

# РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 616.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.1/06>**Загребя А.Я.**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Лебедев Д.Ю.**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОЦІНКИ АУДІТИВНОГО СПРИЙНЯТТЯ У КОРИСТУВАЧІВ

Темою цього дослідження є розробка програмного скрипта для оцінки аудитивного сприйняття у користувачів. В сучасному інформаційному суспільстві, де технології вплетені у всі аспекти нашого життя, здатність взаємодіяти з різноманітними аудіовісними вмістами має велике значення. Дослідження аудитивного сприйняття користувачів є актуальним завданням, оскільки воно може відкрити шлях до подальших покращень в розробці методик покращення аудитивного сприйняття.

Задача оцінки аудитивного сприйняття користувачів вимагає високоточних методик та ефективних інструментів. У цьому дослідженні буде розглянуто розробку програмного скрипта, який дозволяє систематично вивчати та аналізувати рівень аудитивного сприйняття в різних умовах. Використання такого скрипта може надати важливі дані для розуміння і покращення сприйняття звукової інформації користувачами.

Для поліпшення точності та надійності дослідження вводяться алгоритми, які адаптують параметри звуку до індивідуальних особливостей користувача. Ці алгоритми враховують реакцію користувача та оптимізують процес тестування.

Підхід до створення програмного скрипта не лише створює умови для детального аналізу аудитивного сприйняття, але також відкриває шлях до подальших досліджень та розвитку в області аудіоінтерфейсів. В цій статті буде представлено основні принципи роботи такого скрипта, а також обговорено можливості його застосування та перспективи для майбутніх досліджень.

Загальні результати дослідження можуть бути корисні для розуміння впливу різних факторів на якість слуху та розвитку методик для діагностики захворювань слуху. За результатами даного дослідження може бути розроблено онлайн сервіс для самостійного аналізу стану слуху – що дасть можливість виявити проблеми на ранній стадії, або відслідковувати змінення стану слуху користувача.

**Ключові слова:** аудитивне сприйняття, технологічні інструменти, розробка інтерфейсів, взаємодія зі звуковим середовищем, інтерактивні дослідження, аудіотехнології, аудіосприйняття.

**Постановка проблеми.** Постійне навантаження на слух є важливою складовою сучасного життя, і внаслідок цього багато людей стикаються з суттєвим погіршенням їхнього слухового здоров'я. Розповсюдженість аудіотехнологій та високий рівень шумового забруднення можуть впливати на чутливість слуху та сприяти розвитку аудіальних проблем.

Завдяки постійній зайнятості та швидкому ритму сучасного життя, люди часто відкладають візит до лікаря для перевірки свого слуху. Нестача

часу стає значущою перешкодою для вчасної діагностики та вирішення можливих аудіальних проблем. Внаслідок цього виникає потреба в доступних та зручних методах самостійної перевірки слуху без візиту до медичного закладу.

Відсутність можливості швидко перевірити слух в домашніх умовах стає важливим аспектом в умовах сучасного ритму життя. Розробка ефективних та простих у використанні засобів для домашньої аудіометрії може сприяти збереженню та відновленню слухової функції у людей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тональна порогова аудіограма – графічне зображення порогів (рівнів) чутності тонів в децибелах у функції частоти стимулюючого тону, отриманих за допомогою діагностичного приладу – аудіометр.

Аудіограми є важливим методом аналізу слуху, який зазвичай використовується в лікарнях для діагностики стану аудітивного сприйняття, і має назву – тональна порогова аудіометрія. Ці графічні представлення результатів аудіометричного обстеження дозволяють фахівцям оцінити чутливість пацієнта до різних частот, відображаючи порогові чутності тонів в децибелах відповідно до частот стимулюючого тону, і виявити можливі порушення слуху [1, 2].

