, яке проживає під впливом транспортного шуму

| органи та системи людини, які можуть бути пошкоджені | порушення здоров'я                         | дані про порогові рівні шуму, дБ |
|--|--|----------------------------------|
| нервова система                                      | нервозність (нервова напруга, подразнення) | 35                               |
|  | порушення сну                              | 40                               |
|  | когнітивні порушення                       | 42                               |
|  | вегето-судинна дистонія                    | 60                               |
| система кровообігу                                   | підвищення кров'яного тиску                | 65                               |
|  | гіпертензивна хвороба серця                | 70                               |
|  | ішемічна хвороба серця                     | 75                               |
|  | стенокардія                                | 80                               |
|  | інфаркт міокарду                           | 83                               |
| хвороби вуха   | шум у вухах (суб'єктивний)                 | 45                               |
|  | нейросенсорна втрата слуху                 | 75                               |
|  | втрата слуху, яка викликана шумом          | 85                               |

Оцінка експозиції включає визначення параметрів шуму в заданий момент часу та тривалості його впливу, а також оцінку загального добового шуму як заходи контакту населення зі шкідливим фактором.

За основну одиницю рівнів шуму при оцінці ризику приймається показник  $L_{den}$ , який визначається за рівнянням (3.1) з врахуванням денних та нічних рівнів шуму:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left( 16 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right), \quad (3.1)$$

$L_{day} = L_{16}$  – 16-годинний рівень денного шуму;

$L_{night} = L_8$  – 8-годинний рівень нічного шуму.

За формулою (3.2) можна виконати оцінку рівня шуму за будь-який період часу:

$$L_{Aeg,t} = 10 \lg \frac{1}{t} \int_t \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt, \quad (3.2)$$

де  $L_{Aeg}$  – еквівалентний рівень шуму за заданий період  $p_A(t)$ ;

$p_0$  – вихідний звуковий тиск у повітрі  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ ;

$T$  – час дії шуму, год.

Переведення рівнів шуму (дБ) в одиниці звукового тиску (Па) здійснюється за допомогою формул (3.3, 3.4):

$$p = 10^{\frac{L}{20} + \lg p_0}, \quad (3.3)$$

$$p^2 = 10^{\frac{L}{10} + \lg p_0^2}, \quad (3.4)$$

де  $p$  – звуковий тиск у точці спостереження, Па;

$p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Па – порогова величина звукового тиску, яка є порогом чутливості людини.

За наявності даних про погодинну динаміку шумової ситуації середній шум за день:

$$L_{den} = \frac{L_{t1}^i \cdot p_1 + L_{t2}^i \cdot p_2 + \dots + L_{tn}^i \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}. \quad (3.5)$$

$L_{day}$ ,  $L_{even}$ ,  $L_{night}$  встановлюються як середні величини для заданого періоду часу (7-19 год, 20-23 год, 23-7 год) за результатами ряду модельних досліджень, що охоплюють максимально можливу кількість шумових подій на території.

Величини  $L_{day}$ ,  $L_{even}$ ,  $L_{night}$  можуть бути використані як самостійні характеристики експозиції у дослідженнях впливу денного або нічного шуму на стан здоров'я населення.

Величини добових рівнів шуму використовуються для оцінки середньої тривалої експозиції населення:

$$L_{den,t} = \frac{\sum_{i=1}^N L_{den}}{N}, \quad (3.6)$$

де  $L_{den,t}$  – рівень середнього добового шуму за досліджуваний період часу  $t$ , який був виміряний  $N$  разів.

Оцінка експозиції здійснюється на основі результатів інструментальних вимірювань шуму, а також результатів виробничого контролю на досліджуваних об'єктах. Вибір точок для акустичних розрахунків визначається розташуванням місць постійного проживання населення, зон відпочинку, внутрішньобудинкових територій, дитячих закладів, а також місцями із заданим сценарієм оцінки ризику.

Етап аналізу залежностей експозиція-відповідь та експозиція-ефект передбачає встановлення зв'язку між експозицією та частотою, поширеністю, видом та ступенем вираженості шкідливого ефекту на населення, яке схильне до шкідливого впливу шуму. Результати оцінки повинні містити необхідні докази причинного зв'язку виявлених порушень здоров'я із впливом на організм шуму. Такий зв'язок забезпечується виконанням умов (критеріїв).

Шкідливий вплив транспортного шуму може виражатися у вигляді частки населення, що зазнає усвідомлених неприємних відчуттів, дискомфорту чи моральних страждань від такого впливу, а також у вигляді частки населення з порушеннями здоров'я, що призводять до збільшення показників захворюваності, інвалідності, смертності та скорочення тривалості здорового життя. Залежності експозиція-відповідь, які отримані на основі статистичних моделей, можна використовувати для оцінки ризику при впливі транспортного шуму.

Оцінка агрегованого ризику порушень серцево-судинної, нервової систем і органів слуху, яка базується на математичних моделях розвитку

несприятливих ефектів під впливом шуму, виконується розв'язком системи рівнянь:

$$\begin{cases} R_{t+1}^{Acl} = R_t^{Acl} + \left[ 0,0118 \cdot R_t^{Acl} + 0,001 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot 1 - R_t^{Acl}}{50} - 1 \right\rangle \right] C \\ R_{t+1}^{Acc} = R_t^{Acc} + \left[ 0,052 \cdot R_t^{Acc} + 0,015 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot 1 - R_t^{Acl}}{58,5} - 1 \right\rangle \right] C \\ R_{t+1}^{Anc} = R_t^{Anc} + \left[ 0,0074 \cdot R_t^{Anc} + 0,0016 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot 1 - R_t^{Acl}}{43} - 1 \right\rangle \right] C \end{cases} \quad (3.7)$$

Початкові рівні:  $R_0^{Acl}=0,023$ ;  $R_0^{Acc}=0,007$ ;  $R_0^{Anc}=0,0285$ ;

де  $R_t^{anc}$  – агрегований ризик розвитку на момент часу  $t$  порушень нервової системи (нервова напруга, порушення сну, вегето-судинна дистонія);

$L_{den,t}$  – добовий рівень шуму в досліджуваній період часу  $t$ , дБ;

$C$  – часовий емпіричний коефіцієнт.

Емпіричні значення коефіцієнтів враховують як тяжкість клінічного перебігу та наслідків захворювань, так і порушення діяльності функціональних систем організму. У рівняннях враховані порогові рівні виникнення шкідливих ефектів кожному за видом порушень здоров'я. Модель дозволяє розраховувати ризик на будь-який заданий момент часу  $t$ .

Прогнозування агрегованого ризику порушення здоров'я у моделі здійснюється через розрахункове значення ризику на даний час. У перший рік життя значення ризику приймається рівним 0,01. На основі відомої зміни шумового навантаження у часі існує можливість визначити довгостроковий прогноз на період очікуваної тривалості життя.

При  $R_t \neq 0$  для побудови моделі та оцінки початкової величини ризику в заданий момент часу проводяться дослідження з оцінки частот та тяжкості захворювань на території, що вивчається.

Розрахунок індивідуального агрегованого ризику захворювань органів кровообігу, нервової системи та органів слуху виконується за системою

рівнянь (3.7). Додатковий агрегований ризик порушень органів кровообігу, нервової системи та органів слуху, який пов'язаний із шумовим фактором, розраховується за формулою:

$$\Delta R_t^{Ai} = R_t^{Ai} - R_t^{Ai/\phi}, \quad (3.8)$$

$\Delta R_t^{Ai}$  – додатковий агрегований ризик порушення  $i$ -ї системи органів на момент часу  $t$ ;

$R_t^{Ai}$  – агрегований ризик порушення  $i$ -ї системи органів під впливом шумового навантаження за час  $t$ ;

$R_t^{Ai/\phi}$  – агрегований ризик порушення  $i$ -ї системи органів без впливу шумового навантаження за час  $t$  (фоновий ризик).

Агрегований сукупний ризик розвитку захворювань органів кровообігу, нервової системи та органів слуху при дії шумового фактора розраховується за формулою:

$$R_t^{Aсов} = 1 - \prod_{i=1}^3 (1 - R_t^{Ai}) \quad (3.9)$$

де  $R_t^{Ai}$  – ризик розвитку захворювань  $i$ -ої системи людини (органів кровообігу, нервової системи та органів слуху) під впливом шумового навантаження на момент часу  $t$ .

Додатковий сукупний ризик порушень здоров'я, який пов'язаний із шумовим фактором, розраховується за формулою:

$$\Delta R_t^{Aсов} = R_t^{Aсов} - R_t^{Aсов/\phi}, \quad (3.10)$$

де  $\Delta R_t^{Aсов}$  – додатковий сукупний агрегований ризик під впливом шумового навантаження на час  $t$ ;

$R_t^{Aсов}$  – сукупний агрегований ризик порушення здоров'я під впливом шумового навантаження на час  $t$ ;

$R_t^{Aсов/\phi}$  – сукупний агрегований ризик порушення здоров'я без впливу шумового навантаження на час  $t$  (фоновий сукупний агрегований ризик).

У загальному вигляді крива зміни ризику порушень окремих систем організму в залежності від тривалості проживання без впливу та в умовах шкідливого впливу шуму рівня  $L_{den}$ , а також величина додаткового ризику наведена на рис. 3.1.

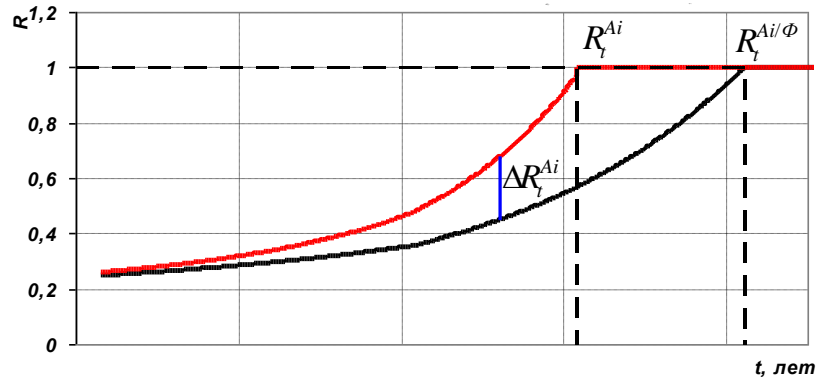


Рис. 3.1. Еволюція ризику та додаткового ризику шкідливих ефектів при дії шуму.

Для вирішення завдань характеристики рівня ризику розраховується наведений індекс ризику здоров'ю, який пов'язаний із шумовим фактором (3.11). Показник характеризує ймовірність порушень здоров'я при дії шумового фактора з урахуванням наростання загального ризику здоров'ю зі збільшенням віку:

$$\tilde{R}_t^{Acos} = \frac{\Delta R_t^{Acos}}{1 - R_t^{Acos/\Phi}}, \quad (3.11)$$

$\tilde{R}_t^{Acos}$  – наведений індекс ризику під впливом шумового навантаження за час  $t$ ;

$\Delta R_t^{Acos}$  – додатковий сукупний агрегований ризик під впливом шумового навантаження за час  $t$ ;

$R_t^{Acos/\Phi}$  – сукупний агрегований ризик без впливу шумового навантаження за час  $t$  (фоновий ризик).

Рекомендації щодо управління ризиком шумового фактора можуть розроблятися з врахуванням наступної оцінної шкали індексу  $\tilde{R}_t^{Acos}$  (рис. 3.2):

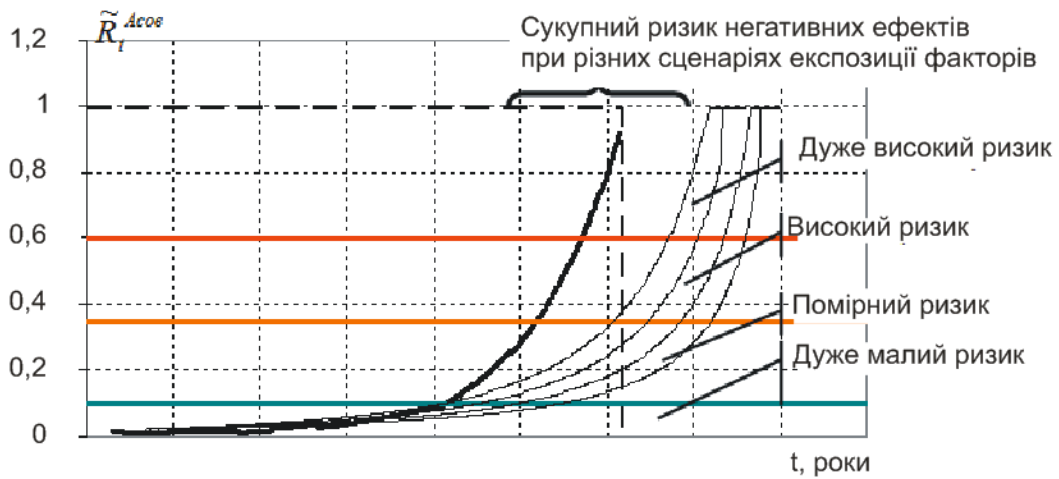


Рис. 3.2. Шкала оцінки індекса  $\tilde{R}_t^{Acos}$ .

