

## Лабораторная работа

### Регистрация кривой порога слышимости.

1. **Цель работы:** Построить кривую порога слышимости и аудиограмму.
2. **Приборы и принадлежности:** Аудиометр-АА-02

#### Теоретические сведения.

**Аудиометрия** — широко используемый в медицине метод определения понижения (потери) слуха.

В диагностике используются также другие звуковые методы исследования: аускультация (прослушивание звуков, возникающих внутри организма), фонокардиография (запись звуков, сопровождающих работу сердца), перкуссия (анализ звуков, возникающих при постукивании специальным молоточком тела).

Понимание сущности указанных методов, а также других вопросов, связанных с работой звуковоспринимающего и голосового аппарата человека, требует знания основных понятий акустики.

**Звук** — это механические колебания частиц в упругих средах, распространяющиеся в форме продольных волн, частота которых лежит в пределах, воспринимаемых человеческим ухом, в среднем от 16 до 20 000 Гц.

Звуки разделяются на тоны, шумы и звуковые удары.

**Тон** называется звук, который представляет регулярное колебание с постоянными или закономерно изменяющимися по времени амплитудой и частотой. В зависимости от формы колебаний частиц среды тоны разделяются на простые (гармонические) и сложные. Простой (или гармонический) тон может быть получен с помощью камертона или звукового генератора. К сложным тонам относятся, например, звуки музыкальных инструментов, гласные звуки речи человека и др.

**Шум** называют самые различные звуки, представляющие сочетание множества различных тонов, частота, форма, интенсивность и продолжительность которых беспорядочно меняются. Шум может быть кратковременным (стук, скрип, хлопок и т.п.) или длительным, как, например, шум при работе различных машин и механизмов. Шум встречается в природных условиях, сопровождая различные атмосферные явления (ветер, турбулентные потоки воды и т.д.).

**Звуковой удар** — это кратковременное звуковое воздействие: хлопок, взрыв и т.п.

В слуховом ощущении субъективно различаются высота, громкость и тембр звука (физиологические характеристики). Эти характеристики слухового ощущения связаны с объективными (физическими) характеристиками звуковой волны — частотой колебаний, интенсивностью волны и гармоническим спектром.

Громкость звука характеризует уровень слухового ощущения над его порогом. Громкость зависит от интенсивности и частоты звука. Из определения громкости следует, что существует минимальная пороговая

интенсивность звука, при которой звук не вызывает ощущения. Эта пороговая интенсивность различна для разных частот и оказывается наименьшей для частот 2500 – 3000 Гц.

Несмотря на субъективность, громкость может быть оценена количественно путем сравнения слухового ощущения от двух источников.

В основе создания шкалы уровней громкости лежит важный психофизический закон **Вебера-Фехнера**: если увеличить раздражение в геометрической прогрессии (т.е. в одинаковое число раз), то ощущение этого раздражения возрастает в арифметической прогрессии (т.е. на одинаковую величину). Применительно к звуку это означает, что если интенсивность звука принимает ряд последовательных значений, например  $a I_0, a^2 I_0, a^3 I_0$  ( $a$  – некоторый коэффициент,  $a > 1$ ) и т.д., то соответствующие им ощущения громкости звука  $L_0, 2L_0, 3L_0$  и т.д.

Математически это означает, что громкость звука пропорциональна логарифму интенсивности звука. Если действуют два звуковых раздражения с интенсивностями  $I$  и  $I_0$ , причем  $I_0$  – порог слышимости, то на основании закона Вебера-Фехнера громкость относительно него связана с интенсивностью следующим образом:

$$L = k \lg (I / I_0),$$

где  $k$  – некоторый коэффициент пропорциональности, зависящий от частоты и интенсивности.

Условно считают, что на частоте 1 кГц шкалы громкости и интенсивности звука полностью совпадают, т.е.  $k=1$  и  $L = \lg (I / I_0)$ .

Для отличия от шкалы интенсивности звука в шкале громкости децибелы называют **фонами**.

Громкость на других частотах можно измерить, сравнивая исследуемый звук со звуком частотой 1 кГц. Для этого с помощью звукового генератора создают звук частотой 1 кГц. Изменяют интенсивность звука до тех пор, пока не возникнет слуховое ощущение, аналогичное ощущению громкости исследуемого звука. Интенсивность звука частотой 1 кГц в децибелах, измеренная по прибору, равна громкости этого звука в фонах.