Однак у даній статті розглядається інноваційний підхід до аналізу слуху за допомогою спеціально розробленого скрипта, який може бути використаний в домашніх умовах. Скрипт дозволяє виконувати самостійні перевірки слуху, допомагаючи користувачам завчасно виявляти відхилення від норми [3]. Такий підхід сприяє ранній діагностиці та може слугувати основою для звернення до фахівця у випадках виявлених відмінностей в аудіотестуванні.

Загалом, об'єднання традиційного методу аудіограм та інноваційного скрипта для домашнього аудіотестування створює можливості для більш широкого контролю над станом слуху. Це може виявитися важливим елементом у підтримці аудітивного здоров'я та своєчасному виявленні можливих проблем.

**Постановка завдання.** Із зростанням обтяжливості аудіальних подразників у повсякденному житті і поширенням факторів, що негативно впливають на слух, зростає необхідність в створенні доступних користувачам-непрофесіоналам засобів для аналізу стану їхнього слуху. Відповідаючи на цей виклик, важливо розробити скрипт, що дозволить звичайним людям, які не є програмістами чи лікарями, самостійно проводити аналіз слуху.

Цей скрипт повинен бути максимально простим та інтуїтивно зрозумілим для кінцевого користувача. Його основна функція полягає в проведенні аудіометрії та виявленні відхилень від норми. Додатково, для зручності користувача, результати аналізу повинні надаватися в зрозумілому форматі та повідомляти про будь-які потенційні проблеми зі слухом.

Створення такого скрипта може сприяти ранньому виявленню аудіальних проблем та допомагати користувачам у збереженні свого слухового здоров'я. Враховуючи різноманітність та доступ-

ність аудіотехнологій, створення інструменту, який може бути використаний без спеціалізованих навичок, є кроком у напрямку підтримки глобального здоров'я слуху населення.

**Виклад основного матеріалу.** Методика дослідження чутливості слуху базується на використанні скрипта, який генерує звук певної частоти та гучності та фіксує реакцію користувача. Скрипт запускається на комп'ютері з підключеними навушниками. Користувачу пропонується слухати звук та натискати клавішу “а”, якщо він його чує. Якщо протягом певного часу (2 секунди) користувач не натиснув клавішу “а”, гучність звуку збільшується на один крок (1%). Якщо гучність дійде до максимальної (100%), частота звуку збільшиться на один крок (наприклад, на 100 герц), а користувачу буде виведено повідомлення, що він не почув попередню частоту. Якщо ж користувач в певний момент натисне кнопку “а”, скрипт збереже поточну частоту та гучність та повторить цикл для наступної частоти. Коли цикл дійде до максимальної частоти (20 кілогерц), він обробить отримані дані та збереже їх в файл, і користувач вже буде мати можливість подивитися на результати.

Метою цього дослідження є визначення рівня чутливості слуху користувачів, що може бути корисним для діагностики різних захворювань слуху, а також для оцінки впливу різних факторів, таких як шум, музика, навантаження, тощо, на якість сприйняття звуку. Дослідження проводиться у зручних для користувача умовах, без необхідності відвідувати лікарню або лабораторію. Дослідження не вимагає від користувача спеціальних навичок або знань, а лише здатності чути звук та натискати клавішу.

Для збільшення точності та надійності дослідження введено декілька алгоритмів, які адаптують параметри звуку до індивідуальних особливостей користувача. Алгоритми такі:

а. Якщо користувач почув звук після 10-го підвищення гучності, буде збільшено початкову гучність тестування, для уникнення довгих перевірок на гучності, яку користувач не чує. Це дозволить скоротити час тестування та зменшити нудоту користувача від постійного слухання тихого звуку.

б. Якщо користувач почує звук на мінімальній гучності, вона буде поступово зменшуватися, так, щоб користувач не чув на мінімальній гучності, але приблизно через 5–10 кроків підвищення гучності, він чув. Це дозволить визначити мінімальну гучність, при якій користувач чує звук, що є важливим показником якості слуху.

с. Якщо користувач не почує звук після 15 кроків підвищення гучності, швидкість наростання

гучності збільшується. Це допоможе прискорити процес тестування.