Величина  $\tilde{R}_t^{Acos}$  становить менше 0,05, що може оцінюватися як ризик дуже малий, який мало впливає на рівень стану здоров'я людей.

$\tilde{R}_t^{Acos}$  знаходиться в діапазоні 0,05-0,35, що оцінюється як помірний ризик.

$\tilde{R}_t^{Acos}$  знаходиться у діапазоні 0,35-0,6, що оцінюється як високий ризик.

$\tilde{R}_t^{Acos}$  перевищує рівень 0,6, що оцінюється як дуже високий ризик.

Додатковий популяційний ризик, що характеризує частоту порушень здоров'я для людей, що знаходяться в зоні ризику:

$$\Delta R_t^{PAi} = \sum_i \Delta R_t^{PAi} \cdot P_i, \quad (3.12)$$

$R_t^{PAi}$  – ризик порушення здоров'я  $i$ -го виду для віку  $t$ ;

$P_i$  – чисельність населення вікової групи  $t$ .

Показником, який характеризує негативний вплив шумового забруднення на людей, є частка осіб (%), які відчувають психологічне роздратування від шуму. Для оцінки шкідливого ефекту шуму використовувалася таке співвідношення:

$$R = 100 / 1 + \exp(10,4 - 0,13L_{екв}), \quad (3.13)$$

де  $L_{екв}$  – еквівалентний рівень шуму.

Для оцінки ризику виникнення шумової хвороби використано наступне співвідношення:

$$R = -6,5027 + 0,0889 \cdot L_{екв}, \quad (3.14)$$

де  $L_{екв}$  – еквівалентний рівень шуму в дБ.

Запропоновані моделі дозволяють оцінювати як ризик розвитку порушення здоров'я, так і скорочення тривалості життя під впливом шуму. Для оцінки тривалості життя (років) виконується визначення прогнозованого віку смерті без впливу та за умови шкідливого впливу шуму заданого рівня та заданої тривалості. Скорочення очікуваної тривалості життя, яка пов'язана зі шкідливим впливом шуму, розраховується так:

$$\Delta T = T_{\phi} - T, \quad (3.15)$$

де  $\Delta T$  – скорочення прогнозованої тривалості життя людини, що зазнає шкідливого впливу шуму (років);

$T_{\phi}$  – очікувана тривалість життя без впливу шуму, отримана в результаті розрахунку без врахування фактора шуму, років;

$T$  – очікувана тривалість життя при шкідливому впливі шуму, отримана в результаті розрахунку, років.

Мірою сукупного агрегованого ризику здоров'ю населення є загальне ймовірнісне скорочення очікуваної тривалості життя населення в умовах заданої експозиції шуму ( $T^p$ , років):

$$T^p = \Delta T \cdot p, \quad (3.16)$$

де  $p$  – чисельність населення, яке проживає в умовах шкідливого впливу шуму.

Локальна вібрація (ЛВ) – це один із найпоширеніших шкідливих виробничих факторів. Її джерелами є різноманітні віброінструменти. Впливу загальної вібрації (ЗВ) на робочих місцях зазнають багато людей на будівництві, в сільському господарстві та транспорті. Загальна вібрація

передається на робочі місця транспортно-технологічних машин та стаціонарного обладнання.

Для оцінки шкідливого впливу факторів виробничого середовища концепція доказової медицини ЕВМ (evidence-based medicine) використовує математико-статистичні підходи та експериментальні дані. Розглянемо, яким чином можна прогнозувати терміни працездатності працівників для організації заходів щодо запобігання розвитку їх професійних захворювань. Показником потенційної загрози здоров'ю людей на виробництві в умовах підвищеного шуму є відносна доза шуму:

$$D_{\text{відн}} = \frac{D}{D_{\text{дон}}}, \quad (3.17)$$

де  $D$  – фактична доза шуму, отримана на робочому місці;  $D_{\text{дон}}$  – допустима доза шуму.

Нормованим параметром є еквівалентний рівень шуму  $L_{\text{екв}}$ :

$$L_{\text{екв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt, \quad (3.18)$$

де  $t$  – час впливу шуму за 8-годинну зміну;  $T$  – стаж роботи в умовах підвищеного шуму.

Запропоновано співвідношення між еквівалентним рівнем шуму на робочому місці та відносною дозою шуму залежно від часу дії шуму протягом зміни (табл. 3.5).

Табл. 3.5. Співвідношення між відносною дозою шуму  $D_{\text{відн}}$  і еквівалентним рівнем шуму  $L_{\text{екв}}$  в залежності від часу дії шуму

| $D_{\text{відн}}, \%$ | $L_{\text{екв}}, \text{дБ}$ |       |       |       |       |       |      |
|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                       | 8 год                       | 4 год | 2 год | 1 год | 30 хв | 15 хв | 7 хв |
| 3,2                   | 65                          | 68    | 71    | 74    | 77    | 80    | 83   |
| 6,3                   | 68                          | 71    | 74    | 77    | 80    | 83    | 86   |
| 12,5                  | 71                          | 74    | 77    | 80    | 83    | 86    | 89   |
| 25                    | 74                          | 77    | 80    | 83    | 86    | 89    | 92   |

|      |    |    |     |     |     |     |     |
|------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 50   | 77 | 80 | 83  | 86  | 89  | 92  | 95  |
| 100  | 80 | 83 | 86  | 89  | 92  | 95  | 98  |
| 200  | 83 | 86 | 89  | 92  | 95  | 98  | 101 |
| 400  | 86 | 89 | 92  | 95  | 98  | 101 | 104 |
| 800  | 89 | 92 | 95  | 98  | 101 | 104 | 107 |
| 1600 | 92 | 95 | 98  | 101 | 104 | 107 | 110 |
| 3200 | 95 | 98 | 101 | 104 | 107 | 110 | 113 |

Пропонується розраховувати допустимий рівень шуму протягом трудового стажу  $L_{CT}$  за наступною залежністю:

$$L_{CT} = L_{екв} + 10 \lg(t/8) + 10 \lg(T/T_0), \quad (3.19)$$

де  $L_{екв}$  – еквівалентний рівень шуму за робочу зміну;  $t$  – час впливу шуму за 8-годинну зміну;  $T$  – стаж роботи за умов підвищеного шуму;  $T_0$  – 1 рік.

Виходячи із залежності (3.17), запропоновано зворотнє завдання: визначення допустимого стажу роботи в умовах впливу на робочому місці шуму рівня  $L_{екв}$ :

$$T = T_0 \cdot 10^{0,1[L_{CT} - L_{екв} - 10 \lg(t/8)]}. \quad (3.20)$$

В результаті обчислень було отримано дані допустимого стажу та максимального часу шкідливого впливу шуму за восьмигодинну зміну при роботі в різних класах умови праці.

Табл. 3.6. Допустимий стаж та максимальний час шкідливого впливу шуму за восьмигодинну робочу зміну при роботі в різних класах умови праці

| Клас умов праці | $L_{екв}$ , дБ | $t$ , год | $T$ , роки |
|-----------------|----------------|-----------|------------|
| 2               | 10-80          | 8         | 40         |
| 3.1             | 80-85          | 7,9-2,5   | 40-12,6    |
| 3.2             | 85-95          | 2,5-0,3   | 12,6-1,3   |
| 3.3             | 95-105         | 0,3-0     | 1,6-0,1    |
| 3.4             | 105-115        | 0         | 0,1-0      |

Для визначення допустимих умов праці розроблено інформаційну систему (розділ 4), в рамках якої можна розрахувати для кожного робітника, який працює при конкретних значеннях рівня вібрації та часу її дії на робочому місці безпечний стаж і максимальне допустиме час роботи за зміну при контакті з локальною або загальною вібрацією.

Одним з важливих елементів збереження здоров'я при впливі підвищеного рівня вібрації є регламенти проведення профілактичних заходів. Найбільш ефективним з них є захист часом – примусове обмеження впливу виробничого шуму на працівника. За допомогою дозового принципу можна оцінити реальне навантаження та необхідну кількість днів відпочинку або робіт зі зниженим рівнем шуму (розділ 4).

Враховуючи високу небезпеку вібраційного фактора для здоров'я, розроблено модель (дозоефективну залежність) для розрахунку ймовірності розвитку вібраційної хвороби (ВХ) залежно від рівня шкідливого фактора та тривалості його впливу.

Табл. 3.7. Імовірність розвитку вібраційної хвороби від рівня шкідливого фактора та тривалості його впливу, %

| Клас умов праці | Вібраційна хвороба |          |
|-----------------|--------------------|----------|
|                 | 10 років           | 20 років |
| 2               | 1                  | 2,5      |
| 3.1             | 1,5                | 4        |
| 3.2             | 1,8                | 5        |
| 3.3             | 2,5                | 6        |
| 3.4             | 3,2                | 9        |
| 4               | 4                  | 12       |

При оцінці ймовірності розвитку ВХ під дією загальної вібрації враховується ступінь вираженості вібраційних порушень: I та II ступінь, які залежать від рівня та стажу роботи (табл. 3.8).

Табл. 3.8. Імовірність розвитку синдромів вібраційної хвороби залежно від рівня фактора та тривалості його впливу, %

| Клас умов<br>праці | Вібраційне<br>прискорення,<br>м/с <sup>2</sup> | Стаж роботи, роки |     |     |
|--------------------|--|-------------------|-----|-----|
|                    |  | 5                 | 10  | 20  |
| 2                  | 0,28   | 0                 | 0   | 0   |
| 3.1                | 0,56   | 0,4               | 0,8 | 1,6 |
| 3.2                | 1,12   | 2                 | 3   | 6   |
| 3.3                | 2,20   | 8                 | 13  | 25  |
| 3.4                | 4,50   | 30                | 50  | 60  |

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі встановлено залежності зміни рівня шумового забруднення на різних відстанях від джерела шуму та різних висотах від землі, для інтенсивності потоку транспорту від 2 до 6 тисяч за годину.

Показано динаміку зміни фізіологічних показників людини при впливі на неї шуму та виробничої вібрації. Висвітлено патологічні зміни при зовнішніх впливах шуму та вібрації, що ведуть до значного зниження слуху та розвитку вібраційної хвороби. Наведено методики розрахунку дози шуму, отримано дані про допустимий стаж та максимальний час шкідливого впливу шуму.

На основі проведеного математичного моделювання розроблено інформаційну систему (розділ 4), яка визначає безпечний стаж роботи, час роботи за зміну та кількість змін при контакті з шумовим забрудненням та вібраційними факторами.

Приведено результати оцінки ризиків як найбільш ефективного інструменту для порівняння впливу шкідливих факторів на людей, у різні часові періоди, до та після проведення оздоровчих заходів, для визначення їх ефективності тощо. Використання методології оцінки ризику для здоров'я населення дозволяє формувати інформаційно-аналітичну основу

широкого спектру управлінських рішень, у тому числі архітектурно-планувальних, медико-профілактичних, організаційних тощо.

Експериментальні вимірювання показали їх ідентичність з математичним моделюванням. Це свідчить про те, що використання даної інформаційної системи є виправданим при оцінці акустичного навантаження на міську територію з інтенсивним рухом та впливу виробничої вібрації.

## **РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **4.1. Алгоритм розробки інформаційної системи обліку впливу шуму та вібрації на організм людини**

Для розробки інформаційної системи для обліку впливу шуму та вібрації використано математичну модель, яка базується на поширенні шумового забруднення в населеному пункті з параметрами, які змінюються в динаміці. Спираючись на неї, було розроблено такий порядок дій.

