

Лабораторная работа №

Определение скорости звука методом резонанса.

Цель работы: определение скорости звука.

Приборы и принадлежности: металлическая трубка с подвижным поршнем, звуковой генератор, микрофон, линейка.

Теория и описание установки.

Звуковые волны в воздухе представляют собой последовательные сгущения и разрежения частиц воздуха, т.е. они являются продольными волнами. Частоты их лежат в пределах восприятия человеческого уха. Звуковая волна как и любая волна, распространяющаяся в какой-либо среде, дойдя до границы раздела с другой средой, частично проходит в вторую среду.

Если вторая Среда акустически более плотная, чем первая, то при отражении фаза волны смещения частиц изменяется на обратную, если же вторая Среда акустически менее плотная, то волна смещения частиц фазы не меняет.

Длина волны - это расстояние между двумя ближайшими точками, колеблющимися в одной фазе, при отражении не изменяющееся.

Амплитуда колебаний - наибольшее смещение частиц от положения равновесия, амплитуда колебаний в отраженной волне уменьшается. При интерференции (сложении) прямой и отраженной волн возникают участки, где колебательное движение отсутствует (узлы) и колебания могут происходить с большей амплитудой (пучности), т.е. образуются стоячие волны. Для того, чтобы амплитуда колебания частиц в пучностях была максимальной, необходимо волнам, образующим стоячую волну, приходить в пучность в одинаковой фазе, если в образовании стоячей волны участвуют несколько волн, то наибольшие колебания в пучностях будут тогда, когда все эти волны приходят в пучность в одинаковой фазе. В этом случае наблюдается резкое усиление звуковой волны, так как резко увеличивается амплитуда колебаний. Это явление называется акустическим резонансом.

В экспериментальной установке (рис.1), состоящей из звукового генератора ЗГ с телефоном Т, трубки О, в которой образуются стоячие волны и подвижного поршня П, звуковые волны распространяются только вдоль трубки.

Стоячие волны образуются:

1. Из прямой волны, идущей от телефона к поршню.

2. Из отраженной от поршня волны, фаза которой изменилась на обратную, так как отражение происходит от среды акустически более плотной, причем амплитуда ее меньше амплитуды прямой волны, а длина волны не изменилась.

3. Из этой же отраженной волны, но уже отраженной от открытого конца трубки.

рис.1.

Фаза последней волны не изменяется, так как воздух вне трубки акустически менее плотен, чем внутри трубки (частицы воздуха внутри трубки могут смещаться только вдоль оси трубки, а частицы в открытом пространстве могут смещаться во все стороны). Амплитуда всей этой волны не уменьшилась по сравнению с прямой волной, а длина опять не изменилась. Повторным отражением волны от поршня можно пренебречь, так как амплитуда ее ничтожно мала.

Для наблюдения акустического резонанса надо, как сказано чтобы все эти волны находились в одинаковой фазе. Возможно это только тогда, когда расстояние от начала трубки до поршня равно нечетному числу $(2n+1)$ четвертей длин звуковой волны $\lambda/4$, т.е.

$$l=(2n+1) \cdot \lambda/4$$

где n -любое целое число.

При этом у открытого конца трубки будет пучность волны смещения и наблюдается резкое усиление звука. Если же указанное отношение не выполняется, амплитуда колебаний в пучностях наибольшая, хотя звук и слышен, но не очень громкий.

Если постепенно отодвигать поршень телефона, то будет последовательно слышно усиление и ослабление звука, т.е. будут образовываться стоячие волны, причем у поршня всегда будет узел, а у открытого конца-пучность.

На рис. 2 показано образование стоячей волны. Условное обозначение: Т-открытый конец трубки, П-поршень, А-амплитуда стоячей волны. Направление прямой волны показано сплошной линией, отраженной от поршня волны штрих-пунктирной линией,

отраженной от открытого конца трубки-пунктирной линией и результирующей стоячей волны сплошной линией с крестиками. Исходя из опыта, расстояние между двумя пучностями стоячей волны зная, можно найти длину волны λ , т.к. расстояние между двумя ближайшими пучностями $l = \lambda/2$

$$\lambda = 2l \quad (1)$$

Зная длину волны λ и частоту ν , которая указана на звуковом генераторе, можно определить скорость распространения звуковой волны в воздухе по формуле

$$U = 2l\nu = \lambda\nu \quad (2)$$

Измерения и обработка результатов измерений.

Излучателем звуковых волн в данной работе служит телефон, подключенный к звуковому генератору ЗГ. Для получения звукового сигнала надо (только с разрешения преподавателя или лаборанта) включить генератор в сеть, затем поставить тумблер “сеть” на генераторе в положение “вкл.” (при этом загорится сигнальная лампочка) и спустя 2-3 мин. вращением ручки настройки прибора установить указатель частот ГЦ на цифру, указанную преподавателем. Ставят поршень к отводной трубке и, вращая трубку генератора (регулятора выходного напряжения), устанавливают силу звука такой, чтобы сигнал был едва слышен. Остальные ручки управления генератора трогать запрещается. Установив сигнал, приступают к измерениям:

1. Медленно и равномерно отодвигая поршень от телефона отмечают мелом на поршне точки резкого усиления звука (пучности) по длине трубки.
2. Измеряют линейкой расстояния между этими пучностями звуковой волны и записывают в таблицу.
3. По формуле (1) вычисляют длину звуковой волны каждого из опытов.
4. Находят среднюю скорость звука и относительную ошибку измерения. Результаты заносят в таблицу измерений.

Таблица.

| n/n | $\nu, \text{Гц}$ | l, м | $\lambda, \text{ м}$ | $v_{\text{м/с}}$ | $v_{\text{ср}}$ | Δv | $\Delta v_{\text{ср}}$ | E % |
|-----|------------------|------|----------------------|------------------|-----------------|------------|------------------------|-----|
| 1 | 800 | | | | | | | |
| 2 | 900 | | | | | | | |
| 3 | 1000 | | | | | | | |

Контрольные вопросы.

1. Уравнение волны. Виды волн.
2. Стоячие волны. Уравнение стоячей волны.
3. Что такое звук ?
4. Что такое длина волны, амплитуда колебаний ?