Результати дослідження представлені у вигляді таблиці та графіка, які показують залежність чутливості слуху від частоти звуку для кожного користувача. Таблиця містить такі дані: частота звуку, гучність звуку, яку почув користувач. Графік має дві осі: по осі X – частота звуку, по осі Y – гучність звуку. Графік демонструє, які частоти звуку були почуті користувачем при різних рівнях гучності.

Варіанти для подальшого вдосконалення скрипта та дослідження полягають у наступному:

Збільшити кількість користувачів, які беруть участь у дослідженні, для отримання більш репрезентативної вибірки.

Зменшити кроки зміни гучності та частоти звуку, для отримання більш точних даних про чутливість слуху.

Врахувати додаткові фактори, які можуть впливати на чутливість слуху, такі як вік, стать, професія, захворювання тощо.

Використовувати різні типи звуків, не лише синусоїдальні, але й інші, наприклад, білий шум, музика, мова тощо.

Вбудувати скрипт на веб-сторінку так, щоб будь-хто міг протестувати слух без встановлення додаткових засобів.

Показувати користувачу не тільки його дані, а й анонімізовані дані інших користувачів.

Дані користувачів можна розбити на групи, наприклад, за віком, щоб користувачі могли оцінити свій стан в порівнянні з іншими.

Додати дані, які спеціалісти вважають ідеальними, і крім їх відображення, якщо дані користувача значно відрізняються, пропонувати відвідати лікаря.

**Алгоритм роботи скрипта.** В даному розділі описано алгоритм роботи скрипта. Блок схему скрипта наведено на рисунку 1. Даний скрипт є основою для розробки програми для тестування аудітивного сприйняття і може доповнюватися, або модифікуватися для підвищення точності тестування або зручності користувача.

#### 1. Ініціалізація:

– Скрипт оголошує та ініціалізує всі необхідні змінні, такі як:

- Початкова частота та гучність звуку.
- Кроки зміни частоти та гучності.
- Максимальна частота та гучність.
- Час очікування відповіді користувача.

#### 2. Генерація звуку:

– Скрипт генерує звук з заданою частотою та гучністю.

– Цей процес може бути реалізований різними способами, наприклад, за допомогою генератора звукових сигналів або програмного забезпечення для обробки звуку.

#### 3. Очікування відповіді:

– Скрипт очікує протягом заданого часу (наприклад, 1 секунди), щоб користувач відреагував на звук.

#### 4. Аналіз відповіді:

– Якщо користувач протягом заданого часу натиснув клавішу «а», це означає, що він почув звук.

– Скрипт записує поточну частоту та гучність звуку.

– Скрипт, якщо це була максимальна частота переходить до кроку 8.

– Скрипт збільшує частоту звуку на один крок, а гучність виставляє на мінімум.

– Скрипт переходить до кроку 2.

– Якщо користувач протягом заданого часу не натиснув клавішу «а», це означає, що він не почув звук.

– Скрипт збільшує гучність звуку на один крок.

– Якщо гучність звуку досягла максимального значення, скрипт збільшує частоту звуку на один крок.

– Скрипт переходить до кроку 2.

#### 5. Адаптація параметрів:

– Скрипт може використовувати алгоритми для адаптації параметрів звуку до індивідуальних особливостей користувача та пришвидшення проходження тесту:

– Якщо користувач не почув звук після 10 кроків підвищення гучності, початкова гучність тестування буде збільшена.

– Якщо користувач почує звук на мінімальній гучності, вона буде поступово зменшуватися.

– Якщо користувач не почує звук після 15 кроків підвищення гучності, швидкість наростання гучності буде збільшена.

#### 6. Повторення циклу:

– Скрипт повторює цикли 2–5 для всіх частот звуку в заданому діапазоні.

#### 7. Збереження результатів:

– Після завершення тестування скрипт записує результати в файл.

– Результати можуть бути представлені у вигляді таблиці та графіка, які показують залежність чутливості слуху від частоти звуку.