1. На основі даних експериментальних досліджень та математичного моделювання поширення шумового забруднення формується база даних SQLite для досліджуваної ділянки населеного пункту. В ній містяться такі показники: еквівалентний рівень шуму на різних відстанях від траси, а також на різній висоті щодо рівня землі в залежності від інтенсивності транспортного потоку.

2. Виявлення взаємозв'язку еквівалентного рівня шуму в залежності від висоти та відстані від джерела шуму. По згрупованих за рівнем трафіку транспортних засобів отримують облікові показники.

3. Для кожного класу трафіку транспортних засобів формуються розрахункові та облікові показники еквівалентного рівня шуму в потрібному місці на місцевості.

4. За експериментальними даними отримують математичну модель поширення шумового навантаження на людей, а також рівня вібрації на промислових підприємствах, що негативно в подальшому відображається на здоров'ї людей.

5. Проводять аналіз та оцінку результатів моделювання впливу негативних факторів шуму та вібрації на здоров'я та самопочуття людей на досліджуваній ділянці міста.

## 4.2. Проектування інтерфейсу інформаційної системи

Дана інформаційна система призначена для моделювання негативного впливу шуму та вібрації на життєдіяльність людей, в якій використовується математична модель поширення шумового забруднення в умовах наведеного пункту. Вхідними даними програми є такі показники: відстань від джерела шуму, висота від рівня землі для джерела шуму, інтенсивність руху транспорту, які отримані на досліджуваних територіях вимірювальними засобами. З допомогою даної програми отримують показники негативного впливу шуму та вібрації на організм людини.

Проектування інформаційної системи проводиться в даній роботі мовою програмування Python і починається зі створення графічного інтерфейсу програми. За це відповідає бібліотека Tkinter, яку потрібно імпортувати в систему:

```
from tkinter import *
```

Для назви головного вікна програми задано змінну `win_main`. За створення вікна програми в даній бібліотеці відповідає функція `Tk()`. Для того, щоб задати назву щойно створеному вікну, використовують функцію `win_main.title("")`, як параметр задають в лапках назву для інформаційного продукту. Для неможливості зміни розміру графічного вікна програми використано функцію `win_main.resizable(False, False)`. Ці два параметри даної функції забороняють зміну розмірів вікна по горизонталі та по вертикалі. Це потрібно для того, щоб при відображенні на екранах з різною роздільною здатністю елементи управління програми знаходилися у чітко визначених розробником позиціях і не зміщувалися по екрану. Для визначення фіксованих розмірів графічного вікна використано функцію `win_main.geometry("1350x650")`. Як параметри цієї функції використано розміри графічного вікна по горизонталі та по вертикалі в пікселях. Також для графічного вікна можна задати іконку з допомогою функції `win_main.iconbitmap("Noise.ico")`, яка буде відображати призначення додатку і знаходитися у його верхньому лівому куті поряд з елементами

меню. Як параметр в лапках зазначають назву графічного файлу Noise.ico, який повинен бути збережений у форматі .ico і знаходитися у папці разом з основним файлом інформаційної системи Noise\_and\_vibration.py.

```
win_main = Tk()
win_main.title("Оцінка негативного впливу шуму та вібрації")
win_main.resizable(False, False)
win_main.geometry("1350x650")
win_main.iconbitmap("Noise.ico")
win_main.mainloop()
```

Останній рядок коду відображає нескінчений цикл виконання програми, завдяки чому графічне вікно буде відображатися на екрані до того часу, поки його не закриють.

Для створення ієрархічного меню в Tkinter використовують віджет Menu. Меню може містити багато елементів, причому ці елементи також можуть представляти собою меню та містити інші елементи. В залежності від того, який тип елементів потрібно додати в меню, буде відрізнятися метод, який використовується для їх додавання.

Доступні наступні методи:

- `add_command(options)`: додає елемент меню через параметр `options`;
- `add_cascade(options)`: додає елемент меню, який в свою чергу може представляти собою підменю.

```
main_menu = Menu()
main_menu.add_cascade(label="Файл")
main_menu.add_cascade(label="Переглянути")
main_menu.add_cascade(label="Редагувати")
main_menu.add_cascade(label="Вихід")
win_main.config(menu=main_menu)
```

Для додавання пунктів меню у об'єкта Menu викликається метод `add_cascade()`. В цей метод передаються параметри пункту меню, в даному випадку вони представлені текстовою міткою, яка встановлюється через параметр `label`.

Меню потрібно встановити для поточного вікна за допомогою параметра `menu` в методі `win_main.config ()`. Після створення головного меню можна створити підменю:

```
main_menu = Menu()
file_menu = Menu()
file_menu.add_command(label="Створити")
file_menu.add_command(label="Відкрити")
file_menu.add_command(label="Зберегти")
file_menu.add_command(label="Вихід")
main_menu.add_cascade(label="File", menu=file_menu)
win_main.config(menu=main_menu)
```

Тут визначається підменю `file_menu`, яке добавляється в перший пункт основного меню завдяки установці опції `menu=file_menu`:

```
main_menu.add_cascade(label="File", menu=file_menu)
main_menu = Menu()
file_menu = Menu(font=("Verdana", 13, "bold"), tearoff=0)
file_menu.add_command(label="Новий")
file_menu.add_command(label="Зберегти")
file_menu.add_command(label="Відкрити")
file_menu.add_command(label="Вихід")
main_menu.add_cascade(label="File", menu=file_menu)
main_menu.add_cascade(label="Edit")
main_menu.add_cascade(label="View")
```

Основною особливістю елементів меню є здатність реагувати на дії користувача. Для цього у кожного елемента меню потрібно встановити параметр `command`, який встановлює посилання на функцію, що виконується при виборі елемента меню.

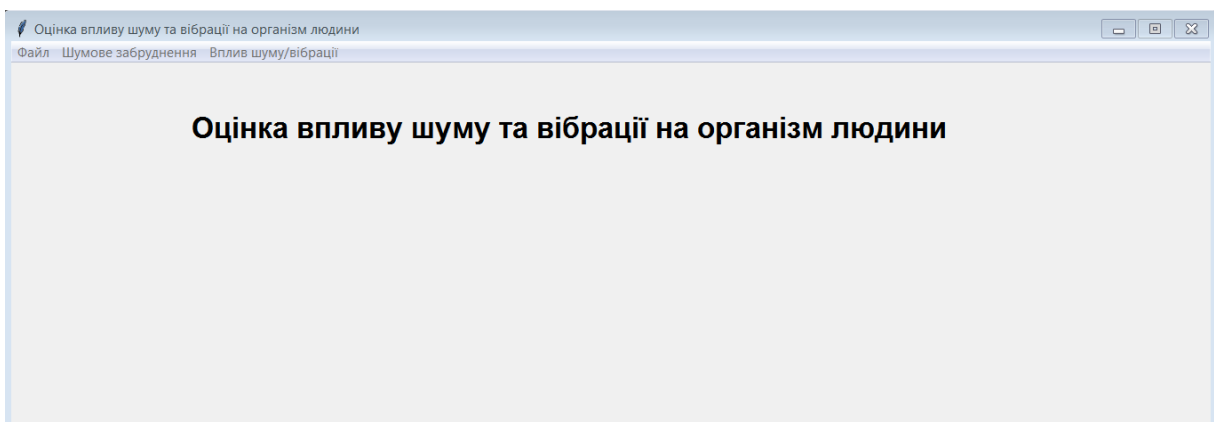


Рис. 4.1. Стартове вікно програми для оцінки впливу шуму та вібрації.

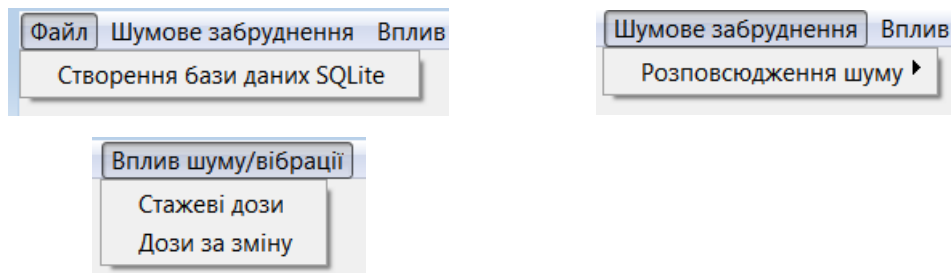


Рис. 4.2. Структура меню та підменю головного вікна.

### 4.3. Елементи управління інформаційної системи та їх розміщення у графічному вікні

При розробленні графічного інтерфейсу інформаційної системи з графічної бібліотеки Tkinter було задіяно такі елементи управління:

- Label – напис;
- Entry – однорядкове текстове поле;
- Button – командна кнопка;
- Combobox – випадаючий список;
- LabelFrame – фрейм з надписом (рамка);
- Radiobutton – радіокнопки;
- Treeview – таблиця.

Елемент управління Label використовують для пояснень функціонального призначення інших елементів управління в інтерфейсі програми:

```
lbl1 = Label(win1, text="Обчислити", bg="gray", fg="black", font=("Arial 20
        bold"), width=20, height=10)
lbl1.place(x=20, y=100)
```

Віджет Entry призначений для вводу в програму та виводу з неї числової та символної інформації. За це відповідають методи `get()` та `insert()` відповідно для даного віджету. Для очистки текстового поля використовують метод `delete()`. Приклад створення текстового поля показано нижче. Текстове поле із назвою `txt1` буде розміщене в елементі управління вікні з назвою `win1`, розмір поля 30 символів, колір заднього фону білий, колір шрифту чорний. Цей елемент управління розміщений з

допомогою менеджера геометрії `place(x=10, y=100)`: 10 пікселів від лівого краю вікна `win1` та на 100 пікселів від верхнього краю.

```
txt1 = Entry(win1, width = 30, bg="#ffffff" fg="blue", font=("Arial 9
        bold"))
txt1.place(x=10, y=100)
```

Віджет `Button` потрібний для проведення обчислень, виведенні їх результатів в інші елементи керування, побудові графічних залежностей, проектуванні додаткових графічних вікон та отриманні табличних даних.

```
btn1 = Button(win1, text = "Обчислити", command = a1)
btn1.place(x=20, y=200)
```

Крім того, у даного віджета є параметр `command`. При натисненні на кнопку відбувається подія (викликається функція із назвою `a1`). Цю кнопку потрібно прив'язати до обробника подій, який потрібно перед тим створити. В даному прикладі використано функцію з іменем `a1()`.

```
def a1():
    new_win2 = Toplevel(root)
    new_win2.title("Додаткове вікно")
    new_win2.resizable(False, False)
    new_win2.mainloop()
```

Елемент управління `Ttreeview` потрібен для представлення даних в програмі у табличній формі. Елементи управління у графічному вікні програми у даній роботі розміщені з допомогою менеджера геометрії `place()`, який розміщує їх по координатах. Цим методом розміщення елементів управління програми вказується їх положення в пікселях, і так само явно задають їх розмір: `x, y` – позиція в пікселях; `width, height` – розмір елемента управління.

#### 4.4. Створення бази даних SQLite

В головному вікні інформаційної системи потрібно вибрати пункт меню Файл/ Створення бази даних SQLite. Появиться вікно:

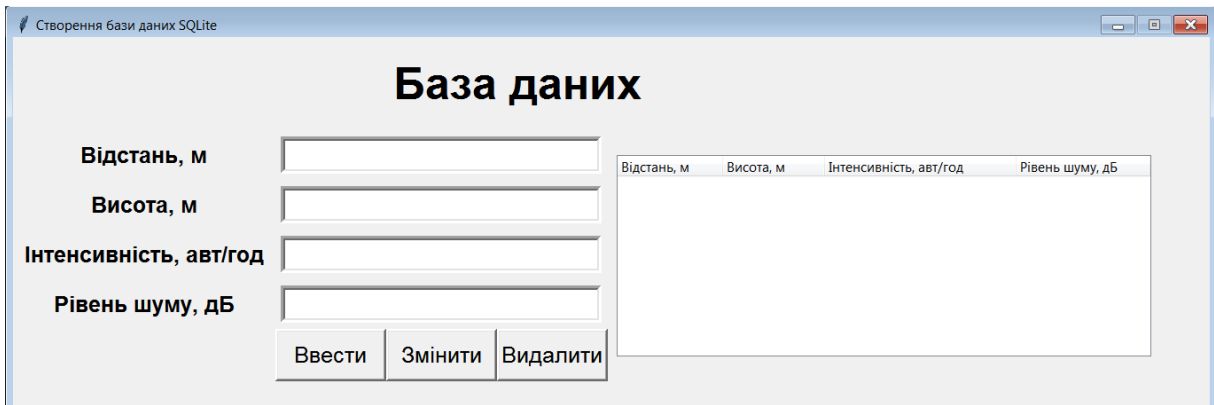


Рис. 4.3. Графічне вікно для створення нової бази даних SQLite.

