

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Фізичні методи діагностики і терапії в медицині

Мета роботи:

1. Навчитися пояснювати залежність фізіологічних характеристик відчуття звуку від фізичних характеристик звукової хвилі.
2. Побудувати криву порогу чутливості та аудіограму.

3.1 Короткі теоретичні відомості.

Аудіометрія — це поширений в медицині метод визначення пониження (втрати) слуху.

У діагностиці використовуються також інші звукові методи дослідження: аускультация (прослуховування звуків, що виникають усередині організму), фонокардіографія (запис звуків, що супроводжують роботу серця), перкусія (аналіз звуків, що виникають при постукуванні спеціальним молоточком тіла).

Розуміння суті вказаних методів, а також інших питань, пов'язаних з роботою звукоприймаючого і голосового апарату людини, потребують знань основних понять акустики.

Енергетичною характеристикою звукової хвилі є інтенсивність I . Інтенсивність (сила) звуку - середня за часом енергія, що переноситься звуковою хвилею через одиничний майданчик перпендикулярний до напрямку розповсюдження хвилі за одиницю часу; вимірюється у $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Для кількісної оцінки інтенсивності частіше використовується поняття "рівень інтенсивності L_I ", що дорівнює десятковому логарифму відношення визначеної інтенсивності до еталонної $\text{Вт}/\text{м}^2$:

$$L_I = \lg \frac{I}{I_0} (\text{Б}) \quad (3.14)$$

Значення I_0 приблизно відповідає середньому порогу чутливості для людей з нормальним слухом для чистого тону з частотою 1000 Гц. Існують ще два пороги: поріг дискомфорту — I_D і поріг болю — I_b . При частоті 1000 Гц $I_D = 10^{-2} \text{Вт/м}^2$, $I_b = 10 \text{ Вт/м}^2$.

За формулою (3.14) рівень інтенсивності (РІ) виражено в белах (Б). 1 Бел РІ відповідає збільшенню інтенсивності, у порівнянні з еталонним, у 10 разів. Звичайно РІ виражають у децибелах (дБ). $1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$ і тоді:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} (\text{дБ}) \quad (3.14a)$$

Співвідношення (3.14) і (3.14a) використовуються також для порівняння інтенсивності будь-яких двох звуків.

Важливою характеристикою звукової хвилі є звуковий тиск. Для плоскої хвилі інтенсивність пов'язана з ефективним значенням звукового тиску P співвідношенням:

$$I = \frac{P^2}{\rho c}, \quad (3.15)$$

де ρ — щільність тканини, c — швидкість звуку у даному середовищі.

Виразимо рівень інтенсивності (3.14a) через звуковий тиск, на який безпосередньо реагує вухо. Підставимо (3.15) в (3.14a), одержимо:

$$L_I = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \lg \frac{P}{P_0} (\text{дБ}), \quad (3.16)$$

де P — ефективне значення звукового тиску, що нас цікавить, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па (паскаль) — звуковий тиск на порозі чутливості для частоти тону з частотою 1000 Гц, що відповідає еталонній інтенсивності I_0 . Величину:

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} (B) , \quad (3.17)$$

називають рівнем звукового тиску.

Порівнюючи (3.16) і (3.14а) бачимо, що для одного і того ж звуку:

$$L_I (\text{дБ}) = L_p (\text{дБ}) \quad (3.18)$$

Нарешті, ще однією фізичною характеристикою звукової хвилі є її акустичний (гармонічний) спектр, що показує, які гармонійні тони містить даний звук.

Фізіологічними характеристиками відчуття звуку є висота тону, тембр і гучність. Висота тону залежить, головним чином, від частоти звуку. Тембр — якісна характеристика звуку, яка дозволяє на слух розрізняти звуки однакової частоти, що випускаються різними джерелами. Тембр визначається акустичним спектром звуку. Гучність — рівень слухового відчуття звуку над його порогом. Гучність залежить від інтенсивності і частоти звуку. З визначення гучності виходить, що існує мінімальна порогова інтенсивність звуку, при якій звук не викликає відчуття. Ця порогова інтенсивність різна для різних частот і виявляється найменшою для частот 2500—3000 Гц. Кількісна характеристика гучності заснована на законі

Вебера-Фехнера, згідно якого для даної частоти гучність (рівень гучності) звуку L_E з інтенсивністю I пропорційна логарифму I/I_n , тобто:

$$L_E = k \lg \frac{I}{I_n}, \quad (3.19)$$

де k — безрозмірний коефіцієнт, а I_n — відповідає порогу чутливості для даної частоти.