#### 8. Відображення результатів:

– Скрипт може показувати користувачу його результати у вигляді таблиці та графіка та усереднені дані інших користувачів для порівняння.

– Скрипт може давати рекомендації користувачам, наприклад, рекомендувати відвідати лікаря, якщо його дані значно відрізняються від норми.

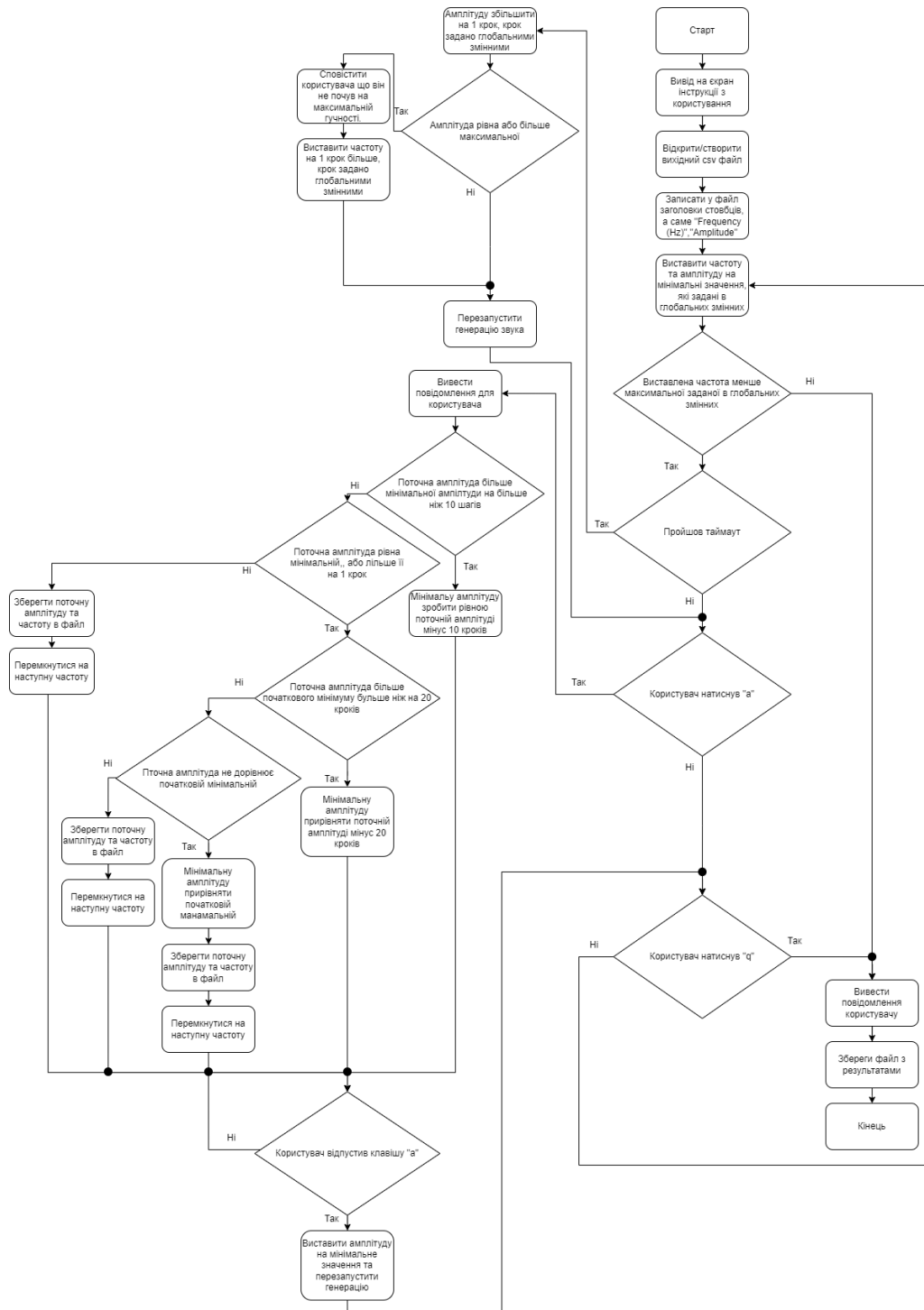


Рис. 1. Блок-схема скрипта

**Результати тесту скрипта.** На рисунку 2 представлені результати тестування слуху автора, де видно, що автор виявляє кращу чутливість до низькочастотних звуків, тоді як реакція на високочастотні звуки є меншою. Це може свідчити про індивідуальні особливості слухової сприйнятливості.