В дане вікно вводяться вхідні вимірні параметри шумового забруднення: відстань від джерела шуму, м; висота над рівнем землі від джерела шуму, м; інтенсивність руху, авт/год. Вихідним параметром є еквівалентний рівень шуму в даній розрахунковій точці місцевості, дБ.

Ввівши необхідний запис, потрібно натиснути кнопку Ввести. При цьому даний запис появиться у базі даних SQLite у віджеті treeview, який знаходиться у вікні справа. При необхідності, коли зроблено помилку при вводі, необхідно виділити потрібний запис, внести зміни та натиснути кнопку Змінити. Якщо потрібно деякий запис видалити, його потрібно попередньо виділити і натиснути кнопку Видалити. Програмний код для створення нової бази даних представлено у додатку А (файл Noise\_and\_vibration.py).

#### **4.5. Результати роботи інформаційної системи впливу шуму та вібрації на організм людини**

Програмний код реалізації інформаційної системи приведено в додатку А (файл Noise\_and\_vibration.py). У ньому приведено результати вимірювання, прогнозування та оцінки в зоні впливу шумового забруднення. З допомогою даної інформаційної системи визначено залежність еквівалентного рівня шуму на віддалі до 100 м від джерела шуму та на висоті до 30 м від поверхні землі. Отримано розрахункові еквівалентні рівні шуму по октавних смугах частот для модельної ділянки.

Для визначення динаміки розподілу шумового забруднення в залежності від відстані та висоти від джерела шуму, що важливо для багатоповерхової забудови, було виконано математичне моделювання поширення шумового забруднення в просторі (розділ 3). Точки визначення рівня шуму: від 10 до 100 м та на висоті 1,5; 5; 20; 30 м від поверхні землі.

На основі отриманих еквівалентних рівнів шуму визначено ризик виникнення шумової хвороби та ймовірності подразнення на шум. Моделювання поширення шуму показали, що в межах 100 м у районі зберігається рівень шуму в межах 60 дБ. При цьому ризик подразнення на шум та ймовірності пред'явлення скарг оцінюється як прийнятний, ризик виникнення патологій – як низький. На відстані 50 м рівень шуму становить 65 дБ, з урахуванням вікових змін організму після 70 років експозиції ризик розвитку різноманітних патологій досягає екстремальної величини.

Зміна еквівалентного рівня шуму в розрахункових точках на висоті 1,5 м від землі та на відстані до 100 м від джерела представлена на рис. 4.4.

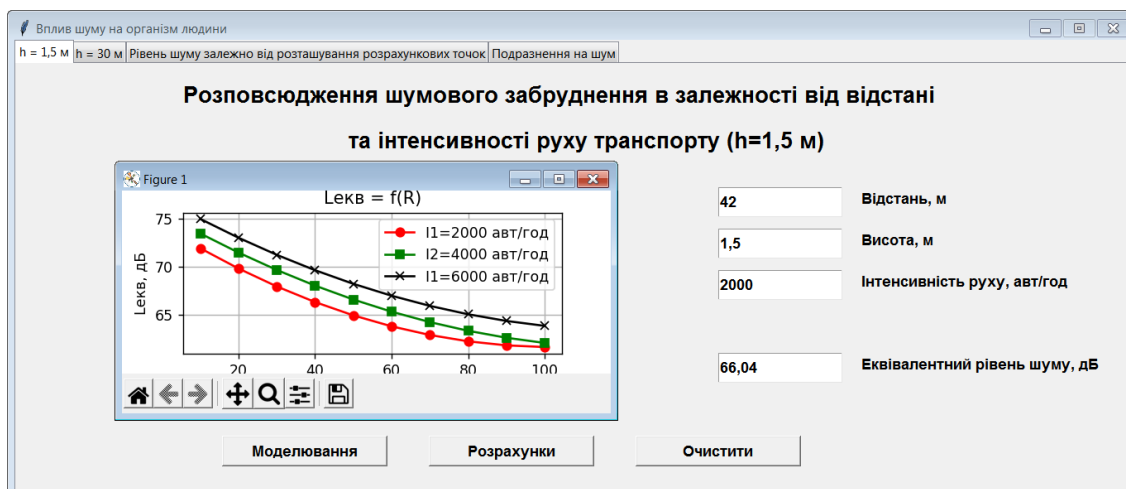


Рис. 4.4. Еквівалентний рівень шуму в залежності від віддалі від джерела шуму на висоті 1,5 м, дБ.

Результати моделювання акустичного впливу автотранспорту показують перевищення значень  $L_{екв}$  55 дБ, особливо на ближній (30 м) та

середній (50 м) відстанях. Отримані результати свідчать, що  $L_{екв}$  перевищує допустимий рівень навіть на відстані 100 м (60,7 дБ).

Зміни  $L_{екв}$  у розрахункових точках на висоті 30 м представлені на рис. 4.5. Встановлена залежність зміни рівнів шуму  $L_{екв}$  показує, що рівень шуму, який перевищує норму, зберігається як на значній віддалі (100 м), так і на значній висоті розрахункових точок (30 м). Слід зазначити і те, що зниження рівня шуму за висотою набагато менш істотне, ніж зниження залежно від відстані від джерела шуму.

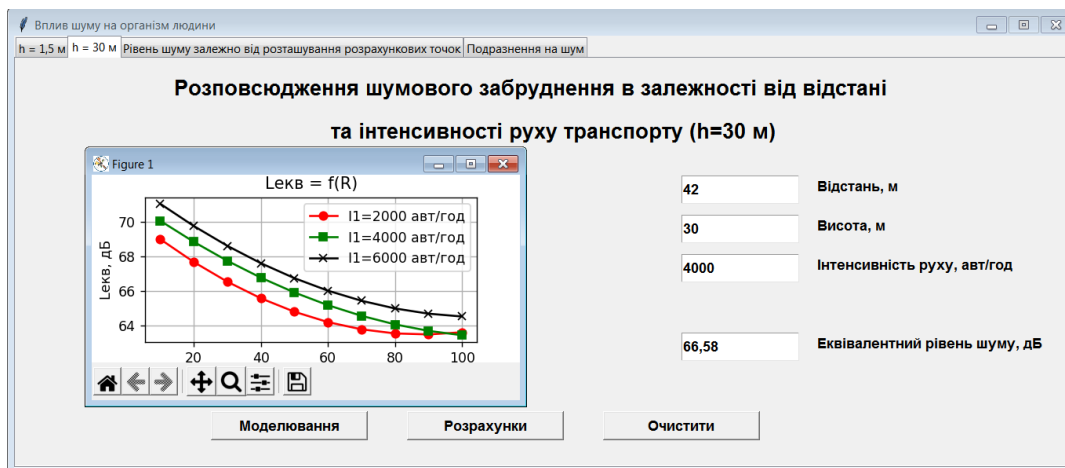


Рис. 4.5. Еквівалентний рівень шуму в залежності від віддалі від джерела шуму на висоті 30 м, дБ.

Найбільш помітна динаміка зміни шуму по висоті розрахункових точок буде на найближчій відстані від джерела шуму (при висоті розрахункових точок 1,5 м на відстані 10 і 15 м  $L_{екв}$  дорівнює 73,1 і 70,5 дБ відповідно, а на висоті розрахункових точок 30 м – 68,9 та 68,3 дБ). Зі збільшенням відстані різниця між рівнями шуму  $L_{екв}$  на висотах 1,5-30 м скорочуватиметься і на відстані 50-100 м від дороги становитиме менше 1 дБ (рис. 4.6).

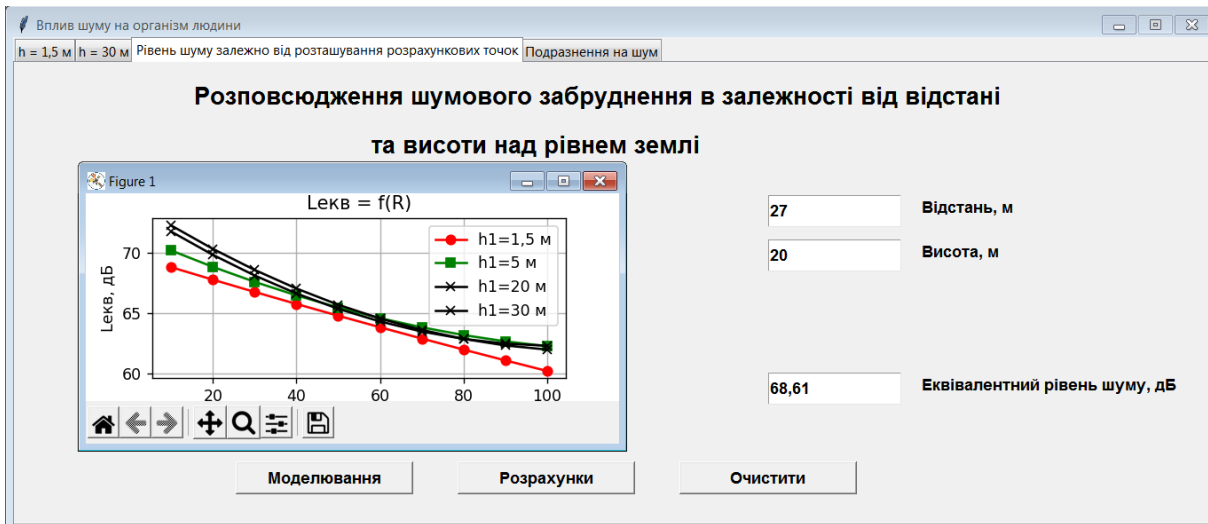


Рис. 4.6. Еквівалентний рівень шуму залежно від розташування розрахункових точок та висоти над рівнем землі, дБ.

На наступному етапі роботи було проведено розрахунок ризику негативних реакцій людей, які знаходяться у зоні впливу шумового забруднення (розділ 3, співвідношення 3.13). Найважливішим критерієм є період часу дії шуму, для оцінки ризику шумового впливу використовувалися десятирічні часові інтервали.

Встановлена залежність показує (рис. 4.8), що прогресуюча динаміка подразнення населення на шум спостерігається при рівні шуму вище 70 дБ (частка населення, що зазнає подразнення при 70 дБ – 24 %).

За результатами моделювання шуму автомобільного транспорту середнє значення  $L_{екв}$  на відстані 25 м становить 75,2 дБ, реальне подразнення на шум оцінюється на рівні 38 %. На відстані 100 м розрахункові  $L_{екв}$  становитимуть 60 дБ, подразнення на шум відчуватиме не більше 10 % населення, ризик оцінюється як прийнятний.

Результати ризику захворювання в залежності від еквівалентного рівня шумового забруднення дозволили отримати наступну залежність (розділ 3, співвідношення 3.14).

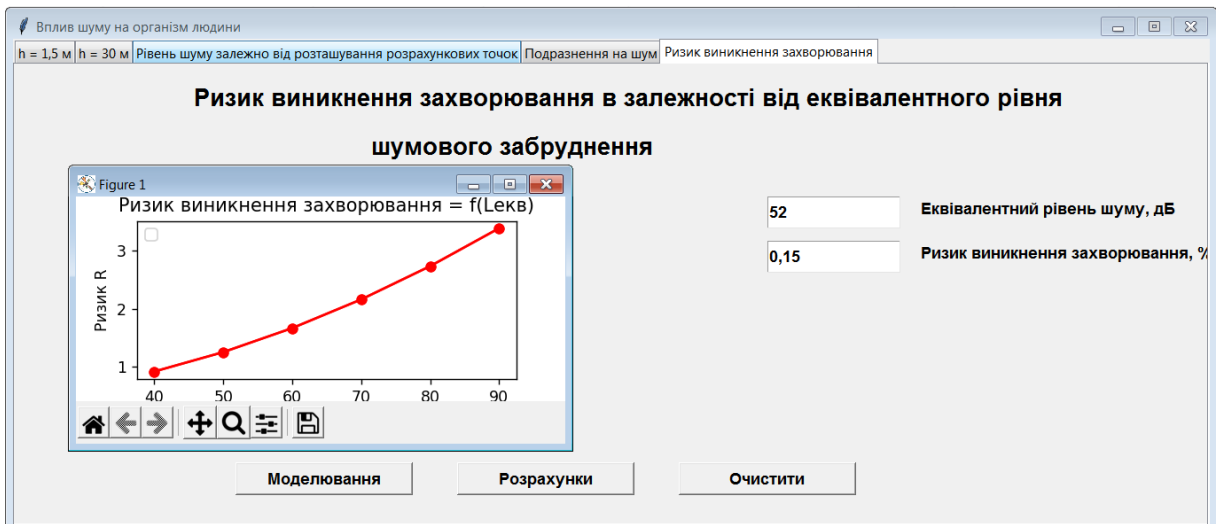


Рис. 4.7. Динаміка ризику виникнення захворювання в залежності від еквівалентного рівня шуму.