Для того чтобы найти соответствие между громкостью и интенсивностью звука на разных частотах, пользуются кривыми равной громкости.

По отдельной кривой равной громкости можно найти интенсивности, которые при определенных частотах вызывают ощущение этой громкости.

Шкала громкости в фонах с указанием соответствующей величины интенсивности звука для тона частотой 1 кГц приведена в таблице:

Примерный характер шума	Уровень громкости в фонах	Интенсивность звука, Вт/м <sup>2</sup>
Порог слышимости	0	10 <sup>-12</sup>
Сердечные тоны через стетоскоп	10	10 <sup>-11</sup>
Шепот	20	10 <sup>-10</sup>
Разговор:		
тихий	40	10 <sup>-8</sup>
нормальный	50	10 <sup>-7</sup>
громкий	60	10 <sup>-6</sup>
Шум на оживленной улице	70	10 <sup>-5</sup>
Крик	80	10 <sup>-4</sup>
Шум в поезде метро	90	10 <sup>-3</sup>
Автосирена	100	10 <sup>-2</sup>
Шум двигателя самолета	110	10 <sup>-1</sup>
То же, вблизи	120	10 <sup>0</sup>
Порог болевого ощущения	130	10

При аудиометрии на специальном приборе (аудиометре) определяют порог слухового ощущения на разных частотах. Полученная кривая называется аудиограммой. Сравнение аудиограммы больного человека с нормальной кривой порога слухового ощущения помогает диагностировать заболевание органов слуха (рис. 1).

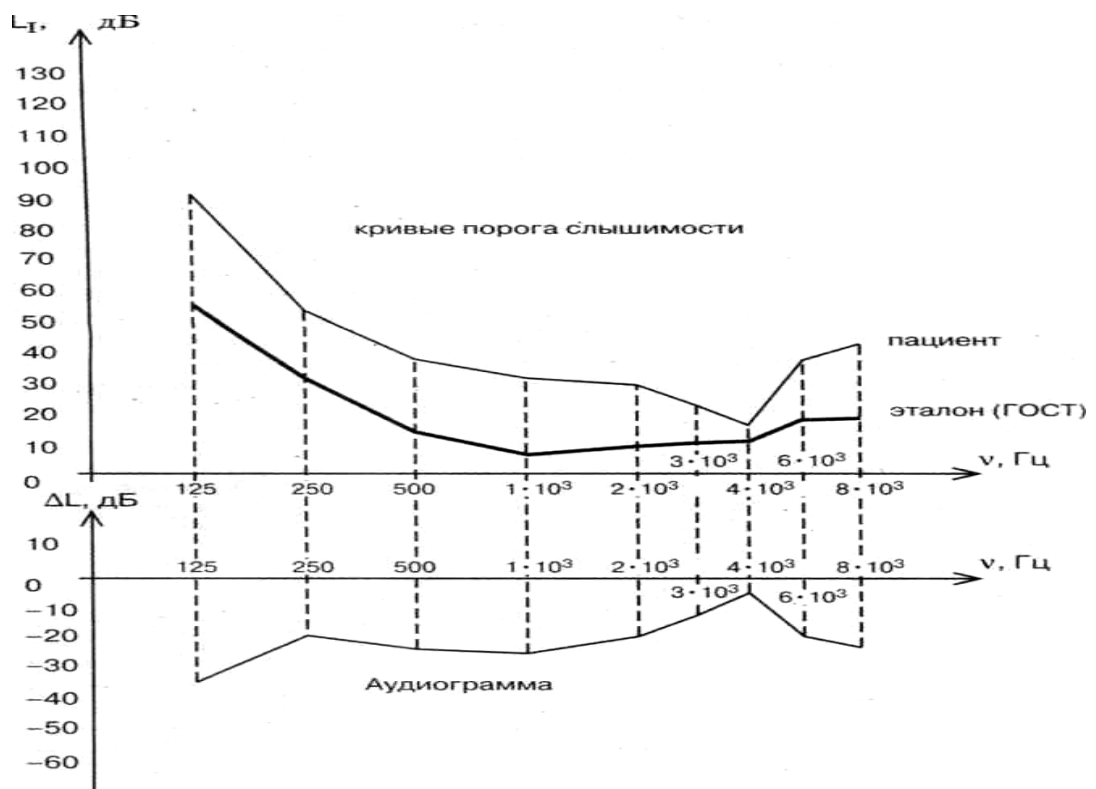


Рис.1

## Принцип работы аудиометра.

**Назначение.** Аудиометр предназначен для оценки функционального состояния слухового анализатора человека путем определения порогов слышимости по воздушному и костному звукопроведению методом сравнения слуха обследуемого с характеристиками, эквивалентными порогу слышимости отологически нормального человека, а также путём проведения надпороговых тестов.