З метою підвищення точності тестування рекомендується зменшити крок частоти. Це призведе до

підвищення точності в діапазоні частот, на яких проводиться тест і відповідно, до зменшення можливих похибок. Рисунок 3 демонструє результати тестування зі зменшеним кроком частоти, але з одночасним збільшенням кроку гучності для оптимізації часу проведення тесту. Збільшення кроку гучності може бути корисним для ефективного використання часу, зменшуючи загальний час тривалості експерименту.

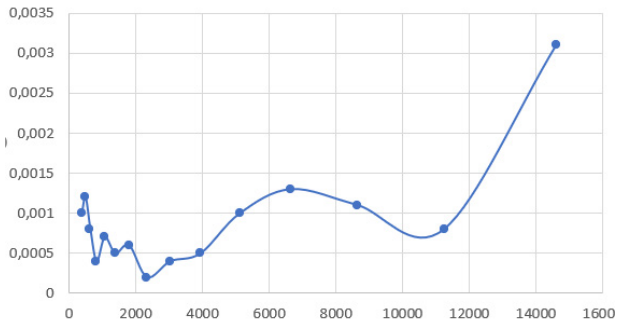


Рис. 2. Результат тестування слуху автора

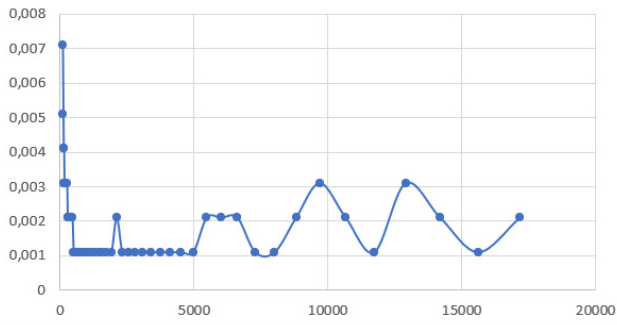


Рис. 3. Результат тестування слуху автора

На рисунку 4 відображено результат тестування зі зменшеними кроками як по частоті, так і по гучності. Це може призвести до отримання більш деталізованої інформації щодо чутливості слуху на різних рівнях.

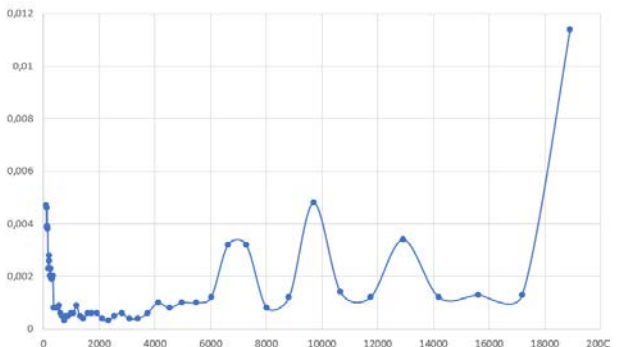


Рис. 4. Результат тестування слуху автора

Важливим аспектом є амплітудо-частотна характеристика навушників, в яких проводилось тестування, що може значно вплинути на результати. Однак це залишається неминучою проблемою, оскільки тестування проводиться в домашніх умовах, де доступ до спеціалізованого обладнання обмежений [4].

Додатково тестування пройшли ще декілька людей, на своїх комп'ютерах, без нагляду розробника, що дозволило провести тести максимально об'єктивно.