Ризик захворювання, який пов'язаний з автомобільним транспортом, за значенням  $L_{екв}$ , 75,2 дБ (на відстані 25 м), складає 0,57, це означає, що більше 57 % населення, що проживає в зоні акустичного впливу транспорту, може подавати скарги. На відстані 100 м при  $L_{екв}$  60 дБ скарги на шум можуть пред'являти не більше 12-15 % населення, ризик оцінюється як прийнятний.

При визначенні величини ризику розвитку патології (захворювань органів слуху, серцево-судинних, неврологічних захворювань) у населення, що проживає на відстані 100 м від джерела з інтенсивністю шуму 60 дБ встановлено, що величина ризику складає менше 0,05, ризик оцінюється як низький. На відстані 50 м від джерела, де шум становить 65 дБ, ризик захворювань органів серцево-судинної системи досягне високих значень (0,495) після 60 років проживання під впливом фактора.

#### 4.6. Оцінка шкідливого впливу шуму та вібрації на здоров'я людини

У роботі досліджено динаміку фізіологічних показників людей при впливі шуму та вібрації. Висвітлено патологічні зміни при зовнішніх впливах шуму та вібрації, що ведуть до значного зниження слуху та

розвитку вібраційної хвороби. Для цього розроблено програму допустимого стажу та максимального часу шкідливого впливу шуму, показано інтерфейс розробленої комп'ютерної програми, що визначає безпечний стаж роботи, час роботи по змінах та кількість змін при контакті робочих з вібраційними факторами.

Внаслідок впливу вібрації високої інтенсивності виникають зміни у серцево-судинній, нейроендокринній та імунній системах. Локальна вібрація (ЛВ) – один із найпоширеніших шкідливих виробничих факторів. Її джерелами є різноманітні віброінструменти. У свою чергу, впливу загальної вібрації (ЗВ) на робочих місцях піддаються багато людей на будівництві, сільському господарстві та транспорті. Для оцінки шкідливого впливу факторів виробничого середовища були використані математико-статистичні підходи.

Для цього спроектовано програму для прогнозування термінів працездатності працівників для організації заходів щодо запобігання розвитку професійних захворювань. В математичній моделі (розділ 3) отримано дані для допустимого стажу та максимального часу шкідливого впливу шуму за восьмигодинну зміну при роботі в різних класах умови праці.

Для визначення допустимих умов праці розроблена комп'ютерна програма, що дозволяє отримати для кожного робітника при конкретних значеннях рівня  $L_{екв}$  та часу дії шуму  $t$  на робочому місці безпечний стаж та максимальний допустимий час перебування за робочу зміну.

Рис. 4.8. Безпечний стаж і максимально допустимий час роботи в умовах підвищеного шуму.

При рівні шуму 87 дБ та часу дії 6 год. допустимий стаж роботи не повинен перевищувати 8 років. Для того, щоб працівник міг займатися професійною діяльністю з рівнем шуму 87 дБ усі 30 років свого трудового стажу, час впливу такого рівня шуму протягом зміни не повинен перевищувати 1,6 год.

Одним із найважливіших елементів збереження здоров'я при впливі підвищеного виробничого шуму є своєчасні регламенти проведення профілактичних заходів. Найбільш ефективним є захист часом – примусове обмеження впливу виробничого шуму на працівника. За допомогою дозового принципу можна оцінити реальне навантаження та необхідну кількість днів відпочинку або робіт зі зниженим рівнем шуму. Для вирішення цього завдання на практиці було розроблено програму, що дозволяє розраховувати кількість днів відпочинку (або роботи зі зниженою дозою шуму) протягом року в залежності від величини еквівалентного рівня шуму  $L_{екв}$  та тривалості його впливу протягом однієї робочої зміни, а також кількості таких змін протягом місяця. Інтерфейс програми представлено на рис. 4.9.

Розрахунок дози за зміну

### Доза за зміну

**Параметри впливу за зміну**

|   |                                |                   |
|---|--------------------------------|-------------------|
| Рівень шуму, вібрації, дБ                         | Час впливу, год                | <b>Вид впливу</b> |
| <input type="text" value="85"/>                   | <input type="text" value="4"/> |                   |
| <input type="text" value="93"/>                   | <input type="text" value="1"/> |                   |
| <input type="text" value="83"/>                   | <input type="text" value="2"/> |                   |
| Кількість змін за місяць із заданим рівнем впливу | <input type="text" value="7"/> |                   |

**Вид впливу**

- Шумове забруднення
- Загальна вібрація по віброшвидкості
- Загальна вібрація по віброприскоренню
- Локальна вібрація по віброшвидкості
- Локальна вібрація по віброприскоренню

**Результати**

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Перевищення рівня середньозмінної норми, дБ | <input type="text" value="6,6"/> |
| Кратність перевищення допустимої дози, рази | <input type="text" value="4,6"/> |
| Число днів відпочинку протягом року, діб    | <input type="text" value="15"/>  |

Рис. 4.9. Дні відпочинку для робітників при роботі в умовах підвищеного шумового забруднення.

Враховуючи високу небезпеку вібраційного фактора для здоров'я, було розроблено модель дозоефективних залежностей для розрахунку ймовірності розвитку вібраційної хвороби залежно від рівня фактора та тривалості його впливу.

З врахуванням наявних результатів у цій роботі було розроблено комп'ютерну програму з оцінки шкідливого впливу вібрації. Ця програма, як і у випадку виробничого шуму, дозволяє визначати безпечний стаж роботи, допустимий змінний час контакту з джерелом вібрації, а також кількість днів (змін) обмеження контакту з вібраційним фактором. Інтерфейс програми для локальної вібрації з рівнем 118 дБ представлений на рис. 4.10.

Рис. 4.10. Допустимого стаж та час роботи по змінах при дії локальної вібрації на робітників.

Користувачеві достатньо в одному з вікон вибрати досліджуваний шкідливий фактор (шум, загальну або локальну вібрацію), ввести вхідні параметри (кількісне значення рівня шкідливого фактора, час його впливу протягом зміни та кількість таких змін), натиснути кнопку «Розрахунок» у вікні та отримати результат (рис. 4.10-4.12).

#### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

В четвертому розділі приведено дані про принципи побудови алгоритму та підходів до розроблення інформаційної системи для оцінки впливу негативних факторів (шумового забруднення та вібрації) на організм людини. На основі приведеної математичної моделі спроектовано інформаційну систему. Проведені дослідження та моделювання підтверджують достовірність розробленої математичної моделі інформаційної системи та можливості по її майбутньому застосуванню.

Існуюча система періодичних медичних оглядів (ПМО) потребує вдосконалення шляхом впровадження комп'ютерних технологій (моделюючих програм прогнозування термінів працездатності працівників, які контактують із шкідливими виробничими факторами). Дані допустимого стажу та максимального часу шкідливого впливу шуму та

вібрації отримали реалізацію в даній розробленій інформаційній системі, в якій розраховують індивідуальний час впливу шуму на робочому місці, допустимий середній час роботи за зміну, максимальний стаж роботи за певного рівня шуму та вібрації. Ця інформаційна система дозволяє розраховувати кількість необхідних днів відпочинку протягом року, а також визначати безпечний стаж роботи та час роботи за одну зміну при контакті з шкідливими факторами на виробництві.

## РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 5.1. Опис проекту інформаційної системи

Для просування програмного продукту потрібно здійснити декілька етапів. Для цього потрібно спроектувати інформаційну карту програмного продукту. На ній представлено суть проекту та бюджет, який потрібно виділити на його впровадження.

**Табл. 5.1.** Карта інформаційної системи програмного продукту

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Назва номінації                      | Python програма   |
| Назва проекту                        | Математичне та програмне забезпечення для оцінки впливу шуму та вібрації на організм людини   |
| Назва ВНЗ, факультету, спеціальності | НЛТУ, кафедра інформаційних технологій, 122 «Комп'ютерні науки»   |
| Прізвище, ім'я, по-батькові          | Солонинка Тарас Ігорович  |
| Цілі і задачі проекту                | <p>Мета проекту – розробка та реалізація інформаційної системи для обліку впливу шуму та вібрації на організм людини.</p> <p>Задачі проекту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• провести огляд літератури по даній тематиці, проаналізувати існуючі системи їх обліку на життєдіяльність людини;</li> <li>• розробити математичну модель для обліку впливу шуму та вібрації на організм людини;</li> <li>• реалізувати програмну модель системи обліку мовою</li> </ul> |

|                           |  |
|---------------------------|--|
|                           | <p>програмування Python;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• в рамках програмної моделі провести дослідження параметрів даної системи обліку.</li> </ul>  |
| Короткий зміст проекту    | <p>Розглянуто основні фактори впливу шуму та вібрації, що впливають на людей в умовах густонаселеного пункту. Визначено параметри негативного впливу цих факторів на здоров'я людей.</p> <p>Засобами Python та його бібліотек візуалізації результатів досліджень отримано інформаційну систему, з допомогою якої можна моделювати вплив шуму та вібрації в досліджуваних точках на місцевості. Отримано показники для оцінки адекватності моделі впливу цих параметрів на здоров'я людей, оцінки на їх основі точності прогнозів.</p> |
| Терміни виконання проекту | 10 місяців   |
| Бюджет проекту            | 100 000 грн.   |

## 5.2. Стратегія проекту

Створити стартап – це лише половина справи, набагато складніше його реалізувати. Діяльність в області просування грає велику роль в створенні успішних проектів та компаній. Рентабельність стартапів багато в чому залежить від ефективності, активності та грамотної стратегії комунікаційної діяльності. Просування стартапів в першу чергу характеризується обмеженими фінансовими ресурсами. Нова кампанія, яка знаходиться на початковій стадії ведення бізнесу чи на етапі проектування,

бізнес-ідеї, як правило не може собі дозволити виділити великий бюджет на використання комунікативних інструментів. Тому одна з основних особливостей стартапів в просуванні – активне використання малобюджетних методів розкручування.

Розглянемо етапи просування стартапу:

- скласти портрет споживача;
- визначити місію компанії;
- сформулювати суть діяльності;
- скласти грамотне та зрозуміле повідомлення;
- вибрати релевантні канали (в залежності від аудиторії та бюджету).

Основні етапи просування стартапу на готовому ринку складаються з наступних етапів:

- сканування ідеї ринку;
- «прокачування» ідеї ринку;
- формування розуміння ідеї ринку;
- побудова профілю реалізації ідеї ринку;
- визначення нереалізованих елементів ідеї ринку;
- позиціонування стартапу як кращого реалізатора ідей ринку;
- підтвердження позиціонування;
- виведення продукту на ринок.

Просування стартапу при відсутності ринку складається з наступних етапів:

- генерація ідеї ринку;
- прокачування ідеї ринку;
- трансляція ідеї ринку;
- створення ринку;
- виведення програмного продукту на ринок;
- розвиток ідеї ринку.

Розглянемо способи просування стартапу.

**Email-маркетинг.** Це автоматична серія навчальних листів, які отримує новий користувач після реєстрації в сервісі, та тригерні розсилання – це спосіб поширення корисної для споживача інформації з метою отримання довіри та залучення потенційних клієнтів, який можна назвати обов'язковою програмою любого інтернет-сервісу.

**Публікації.** Важливі публікації на майданчиках з переважанням зацікавленої аудиторії, навчальні відео та інші матеріали, які полегшать життя майбутнім клієнтам на різних етапах продаж. Публікації привертають увагу, забезпечують необхідний рівень комунікації з ринком та споживачем, являються дуже важливим етапом SEO, створюють експертний рівень бренду.