Введена характеристика гучності L_E є відносною, як і рівень інтенсивності або рівень звукового тиску. Тому L_E називають рівнем гучності.

Рівень інтенсивності (3.14), визначається за відношенням до постійної величини, що є однаковою для усіх частот. Рівень гучності звуку (3.6) визначається за відношенням до порогової інтенсивності, що є різною для різних частот.

Для частоти 1 кГц порогова інтенсивність $L_n = L_0$. Якщо у (3.19) $k = 1$, то вважають, що для цієї частоти чисельні значення рівня гучності та рівня інтенсивності даного звуку співпадають. Для визначення рівня гучності звуку іншої частоти, потрібно знайти рівногучний йому чистий тон з частотою 1кГц. Рівень інтенсивності (звукового тиску) знайденого звуку у дБ дає характеристику гучності звуку, що нас цікавить. Знайдений таким чином дБ гучності називають фоном.

Із сказаного виходить, що для частоти 1кГц рівень гучності у фонах співпадає з рівнем інтенсивності (звукового тиску) того ж звуку у децибелах, для інших частот цієї рівності немає.

При погіршенні слуху порогова інтенсивність, а отже і рівень порогової інтенсивності L_n для даної частоти, збільшується. Величина різниці між рівнем порогової інтенсивності у нормі L_H (для якої існує державний

стандарт) та рівнем порогової інтенсивності досліджуваного слуху, називається пониженням (втратою) слуху:

$$\Delta L = L_H - L_{II}$$

Графік залежності пониження слуху (ΔL) від частоти ν - називається аудіограмою.

Для отримання аудіограми застосовують спеціальні прилади - аудіометри. Для побудови аудіограми можна використовувати також генератори звукової частоти (ГЗ). Ці прилади дозволяють визначити рівні інтенсивності, а отже, і рівні звукового тиску на порозі чутливості (L_{II}) для різних частот та побудувати графік залежності цих рівнів від частоти - криву порогу чутливості. Зіставляючи знайдені пороги з відповідними величинами для нормального вуха (ДОСТ), знаходять втрату слуху на кожній частоті та будують аудіограму (див. малюнок).

Генератор звукової частоти виробляє синусоїдальну напругу, частоту якої можна змінювати від 0 до 20 кГц. Якщо підключити цю напругу до гучномовця або телефону, чути чисті тони відповідної частоти. У генераторі є атенюатор - пристрій, що дозволяє зменшувати потужність на виході генератора, а, отже зменшити інтенсивність звуку (звуковий тиск) на необхідне число децибел, у порівнянні з максимальним значенням, яке може дати генератор.

У генераторі ГЗ-18 є атенюатор зі ступінчастим регулюванням по 10 дБ і плавне регулювання інтенсивності про до 12 дБ за допомогою ручки регулювання виходу.

3.2. Порядок виконання роботи.

Устаткування: звуковий генератор (ГЗ-18), навушники.

Побудувати графік частотної залежності рівня звукового тиску (інтенсивності) на порозі чутності для одного вуха.

До виходу ГЗ підключити навушник. Встановити на генераторі частоту $\nu = 125$ Гц. Ручкою атенюатора встановити максимальне ослаблення (100 дБ), ручкою регулювання виходу за шкалою стрілочного приладу встановити 0 дБ. Одягнути навушник. Включити ГЗ в мережу. Знайти два положення ручки атенюатора зі ступінчастим регулюванням: звук не чутний, звук ледве чутний. У останньому положенні поволі обернути ручки регулятора виходу ГЗ до зникнення звуку. Так ми одержимо ослаблення, відповідне порогу чутності при даній частоті. Для перевірки правильності знайденого порогу чутності необхідно ручкою регулятора виходу ГЗ одержати звук малої гучності і знов довести його до зникнення.