На рисунках 6–7 наведено результати тестів, де користувачі вірно налаштували свої прилади і результати можна вважати вірними.

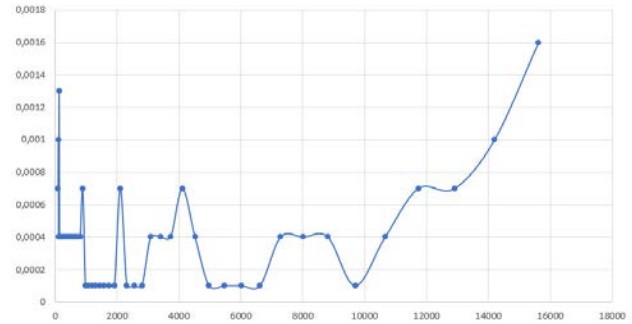


Рис. 5. Тест користувача 1

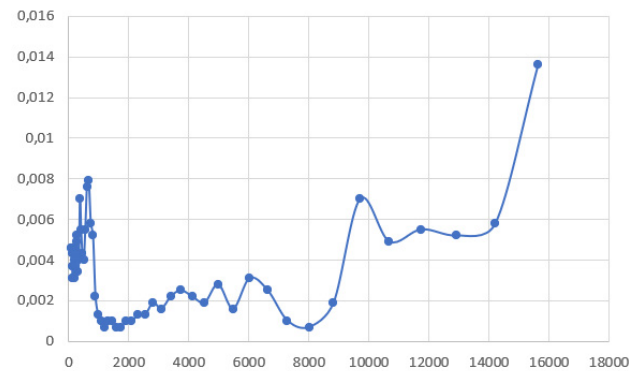


Рис. 6. Тест користувача 2

На рисунках 7–10 наведено результати, коли користувачі виставили на своїх пристроях занадто велику гучність, в наслідок чого вони чули будь яку частоту на мінімальній гучності, через що скрипт не мав змоги вірно оцінити їх аудитивне сприйняття.



Рис. 7. Тест користувача 3

Для уникнення таких помилок в майбутньому буде додано початкове налаштування гучності. Користувачу буде запропоновано виставити гучність пристрою так, що він ледве чув звук певної частоти, який генерується не на мінімальній

гучності. Наприклад на 30%. Такою дією буде виключено випадки коли користувачі випадково налаштовують свої пристрої на дуже велику гучність.

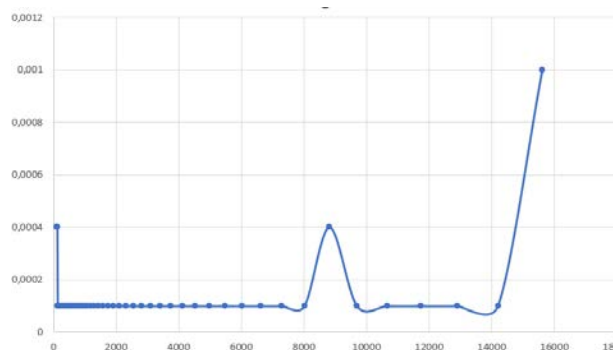


Рис. 8. Тест користувача 4

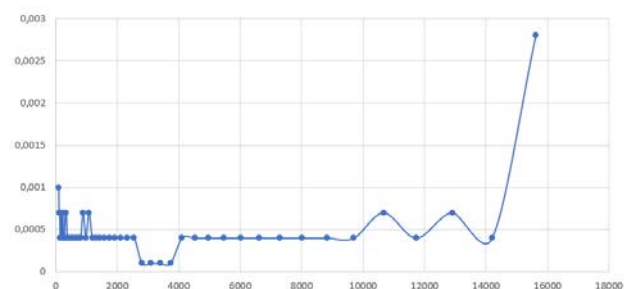


Рис. 9. Тест користувача 5

**Висновки.** У даній роботі була розроблена методика дослідження чутливості слуху, основана на використанні скрипта, що генерує звук різної частоти та гучності. Розроблений скрипт дозволяє ефективно визначити рівень чутливості слуху користувача, а також підтримує зручні умови для проведення тестування, не вимагаючи від користувача спеціальних навичок чи знань.