**Блог та соцмережі.** Блог компанії – це ще одна можливість бути цікавим для своєї аудиторії, а значить, привертати її та формувати лояльність. В той же час блог дозволяє використовувати технічні маркетингові можливості, такі як списки ремаркетингу, стимулювання підписки на розсилання, оптимізація контенту для пошукових систем та інше.

### 5.3. Розробка програми стартап проекту

**Табл. 5.2.** Основні переваги та концепції інформаційної системи

| №<br>п/п | Потреба   | Вигода,<br>яку пропонує товар           | Ключові переваги<br>перед конкурентами       |
|----------|---|---|--|
| 1        | моделювання впливу шуму та вібрації на здоров'я людей | створення власного програмного продукту | гнучкість та свобода для кінцевого споживача |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 2 | визначення параметрів негативного впливу | можливість підключення датчиків шуму та вібрації              | можливість використання даних моніторингу навколишньої обстановки |
| 3 | зручний інтерфейс                        | інтерфейс, який представляє дані моніторингу шуму та вібрації | можливість визначення доз шуму та вібрації                        |

**Табл. 5.3.** Опис рівнів інформаційної системи

| <b>рівні товару</b>                                    | <b>сутність та її складові</b>   |
|--|--|
| 1. Програмний продукт за задумом                       | моделювання для прогнозування впливу шуму та вібрації                  |
| 2. Програмний продукт, який має бути реально виконаний | програмний продукт для моделювання негативного впливу шуму та вібрації |
| 3. Підкріплення  | система доказової медицини за допомогою цієї системи                   |

**Табл. 5.4.** Визначення меж для встановлення ціни на інформаційну систему

| <b>№ п/п</b> | <b>рівень цін на товари замітники</b> | <b>рівень цін на товари-аналоги</b> | <b>рівень доходів цільової групи споживачів</b> | <b>верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</b> |
|--------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 1            | наперед не задано                     | наперед не задано                   | 400 \$  | 400/200 \$   |

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5**

В п'ятому розділі розроблено стартап для інформаційної системи по моделюванню впливу негативних факторів, а саме шуму та вібрації на здоров'я людей, показано можливі шляхи його реалізації на практиці. Використавши засоби реклами та оголошення в газетах та по телебаченню, для просування програмного продукту можна досягти бажаного та отримати прибуток від впровадження цієї системи моніторингу навколишнього середовища.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Бизли Д. Python. Подробный справочник / СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 864 с.
2. Абдрахманов М. И. Python. Уроки / Devpractice.ru, 2017. – 110 с.
3. Абдрахманов М. И. Python. Визуализация данных: Matplotlib, Seaborn, Mayavi / Devpractice.ru, 2020. – 413 с.
4. Агравал А. Автоматизация предприятия с помощью Python / ВРВ Online, 2022. – 203 с.
5. Бейдер Дэн, Яблонски Дэвид, Эймос Джоанна, Хейслер Флетчер. Знакомство с Python / СПб.: Питер, 2023. – 512 с.
6. Бизли Д. Python. Сборник рецептов / Самиздат, 2013. – 788 с.
7. Бэрри Пол. Изучаем программирование на Python / М.: Эксмо, 2017. – 611 с.
8. Васильев А. Python на примерах. Практический курс по программированию / М.: Наука и техника, 2016. – 432 с.
9. Воган Ли. Непрактичный Python / СПб.: БХВ, 2021. – 464 с.
10. Гаско Рик. Простой Python просто с нуля / М.: Солон-Пресс, 2019. – 258 с.:
11. Трунова И. Г., Елькин А. Б., Смирнова В. М.. Выбор и расчет средств защиты от шума и вибрации / Нижний Новгород: НГТУ, 2012. – 116 с.
12. Фролов К. В., Гончаревич И. Ф., Лихнов П. П. Инфразвук, вибрация, человек / М.: Машиностроение. 1996. – 364 с.
13. Щербина Е.В., Ренц А.И., Маршалкович А.С.. Оценка влияния автотранспортных потоков на шумовой режим городской среды: / М.: МИСИ-МГСУ, 2013. – 72 с.
14. Юдин Е. Я. Борьба с шумом / М.: Стройиздат, 1964. – 704 с.
15. Никифоров А. С., Иванов Н. И. Основы виброакустики / СПб: Политехника, 2000. – 485 с.

16. Осипов Г. Л., Прутков Б. Г., Шишкин И. А., Карагодина И. Л. Градостроительные меры борьбы с шумом / – М.: Стройиздат, 1975. – 215 с.
17. Осипов Г. Л., Коробков В. Е., Климухин А. А. Защита от шума в градостроительстве / М.: Стройиздат, 1993. – 96 с.
18. Прутков Б. Г. Методы и пути снижения городского шума / М.: ЦНИИП градостроительства, 1994. – 40 с.
19. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / М.: Логос, 2010. – 424 с.
20. Колесников А.Е. Шум и вибрация / Л.: Судостроение, 1988. – 248 с.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі засобами Python та його бібліотек візуалізації результатів отримано інформаційну систему, з допомогою якої можна моделювати вплив шуму та вібрації в досліджуваних точках на місцевості. Розглянуто основні фактори шуму та вібрації, що впливають на людей в умовах населеного пункту. Визначено параметри негативного впливу цих факторів на здоров'я людей.

В першому розділі проаналізовано предметну область, засоби та технології проектування інформаційної системи оцінки негативного впливу шуму та вібрації на організм людини. З допомогою цієї системи можна буде оцінити шкідливий вплив несприятливих екологічних та виробничих факторів на здоров'я людей. Проведення розрахунків рівня шуму на території житлової забудови, у житлових та громадських будівлях рекомендується для оцінки рівнів шуму на території, де розгорнуті інструментальні дослідження є дорогими та потребують значного часу, а також при виконанні прогнозу шумової ситуації при містобудівному плануванні, розміщенні цивільних, промислових об'єктів.

У другому розділі приведено відомості про мову програмування Python, з допомогою якої спроектовану дану інформаційну систему. Приведено відомості про особливості проектування програмного продукту засобами Python, розглянуто елементи управління для створення графічного інтерфейсу програми, приведено структури для формування функціоналу програми. Візуалізація результатів проводилася з допомогою бібліотеки Matplotlib.

У третьому розділі проведено математичне моделювання залежності зміни рівня шумового забруднення на різних відстанях від джерела шуму та різних висотах від землі, для інтенсивності потоку транспорту від 2 до 6 тисяч за годину. Показано динаміку зміни фізіологічних показників людини при впливі на неї шуму та виробничої вібрації. Висвітлено патологічні зміни при зовнішніх впливах шуму та вібрації, що ведуть до

значного зниження слуху та розвитку вібраційної хвороби. Наведено методики розрахунку дози шуму, отримано дані про допустимий стаж та максимальний час шкідливого впливу шуму. На основі проведеного математичного моделювання розроблено інформаційну систему, яка визначає безпечний стаж роботи, час роботи за зміну та кількість змін при контакті з шумовим забрудненням та вібраційними факторами.

В четвертому розділі приведено дані про принципи побудови алгоритму та підходів до розроблення інформаційної системи для оцінки впливу негативних факторів (шумового забруднення та вібрації) на організм людини. На основі приведеної математичної моделі спроектовано інформаційну систему. Проведені дослідження та моделювання підтверджують достовірність розробленої математичної моделі інформаційної системи та можливості по її майбутньому застосуванню.

Існуюча система періодичних медичних оглядів (ПМО) потребує вдосконалення шляхом впровадження комп'ютерних технологій (моделюючих програм прогнозування термінів працездатності працівників, які контактують із шкідливими виробничими факторами). Дані допустимого стажу та максимального часу шкідливого впливу шуму та вібрації отримали реалізацію в даній розробленій інформаційній системі, в якій розраховують індивідуальний час впливу шуму на робочому місці, допустимий середній час роботи за зміну, максимальний стаж роботи за певного рівня шуму та вібрації. Ця інформаційна система дозволяє розраховувати кількість необхідних днів відпочинку протягом року, а також визначати безпечний стаж роботи та час роботи за одну зміну при контакті з шкідливими факторами на виробництві.

В п'ятому розділі розроблено стартап для інформаційної системи по моделюванню впливу негативних факторів, а саме шуму та вібрації на здоров'я людей, показано можливі шляхи його реалізації на практиці. Використавши засоби реклами та оголошення в газетах та по телебаченню, для просування програмного продукту можна досягти бажаного та

отримати прибуток від впровадження цієї системи моніторингу навколишнього середовища.

Професійні захворювання є реальною загрозою національній безпеці, що серйозно впливає на здоров'я та працездатність населення країни. Існуюча система періодичних медичних оглядів потребує вдосконалення шляхом впровадження комп'ютерних технологій. Отримані дані допустимого стажу та максимального часу шкідливого впливу шуму отримали реалізацію в інформаційній системі, що розраховує індивідуальний час впливу шуму на робочому місці, допустимий середній час за зміну, граничний стаж роботи за певного рівня шуму.

Інформаційна система дозволяє розраховувати кількість необхідних днів відпочинку протягом року, а також визначати безпечний стаж роботи та змінний час при контакті з вібраційним фактором на виробництві. Результати оцінки ризиків є найбільш ефективним інструментом для порівняння шкідливого впливу шуму на різних територіях, у різні часові періоди, до та після проведення оздоровчих заходів для визначення їх ефективності тощо.

**ДОДАТКИ****ДОДАТОК А****Noise\_and\_vibration.py**

```
from tkinter import *
from tkinter import ttk
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import sqlite3
import math

def p1():
    x=np.arange(40, 100, 10)
    y1=0.0004*x**2-0.00251*x+0.3753
    plt.plot(x, y1, "-ro", label="")
    plt.title("Ризик виникнення захворювання = f(Лекв)")
    plt.xlabel("Лекв, дБ")
    plt.ylabel("Ризик R")
    plt.legend()
    plt.grid()
    plt.show()

def m1():
    x=np.arange(40, 100, 10)
    y1=0.0441*x**2-4.0265*x+92.216
    plt.plot(x, y1, "-ro", label="")
    plt.title("Подразнення на шум = f(Лекв)")
    plt.xlabel("Лекв, дБ")
    plt.ylabel("Подразнення на шум, %")
    plt.legend()
    plt.grid()
    plt.show()

def l1():
    x=np.arange(10, 110, 10)
    y1=0.0009*x**2-0.1587*x+70.481
    y2=0.0006*x**2-0.1394*x+71.38
    y3=0.0007*x**2-0.1493*x+72.452
    plt.plot(x, y1, "-ro", label="I1=2000 авт/год")
    plt.plot(x, y2, "-gs", label="I1=4000 авт/год")
```

```

plt.plot(x, y3, "-kx", label="I1=6000 авт/год")
plt.title("ЛекВ = f(R)")
plt.xlabel("R, м")
plt.ylabel("ЛекВ, дБ")
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()

def k1():
    x=np.arange(10, 110, 10)
    y1=0.0001*x**2-0.1067*x+69.865
    y2=0.0006*x**2-0.1543*x+71.68
    y3=0.0011*x**2-0.2263*x+73.919
    y4=0.001*x**2-0.2245*x+74.418
    plt.plot(x, y1, "-ro", label="h1=1,5 м")
    plt.plot(x, y2, "-gs", label="h1=5 м")
    plt.plot(x, y3, "-kx", label="h1=20 м")
    plt.plot(x, y4, "-kx", label="h1=30 м")
    plt.title("ЛекВ = f(R)")
    plt.xlabel("R, м")
    plt.ylabel("ЛекВ, дБ")
    plt.legend()
    plt.grid()
    plt.show()

def b1():
    x=np.arange(10, 110, 10)
    y1=0.0012*x**2-0.2456*x+74.243
    y2=0.0009*x**2-0.2249*x+75.598
    y3=0.0009*x**2-0.222*x+77.076
    plt.plot(x, y1, "-ro", label="I1=2000 авт/год")
    plt.plot(x, y2, "-gs", label="I2=4000 авт/год")
    plt.plot(x, y3, "-kx", label="I1=6000 авт/год")
    plt.title("ЛекВ = f(R)")
    plt.xlabel("R, м")
    plt.ylabel("ЛекВ, дБ")
    plt.legend()
    plt.grid()
    plt.show()

def b2():
    t1.delete(0, END)
    t2.delete(0, END)