**Функциональные возможности.** Определение порогов слышимости тональных сигналов по воздушному и костному звукопроведению.

- Два режима работы при определении порогов: автоматизированный и ручной.

### Подготовка к работе.

- Подключите телефон, кнопку пациента и сетевой шнур к соответствующим разъёмам на задней панели аудиометра.
- Подключите аудиометр к сети.
- Включите аудиометр (сетевой тумблер находится на задней панели). На индикаторе аудиометра появится следующее изображение:

ПОДАЧА	ТОН:	1000 Hz
ПРАВОЕ	ВОЗД.	АВТОМАТ

- Проинструктируйте обследуемого: «Слушайте и нажимайте кнопку **ОТВЕТ** при появлении звука в телефонах. Не забывайте отпускать кнопку после каждого нажатия».
- Обследуемый должен сесть около прибора, надеть и подогнать по размеру оголовье с телефонами (на правом ухе должен находиться «красный» телефон, на левом — «голубой»), отверстия амбушюров должны находиться напротив наружных слуховых проходов).

### Порядок работы.

Внимание! Перед началом обследования каждого пациента нажмите кнопку **СБРОС**, при этом результаты предыдущего обследования из памяти аудиометра будут удалены.

#### Автоматизированный режим.

##### Воздушное звукопроведение.

При обследовании по полному перечню частот тональные сигналы подаются в следующем порядке: 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 750, 500, 250, 125 (Гц).

- Обследуемый должен нажать и отпустить кнопку **ОТВЕТ** Аудиометр автоматически переходит в режим тренировки.

**Тренировка** проводится с целью научить обследуемого правильно нажимать кнопку **ОТВЕТ** (правильным считается нажатие во время звучания тона в телефоне). Обследуемому подаются заведомо слышимые звуки — тон первой записанной частоты интенсивностью 50 дБ или 70 дБ. Подача звука отображается на индикаторе «звездочками»:

- Обследуемый должен слушать звуки и нажимать кнопку **ОТВЕТ**. При каждом правильном нажатии на аудиометре включается индикатор **ОТВЕТ**.
- Если обследуемый отвечает и даёт три правильных ответа подряд, аудиометр автоматически перейдёт к определению порогов.

Обследуемому подаются тоны различной частоты и интенсивности по методике, приближенной к классической аудиометрии. Следует иметь в виду, что в автоматизированном режиме максимальный уровень прослушивания сигнала 95 дБ. Значения частоты (Гц) и уровня прослушивания (дБ) высвечиваются на индикаторе. Полученные в ходе обследования значения порогов автоматически фиксируются в памяти аудиометра.

После определения порогов правого уха процесс обследования автоматически повторяется на левом ухе с тем же порядком предъявления частот.

При необходимости можно прервать проведение обследования нажатием кнопки **СБРОС**. При этом **все** результаты будут удалены из памяти аудиометра, и прибор вернется в исходное состояние.

- При завершении программы определения порогов по воздушной проводимости в аудиометре раздается звуковой сигнал, и аудиометр автоматически переходит в режим воспроизведения. На индикаторе появляются результаты обследования, например:

ЛЕВ. ВОЗД.	Hz	125	250	500	750	1000	1500
ВОСПР.	дВ	45	35	30	--	10	15

- При обследовании по сокращенной программе на месте результатов для частот, не внесенных в перечень, выводится прочерк (---).
- Нажимая кнопки **ЧАСТОТА**  $\Delta \nabla$ , **ЛЕВ** и **ПРАВ**, просмотрите значения порогов слышимости.