Метою нашого дослідження було визначення рівня чутливості слуху, яке може служити діагнос-

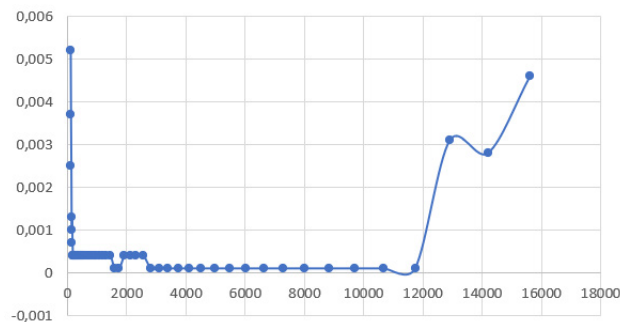


Рис. 10. Тест користувача 6

тичним показником різних захворювань слуху. Результати дослідження, представлені у вигляді таблиць та графіків, надають важливу інформацію щодо залежності чутливості слуху від частоти звуку для кожного учасника тестування.

Для поліпшення точності та надійності дослідження введено алгоритми, які адаптують параметри звуку до індивідуальних особливостей користувача. Ці алгоритми враховують реакцію користувача та оптимізують процес тестування.

У майбутньому можливі вдосконалення методики та скрипта, такі як збільшення кількості учасників дослідження, зменшення кроків зміни параметрів звуку, врахування додаткових факторів, і використання різних типів звуків. Також, інтеграція скрипта на веб-сторінку може значно розширити можливості та доступність тестування, дозволяючи будь-кому протестувати свій слух без встановлення додаткових засобів.

Загальні результати дослідження можуть бути корисні для розуміння впливу різних факторів на якість слуху та розвитку методик для діагностики захворювань слуху.

#### Список літератури:

1. Аудиометрія [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – 2021. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F>
2. Аудиометр [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – 2021. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80>
3. Вправи для розвитку фонематичного слуху [Електронний ресурс] / Інститут дитячого інтелекту. – 2019. – Режим доступу: <https://idi.in.ua/vpravi-dlya-rozvitku-fonematchnogo-sluxu/>
4. Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. Проблеми метрологічного забезпечення засобів реєстрації отоакустичної емісії (ОАЕ). Медична інформатика та інженерія. – Київ. – № 1. – 2008. – С. 61–65.

#### Zagreba A.Ya., Lebedev D.Yu. IMPLEMENTATION OF A SOFTWARE APPLICATION FOR ASSESSING AUDITORY PERCEPTION IN USERS

*This study focuses on the development of a software script for assessing auditory perception in users. In today's information society, where technologies are deeply integrated into all aspects of our lives, the ability to*

*interact with various audio content is of great importance. Research on users' auditory perception is a relevant task, as it can pave the way for further improvements in methods of enhancing auditory perception.*

*The evaluation of users' auditory perception requires highly accurate methods and effective tools. This study explores the development of a software script that systematically studies and analyzes the level of auditory perception under various conditions. The use of such a script can provide valuable data for understanding and improving the users' auditory experience.*

*To enhance the accuracy and reliability of the research, algorithms are introduced that adapt sound parameters to the individual characteristics of the user. These algorithms take into account the user's reactions and optimize the testing process.*

*The approach to creating the software script not only enables a detailed analysis of auditory perception but also opens the door to further research and development in the field of audio interfaces. This article presents the main principles of the script's functionality and discusses its potential applications and future research prospects.*

*The overall results of this study may contribute to understanding the impact of various factors on hearing quality and to the development of methods for diagnosing hearing disorders. Based on the research findings, an online service could be developed for self-assessment of hearing, enabling early detection of problems or tracking changes in the user's hearing condition.*

**Key words:** *auditory perception, technological tools, interface development, interaction with sound environments, interactive research, audio technology, audio perception.*