```

```

t3.delete(0, END)
t4.delete(0, END)

def b3():
    r=int(t2.get())
    b=-0.0012*r**2+0.3838*r+2.1322
    t4.insert(0, str(b))

def a4():
    win6 = Tk()
    win6.title("Дози за зміну")
    win6.geometry("1350x650")
    win6.resizable(False, False)
    lblA = Label(win6, text="Доза за зміну", fg="#000000", font="Arial
        20 bold")
    lblA.place(x=400, y=20)
    F1 = LabelFrame(win6, text='Параметри впливу за зміну',
        font="Arial 12 bold", bd=6, fg='#000000',
        relief=RIDGE)
    F1.place(x=50, y=60, width=1100, height=350)
    lbl1=Label(F1, text="Рівень шуму, вібрації, дБ", font=("Arial 11
        bold"))
    lbl1.place(x=10, y=20)
    t1 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t1.place(x=10, y=70, width=200, height=36)
    lbl2=Label(F1, text="Час впливу, год", font=("Arial 11 bold"))
    lbl2.place(x=350, y=20)
    t2 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t2.place(x=10, y=120, width=200, height=36)
    t3 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t3.place(x=10, y=170, width=200, height=36)
    t4 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t4.place(x=350, y=70, width=200, height=36)
    t5 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t5.place(x=350, y=120, width=200, height=36)
    t6 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t6.place(x=350, y=170, width=200, height=36)
    lbl3=Label(F1, text="Кількість змін за місяць \n із заданим рівнем
        впливу", font=("Arial 11 bold"))
    lbl3.place(x=10, y=220)
    t7 = Entry(F1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t7.place(x=350, y=220, width=200, height=36)

```

```

btn1=Button(F1, text="Обчислити", bd=5, font=("Arial 11 bold"))
btn1.place(x=200, y=270, width=200)
F2 = LabelFrame(win6, text='Результати', font="Arial 12 bold",
                bd=6, fg='#000000', relief=RIDGE)
F2.place(x=50, y=420, width=1100, height=200)
lbl1=Label(F2, text="Перевищення рівня середньозмінної норми, дБ",
           font=("Arial 11 bold"))
lbl1.place(x=10, y=20)
lbl2=Label(F2, text="Кратність перевищення допустимої дози, рази",
           font=("Arial 11 bold"))
lbl2.place(x=10, y=70)
lbl3=Label(F2, text="Число днів відпочинку протягом року, діб",
           font=("Arial 11 bold"))
lbl3.place(x=10, y=120)
t1 = Entry(F2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t1.place(x=620, y=20, width=200, height=36)
t2 = Entry(F2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t2.place(x=620, y=70, width=200, height=36)
t3 = Entry(F2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t3.place(x=620, y=120, width=200, height=36)
F3 = LabelFrame(F1, text='Вид впливу', font="Arial 12 bold", bd=6,
                fg='#000000', relief=RIDGE)
F3.place(x=600, y=5, width=450, height=300)
book = StringVar()
r1=Radiobutton(F3, variable = book, value = 'Шумове забруднення',
               text = 'Шумове забруднення',font=("Arial 11 bold"))
r1.place(x=10, y=0)
r2=Radiobutton(F3, variable = book, value = 'Загальна вібрація по
               віброшвидкості',text = 'Загальна вібрація по
               віброшвидкості',font=("Arial 11 bold"))
r2.place(x=10, y=50)
r3=Radiobutton(F3, variable = book, value = 'Загальна вібрація по
               віброприскоренню', text = 'Загальна вібрація по
               віброприскоренню',font=("Arial 11 bold"))
r3.place(x=10, y=100)
r4=Radiobutton(F3, variable = book, value = 'Локальна вібрація по
               віброшвидкості', text = 'Локальна вібрація по
               віброшвидкості',font=("Arial 11 bold"))
r4.place(x=10, y=150)
r5=Radiobutton(F3, variable = book, value = 'Локальна вібрація по
               віброприскоренню', text = 'Локальна вібрація по
               віброприскоренню',font=("Arial 11 bold"))
r5.place(x=10, y=200)

```

```

r1.select()
win6.mainloop()

def a3():
    win5 = Tk()
    win5.title("Стажеві дози")
    win5.geometry("1350x650")
    win5.resizable(False, False)
    lblA = Label(win5, text="Стажеві дози", fg="#000000", font="Arial
                    20 bold")
    lblA.place(x=500, y=20)
    F1 = LabelFrame(win5, text='Вид впливу', font="Arial 12 bold",
                    fg='#000000', bd=6, relief=RIDGE)
    F1.place(x=50, y=80, width=500, height=550)
    book = StringVar()
    r1=Radiobutton(F1, variable = book, value = 'Шумове забруднення',
                    text = 'Шумове забруднення',font=("Arial 11 bold"))
    r1.place(x=10, y=50)
    r2=Radiobutton(F1, variable = book, value = 'Загальна вібрація по
                    віброшвидкості',text = 'Загальна вібрація по
                    віброшвидкості',font=("Arial 11 bold"))
    r2.place(x=10, y=150)
    r3=Radiobutton(F1, variable = book, value = 'Загальна вібрація по
                    віброприскоренню', text = 'Загальна вібрація по
                    віброприскоренню',font=("Arial 11 bold"))
    r3.place(x=10, y=250)
    r4=Radiobutton(F1, variable = book, value = 'Локальна вібрація по
                    віброшвидкості', text = 'Локальна вібрація по
                    віброшвидкості',font=("Arial 11 bold"))
    r4.place(x=10, y=350)
    r5=Radiobutton(F1, variable = book, value = 'Локальна вібрація по
                    віброприскоренню', text = 'Локальна вібрація по
                    віброприскоренню',font=("Arial 11 bold"))
    r5.place(x=10, y=450)
    r1.select()
    F2 = LabelFrame(win5, text='Вхідні дані', font="Arial 12 bold",
                    fg='#000000', bd=6, relief=RIDGE)
    F2.place(x=600, y=80, width=600, height=300)
    lbl1=Label(F2, text="Коректований рівень впливу, дБ", font=("Arial
                    11 bold"))
    lbl1.place(x=10, y=50)
    t1 = Entry(F2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
    t1.place(x=350, y=50, width=200, height=36)

```

```

lbl2=Label(F2, text="Час впливу за зміну, год", font=("Arial 11
        bold"))
lbl2.place(x=10, y=100)
t2 = Entry(F2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t2.place(x=350, y=100, width=200, height=36)
lbl3=Label(F2, text="Ймовірний стаж роботи, роки", font=("Arial 11
        bold"))
lbl3.place(x=10, y=150)
t3 = Entry(F2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t3.place(x=350, y=150, width=200, height=36)
btn1=Button(F2, text="Обчислити", bd=5, font=("Arial 11 bold"))
btn1.place(x=200, y=220, width=200)
F3 = LabelFrame(win5, text='Результати', font="Arial 12 bold",
        fg='#000000', bd=6, relief=RIDGE)
F3.place(x=600, y=400, width=600, height=150)
lbl4=Label(F3, text="Допустимий стаж роботи, роки", font=("Arial
        11 bold"))
lbl4.place(x=10, y=20)
t4 = Entry(F3, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t4.place(x=350, y=20, width=200, height=36)
lbl5=Label(F3, text="Допустимий сумарний час впливу \n протягом
        зміни, год", font=("Arial 11 bold"))
lbl5.place(x=10, y=70)
t5 = Entry(F3, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11 bold"))
t5.place(x=350, y=70, width=200, height=36)
win5.mainloop()

def a1():
    win3 = Tk()
    win3.title("Створення бази даних SQLite")
    win3.geometry("1350x650")
    win3.resizable(False, False)
    my_tree = ttk.Treeview(win3)
    storeName = "База даних"

    def reverse(tuples):
        new_tup = tuples[::-1]
        return new_tup

    def insert( id, name, price, quantity):
        conn = sqlite3.connect("data.db")
        cursor = conn.cursor()

```

```

cursor.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS inventory(itemA
                TEXT, itemB TEXT, itemC TEXT,
                itemD TEXT)""")
cursor.execute("INSERT INTO inventory VALUES ('" + str(a) +
                "', '" + str(b) + "', '" + str(c) + "', '"
                + str(d) + "')")

conn.commit()

def delete(data):
    conn = sqlite3.connect("data.db")
    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS inventory(itemA
                    TEXT, itemB TEXT, itemC TEXT,
                    itemD TEXT)""")
    cursor.execute("DELETE FROM inventory WHERE itemA = '" +
                    str(data) + "'")
    conn.commit()

def update(a, b, c, d, idB):
    conn = sqlite3.connect("data.db")
    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS inventory(itemA
                    TEXT, itemB TEXT, itemC TEXT,
                    itemD TEXT)""")
    cursor.execute("UPDATE inventory SET itemA = '" + str(a) +
                    "', itemB = '" + str(b) + "', itemC =
                    '" + str(c) + "', itemD = '" +
                    str(d) + "' WHERE
                    itemA='"+str(idB)+"'")
    conn.commit()

def read():
    conn = sqlite3.connect("data.db")
    cursor = conn.cursor()

    cursor.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS inventory(itemA
                    TEXT, itemB TEXT, itemC TEXT,
                    itemD TEXT)""")

    cursor.execute("SELECT * FROM inventory")
    results = cursor.fetchall()
    conn.commit()
    return results

```

```

def insert_data():
    itemA = str(entryA.get())
    itemB = str(entryB.get())
    itemC = str(entryC.get())
    itemD = str(entryD.get())
    if itemA == "" or itemB == " ":
        print("Error Inserting A")
    if itemB == "" or itemB == " ":
        print("Error Inserting B")
    if itemC == "" or itemC == " ":
        print("Error Inserting C")
    if itemD == "" or itemD == " ":
        print("Error Inserting D")
    else:
        insert(str(itemA), str(itemB), str(itemC),
              str(itemD))
    for data in my_tree.get_children():
        my_tree.delete(data)
    for result in reverse(read()):
        my_tree.insert(parent='', index='end', iid=result,
                       text="", values=(result), tag="orow")
    my_tree.tag_configure('orow', background='#EEEEEE')
    my_tree.grid(row=1, column=5, columnspan=4, rowspan=5,
                 padx=10, pady=10)

def delete_data():
    selected_item = my_tree.selection()[0]
    deleteData = str(my_tree.item(selected_item)['values'])[0]
    delete(deleteData)
    for data in my_tree.get_children():
        my_tree.delete(data)
    for result in reverse(read()):
        my_tree.insert(parent='', index='end', iid=result,
                       text="", values=(result), tag="orow")
    my_tree.tag_configure('orow', background='#EEEEEE')
    my_tree.grid(row=1, column=5, columnspan=4, rowspan=5,
                 padx=10, pady=10)

def update_data():
    selected_item = my_tree.selection()[0]
    update_name = my_tree.item(selected_item)['values'][0]
    update(entryA.get(), entryB.get(), entryC.get(),
          entryD.get(), update_name)

```

```

for data in my_tree.get_children():
    my_tree.delete(data)
for result in reverse(read()):
    my_tree.insert(parent='', index='end', iid=result,
                   text="", values=(result), tag="orow")
my_tree.tag_configure('orow', background='#EEEEEE')
my_tree.grid(row=1, column=5, columnspan=4, rowspan=5,
             padx=10, pady=10)
titleLabel = Label(win3, text=storeName, font=('Arial bold', 30),
                   bd=2)
titleLabel.grid(row=0, column=0, columnspan=8, padx=20, pady=20)
ALabel = Label(win3, text="Відстань, м", font=('Arial bold', 15))
BLabel = Label(win3, text="Висота, м", font=('Arial bold', 15))
CLabel = Label(win3, text="Інтенсивність, авт/год",
               font=('Arial bold', 15))
DLabel = Label(win3, text="Рівень шуму, дБ", font=('Arial
              bold', 15))
ALabel.grid(row=1, column=0, padx=10, pady=10)
BLabel.grid(row=2, column=0, padx=10, pady=10)
CLabel.grid(row=3, column=0, padx=10, pady=10)
DLabel.grid(row=4, column=0, padx=10, pady=10)
entryA = Entry(win3, width=25, bd=5, font=('Arial bold', 15))
entryB = Entry(win3, width=25, bd=5, font=('Arial bold', 15))
entryC = Entry(win3, width=25, bd=5, font=('Arial bold', 15))
entryD = Entry(win3, width=25, bd=5, font=('Arial bold', 15))
entryA.grid(row=1, column=1, columnspan=3, padx=5, pady=5)
entryB.grid(row=2, column=1, columnspan=3, padx=5, pady=5)
entryC.grid(row=3, column=1, columnspan=3, padx=5, pady=5)
entryD.grid(row=4, column=1, columnspan=3, padx=5, pady=5)
buttonEnter = Button(win3, text="Ввести", padx=5, pady=5,
                     width=7, bd=3, font=('Arial', 15),
                     command=insert_data)
buttonEnter.grid(row=5, column=1, columnspan=1)
buttonUpdate = Button(win3, text="Змінити", padx=5, pady=5,
                      width=7, bd=3, font=('Arial', 15),
                      command=update_data)
buttonUpdate.grid(row=5, column=2, columnspan=1)
buttonDelete = Button(win3, text="Видалити", padx=5, pady=5,
                      width=7, bd=3, font=('Arial', 15),
                      command=delete_data)
buttonDelete.grid(row=5, column=3, columnspan=1)