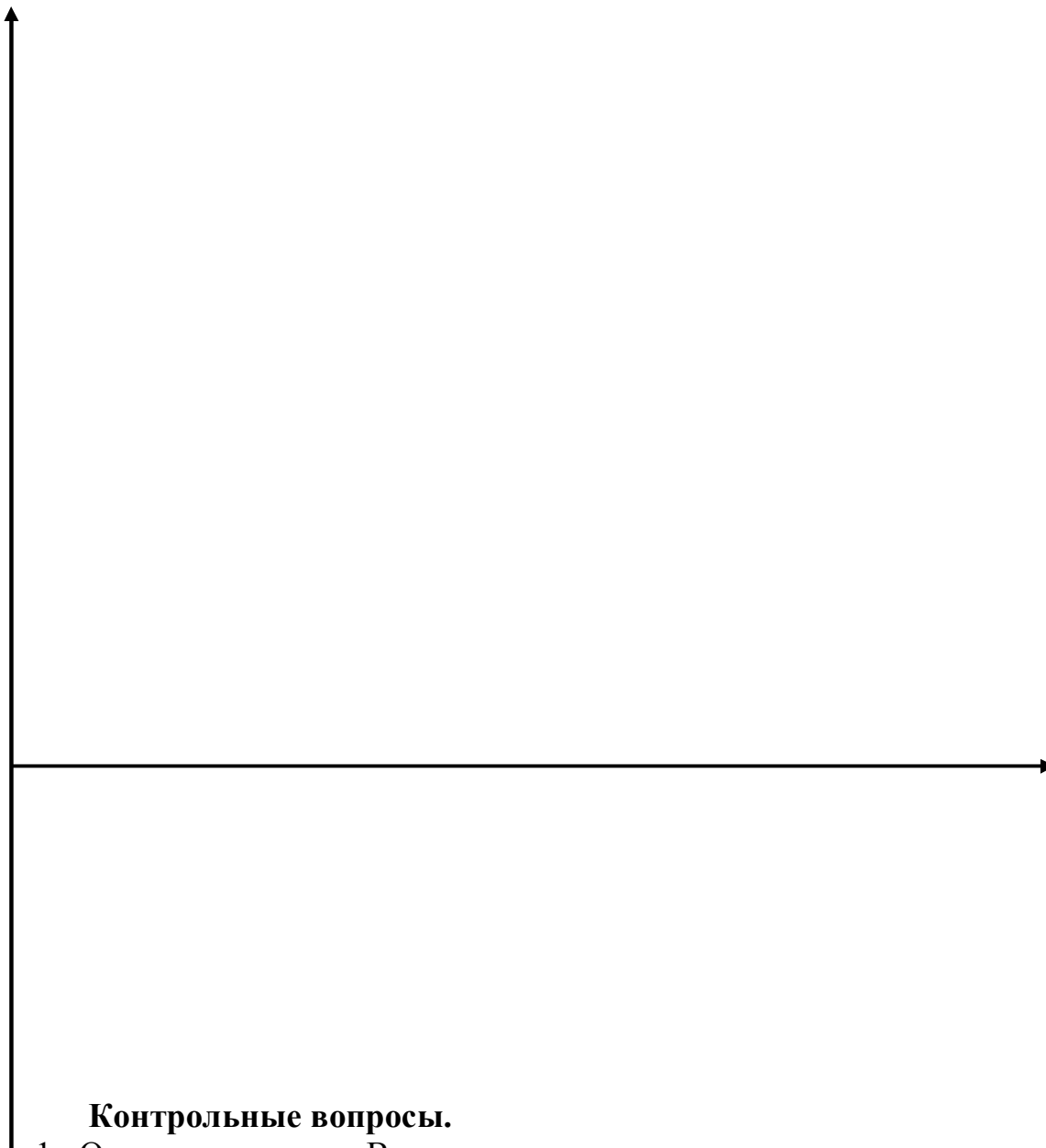
### Практическая часть работы.

#### Задание 1. Построить кривую порога слышимости.

По полученным результатам исследования построить кривую порога слышимости, откладывая по оси абсцисс значения частот в логарифмическом масштабе, по оси ординат – уровень звукового давления (интенсивности) в обычном масштабе.

## **Задание 2. Построить аудиограмму.**

Для построения аудиограммы необходимо найти потерю слуха на выбранных частотах и отложить полученные значения в системе координат, расположенной, как указано на рисунке. Соединив соседние точки отрезками прямых, получим аудиограмму.



### **Контрольные вопросы.**

1. Определение звука. Виды звука.
2. Физические и физиологические характеристики слухового ощущения.
3. Закон Вебера-Фехнера. Пороги слышимости, дискомфорта, боли.
4. Звуковые измерения. Единицы измерения уровней громкости: бел, децибел, фон.
5. Определение аудиометрии.
6. Назначение аудиометра.
7. Что называется аудиограммой и как ее построить по заданной кривой порога слышимости?

**Литература:**

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. — М.: Высшая школа, 1996.
2. Ливенцев Н.М. Курс физики, т. 1, 1978, гл.5.
3. Конспект лекций.