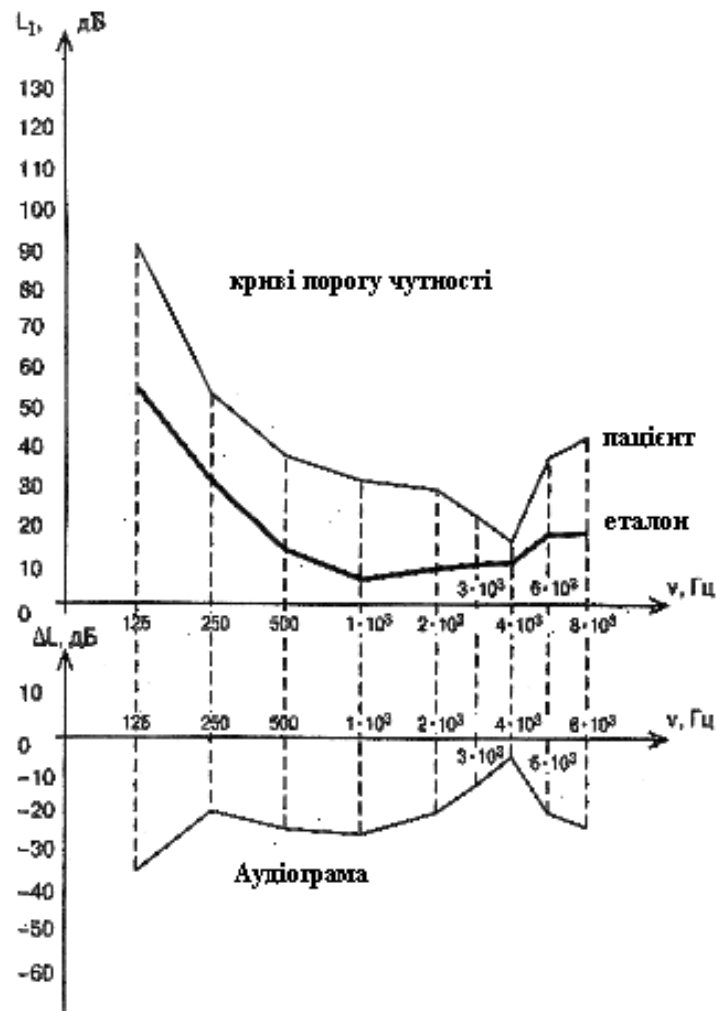


Рисунок 3.11- Побудова аудіограми

Запишіть знайдені значення дБ на атенюаторі і дБ на стрілочному приладі. Складаючи ці значення, одержимо ослаблення інтенсивності на порозі чутності. Аналогічно визначите ослаблення інтенсивності на частотах 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Гц. Після кожного досвіду не забувайте атенюатор встановити на 100 дБ, а стрілку приладу на 0 дБ.

Дані експерименту запишіть до таблиці 3.1:

Гц ν	Ослаблення інтенсивності			Пороговий рівень звукового тиску (за експериментом)	Пороговий рівень звукового тиску (по Досту), L_H (дБ)
	Атенюато р (через 10 дБ)	Стрілочн ий прилад, дБ	Сума, дБ		
125					55,0
250					33,0
500					14,5
1000					8,5
2000					9,0
3000					10,5
4000					11,5
6000					18,5
8000					19,5

Для визначення порогових рівнів інтенсивностей досліджуваного вуха необхідно від максимально можливого ослаблення (для ГЗ-18 воно дорівнює 112 дБ) відняти ослаблення, знайдене на кожній частоті.

Наприклад: $L_H = 112 - 82 = 30$ дБ, де 82 дБ — ослаблення на деякій частоті.

Одержані таким чином порогові рівні інтенсивності, згідно з співвідношенням (3.18), дають також порогові рівні звукового тиску.

Побудуйте криву порогу чутності, відкладаючи по осі абсцис значення частот в логарифмічному масштабі (малюнок), по осі ординат — рівень звукового тиску в звичайному масштабі. На цьому ж графіку побудуйте криву порогу чутності «еталон».

3.3. Зміст звіту.

1. Мета роботи.
2. Теоретичні відомості.
3. Графік 3.11.
4. Результати вимірювань (Таблиця 3.1)
5. Висновки

3.4. Контрольні питання.

1. Фізичні характеристики звукової хвилі (частота, акустичний спектр, інтенсивність, звуковий тиск). Одиниці вимірювання частоти, інтенсивності, звукового тиску .
2. Фізіологічні характеристики відчуття звуку (висота тону, тембр, гучність), їх залежність від фізичних характеристик звукової хвилі.
3. Логарифмічні шкали рівнів: інтенсивності, звукового тиску і гучності (бел, децибел, фон).
4. Закон Вебера-Фехнера. Пороги чутності, дискомфорту, болю.
5. Як залежить рівень гучності від частоти при постійній інтенсивності?
6. Пояснити фізичний сенс графіка кривих рівної гучності.
7. Що називається аудіограмою і як її побудувати за заданою кривою порогу чутливості?
8. Знайти пониження (втрату) слуху на аудіограмі при заданій частоті.