```

```

style = ttk.Style()
style.configure("Treeview.Heading", font=('Arial bold', 10))
my_tree['columns'] = ("A", "B", "C", "D")
my_tree.column("#0", width=0, stretch=NO)
my_tree.column("A", anchor=W, width=100)
my_tree.column("B", anchor=W, width=200)
my_tree.column("C", anchor=W, width=150)
my_tree.column("D", anchor=W, width=150)
my_tree.heading("A", text="Відстань, м", anchor=W)
my_tree.heading("B", text="Висота, м", anchor=W)
my_tree.heading("C", text="Інтенсивність, авт/год", anchor=W)
my_tree.heading("D", text="Рівень шуму, дБ", anchor=W)
for data in my_tree.get_children():
    my_tree.delete(data)
for result in reverse(read()):
    my_tree.insert(parent='', index='end', iid=0, text="",
                  values=(result), tag="orow")
my_tree.tag_configure('orow', background='#EEEEEE', font=('Arial
                    bold', 15))
my_tree.grid(row=1, column=5, columnspan=4, rowspan=5, padx=10,
            pady=10)
win3.mainloop()

def noise():
    win2 = Tk()
    win2.title("Вплив шуму на організм людини")
    win2.geometry("1350x550")
    win2.resizable(False, False)
    tab_control=ttk.Notebook(win2)
    tab1=ttk.Frame(tab_control)
    tab2=ttk.Frame(tab_control)
    tab3=ttk.Frame(tab_control)
    tab4=ttk.Frame(tab_control)
    tab5=ttk.Frame(tab_control)
    tab_control.add(tab1, text="h = 1,5 м")
    tab_control.add(tab2, text="h = 30 м")
    tab_control.add(tab3, text="Рівень шуму залежно від розташування
                            розрахункових точок")
    tab_control.add(tab4, text="Подразнення на шум")
    tab_control.add(tab5, text="Ризик виникнення захворювання")
    tab_control.pack(expand=1, fill="both")
    btn1=Button(tab1, text="Моделювання", font=("Arial 11
        bold"), command=b1)

```

```
btn1.place(x=250, y=450, width=200)
btn2=Button(tab1, text="Позрахунки", font=("Arial 11 bold"),
            command=b2)
btn2.place(x=500, y=450, width=200)
btn3=Button(tab1, text="Очистити", font=("Arial 11 bold"),
            command=b3)
btn3.place(x=750, y=450, width=200)
t1 = Entry(tab1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t1.place(x=850, y=150, width=150, height=36)
t2 = Entry(tab1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t2.place(x=850, y=200, width=150, height=36)
t3 = Entry(tab1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t3.place(x=850, y=250, width=150, height=36)
t4 = Entry(tab1, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t4.place(x=850, y=350, width=150, height=36)
lbl1=Label(tab1, text="Відстань, м", fg="#000000", font="Arial 11
            bold")
lbl1.place(x=1020, y=150)
lbl2=Label(tab1, text="Висота, м", fg="#000000", font="Arial 11
            bold")
lbl2.place(x=1020, y=200)
lbl3=Label(tab1, text="Інтенсивність руху, авт/год", fg="#000000",
            font="Arial 11 bold")
lbl3.place(x=1020, y=250)
lbl4=Label(tab1, text="Еквівалентний рівень шуму, дБ",
            fg="#000000", font="Arial 11 bold")
lbl4.place(x=1020, y=350)
lbl5=Label(tab1, text="Розповсюдження шумового забруднення в
            залежності від відстані", fg="#000000", font="Arial 16
            bold")
lbl5.place(x=200, y=20)
lbl6=Label(tab1, text="та інтенсивності руху транспорту (h=1,5)",
            fg="#000000", font="Arial 16 bold")
lbl6.place(x=400, y=75)
btn1=Button(tab2, text="Моделювання", font=("Arial 11
            bold"),command=l1)
btn1.place(x=250, y=450, width=200)
btn2=Button(tab2, text="Позрахунки", font=("Arial 11 bold"),
            command=b2)
```

```
btn2.place(x=500, y=450, width=200)
btn3=Button(tab2, text="Очистити", font=("Arial 11 bold"),
            command=b3)
btn3.place(x=750, y=450, width=200)
t1 = Entry(tab2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t1.place(x=850, y=150, width=150, height=36)
t2 = Entry(tab2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t2.place(x=850, y=200, width=150, height=36)
t3 = Entry(tab2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t3.place(x=850, y=250, width=150, height=36)
t4 = Entry(tab2, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
            bold"))
t4.place(x=850, y=350, width=150, height=36)
lbl1=Label(tab2, text="Відстань, м", fg="#000000", font="Arial 11
            bold")
lbl1.place(x=1020, y=150)
lbl2=Label(tab2, text="Висота, м", fg="#000000", font="Arial 11
            bold")
lbl2.place(x=1020, y=200)
lbl3=Label(tab2, text="Інтенсивність руху, авт/год", fg="#000000",
            font="Arial 11 bold")
lbl3.place(x=1020, y=250)
lbl4=Label(tab2, text="Еквівалентний рівень шуму, дБ",
            fg="#000000", font="Arial 11 bold")
lbl4.place(x=1020, y=350)
lbl5=Label(tab2, text="Розповсюдження шумового забруднення в
            залежності від відстані", fg="#000000", font="Arial 16
            bold")
lbl5.place(x=200, y=20)
lbl6=Label(tab2, text="та інтенсивності руху транспорту (h=30 м)",
            fg="#000000", font="Arial 16 bold")
lbl6.place(x=400, y=75)
btn1=Button(tab3, text="Моделювання", font=("Arial 11
            bold"),command=k1)
btn1.place(x=250, y=450, width=200)
btn2=Button(tab3, text="Позрахунки", font=("Arial 11 bold"),
            command=b2)
btn2.place(x=500, y=450, width=200)
btn3=Button(tab3, text="Очистити", font=("Arial 11 bold"),
            command=b3)
```

```

btn3.place(x=750, y=450, width=200)
t1 = Entry(tab3, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
        bold"))
t1.place(x=850, y=150, width=150, height=36)
t2 = Entry(tab3, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
        bold"))
t2.place(x=850, y=200, width=150, height=36)
t4 = Entry(tab3, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
        bold"))
t4.place(x=850, y=350, width=150, height=36)
lbl1=Label(tab3, text="Відстань, м", fg="#000000", font="Arial 11
        bold")
lbl1.place(x=1020, y=150)
lbl2=Label(tab3, text="Висота, м", fg="#000000", font="Arial 11
        bold")
lbl2.place(x=1020, y=200)
lbl4=Label(tab3, text="Еквівалентний рівень шуму, дБ",
        fg="#000000", font="Arial 11 bold")
lbl4.place(x=1020, y=350)
lbl5=Label(tab3, text="Розповсюдження шумового забруднення в
        залежності від відстані", fg="#000000", font="Arial 16
        bold")
lbl5.place(x=200, y=20)
lbl6=Label(tab3, text="та висоти над рівнем землі", fg="#000000",
        font="Arial 16 bold")
lbl6.place(x=400, y=75)
btn1=Button(tab4, text="Моделювання", font=("Arial 11
        bold"),command=m1)
btn1.place(x=250, y=450, width=200)
btn2=Button(tab4, text="Розрахунки", font=("Arial 11 bold"),
        command=b2)
btn2.place(x=500, y=450, width=200)
btn3=Button(tab4, text="Очистити", font=("Arial 11 bold"),
        command=b3)
btn3.place(x=750, y=450, width=200)
t1 = Entry(tab4, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
        bold"))
t1.place(x=850, y=150, width=150, height=36)
t2 = Entry(tab4, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
        bold"))
t2.place(x=850, y=200, width=150, height=36)
lbl1=Label(tab4, text="Еквівалентний рівень шуму, дБ",
        fg="#000000", font="Arial 11 bold")

```

```

lbl1.place(x=1020, y=150)
lbl2=Label(tab4, text="Подразнення, %", fg="#000000", font="Arial
11 bold")
lbl2.place(x=1020, y=200)
lbl3=Label(tab4, text="Подразнення на шум в залежності від
еквівалентного рівня", fg="#000000", font="Arial 16
bold")
lbl3.place(x=200, y=20)
lbl4=Label(tab4, text="шумового забруднення", fg="#000000",
font="Arial 16 bold")
lbl4.place(x=400, y=75)
btn1=Button(tab5, text="Моделювання", font=("Arial 11
bold"),command=p1)
btn1.place(x=250, y=450, width=200)
btn2=Button(tab5, text="Позрахунки", font=("Arial 11 bold"),
command=b2)
btn2.place(x=500, y=450, width=200)
btn3=Button(tab5, text="Очистити", font=("Arial 11 bold"),
command=b3)
btn3.place(x=750, y=450, width=200)
t1 = Entry(tab5, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
bold"))
t1.place(x=850, y=150, width=150, height=36)
t2 = Entry(tab5, bg="#FFFFFF", fg="#000000",font=("Arial 11
bold"))
t2.place(x=850, y=200, width=150, height=36)
lbl1=Label(tab5, text="Еквівалентний рівень шуму, дБ",
fg="#000000", font="Arial 11 bold")
lbl1.place(x=1020, y=150)
lbl2=Label(tab5, text="Ризик виникнення захворювання, %",
fg="#000000", font="Arial 11 bold")
lbl2.place(x=1020, y=200)
lbl3=Label(tab5, text="Ризик виникнення захворювання в залежності
від еквівалентного рівня", fg="#000000", font="Arial 16
bold")
lbl3.place(x=200, y=20)
lbl4=Label(tab5, text="шумового забруднення", fg="#000000",
font="Arial 16 bold")
lbl4.place(x=400, y=75)
win2.mainloop()

root = Tk()
root.title("Оцінка впливу шуму та вібрації на організм людини")
root.resizable(False, False)

```

```
root.geometry("1350x650")
golowneMenu = Menu()
root.config(menu=golowneMenu)
bazaMenu = Menu(golowneMenu, tearoff=0)
golowneMenu.add_cascade(label="Файл", menu=bazaMenu)
bazaMenu.add_command(label="Створення бази даних SQLite", command=a1)
modelMenu = Menu(golowneMenu, tearoff=0)
golowneMenu.add_cascade(label="Шумове забруднення", menu=modelMenu)
podMenu = Menu(modelMenu, tearoff=0)
modelMenu.add_cascade(label="Розповсюдження шуму", menu=podMenu)
podMenu.add_command(label="За відстанню", command=noise)
podMenu.add_command(label="За висотою")
podMenu.add_command(label="За інтенсивністю руху")
vibrationMenu = Menu(golowneMenu, tearoff=0)
golowneMenu.add_cascade(label="Вплив шуму/вібрації",
                        menu=vibrationMenu)
vibrationMenu.add_command(label="Стажеві дози", command=a3)
vibrationMenu.add_command(label="Дози за зміну", command=a4)
helpMenu = Menu(golowneMenu, tearoff=0)
golowneMenu.add_cascade(label="Допомога", menu=helpMenu)
helpMenu.add_command(label="Відомості про автора", command=a2)
lbl1 = Label(root, text="Оцінка впливу шуму та вібрації на організм
                        людини", fg="#000000", font="Arial 20 bold")
lbl1.place(x=200, y=50)
root.mainloop()
```