

Лабораторная работа 2.1.3

"Определение $\frac{C_p}{C_v}$ по скорости звука в газе"

Белов Михаил Б01-302

14 марта 2024 г.

Аннотация:

Цель лабораторной работы:

Измерение частоты колебаний и длины волны при резонансе звуковых колебаний в газе, заполняющем трубу. Определение показателя адиабаты с помощью уравнения состояния идеального газа.

В работе используются:

звуковой генератор, электронный осциллограф, микрофон, телефон, раздвижная труба, баллон со сжатым углекислым газом.

Теоретические сведения:

Скорость распространения звуковой волны в газах зависит от показателя адиабаты γ :

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}},$$

где R – газовая постоянная, T – температура газа, μ – его молярная масса. преобразуя формулу получим:

$$\gamma = \frac{\mu}{RT} c^2 \quad (1)$$

Звуковая волна, распространяющаяся вдоль трубы, испытывает многократное отражение от торцов. Звуковые колебания в трубе являются наложением всех отражённых волн и, вообще говоря, очень сложны. Картина упрощается, если длина трубы L равна целому числу полуволен, то есть тогда:

$$L = n \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

где λ – длина волны звука в трубе, а n – любое целое число. Если условие (2) выполнено, то волна, отражённая от торца трубы, вернувшись к её началу и вновь отражённая, совпадает по фазе с падающей. совпадающие по фазе волны усиливают друг друга. Амплитуда звуковых колебаний при этом резко возрастает – наступает резонанс.

Скорость звука связана с его частотой f и его длиной волны λ соотношением:

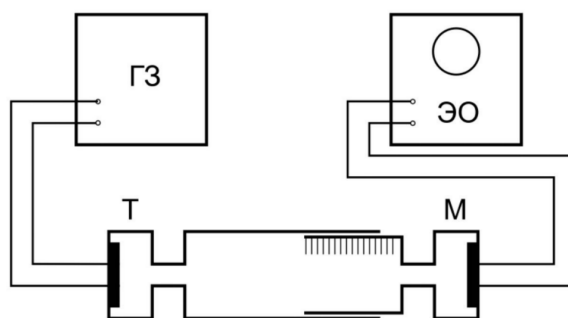
$$c = \lambda f \quad (3)$$

При неизменной частоте f звукого генератора можно изменять длины трубы L , а значит меняют число пучностей. Для этого применяется раздвижная труба. Для последовательных резонансов имеем:

$$L_n = n \frac{\lambda}{2}, \quad L_{n+1} = (n+1) \frac{\lambda}{2}, \quad L_{n+k} = (n+k) \frac{\lambda}{2},$$

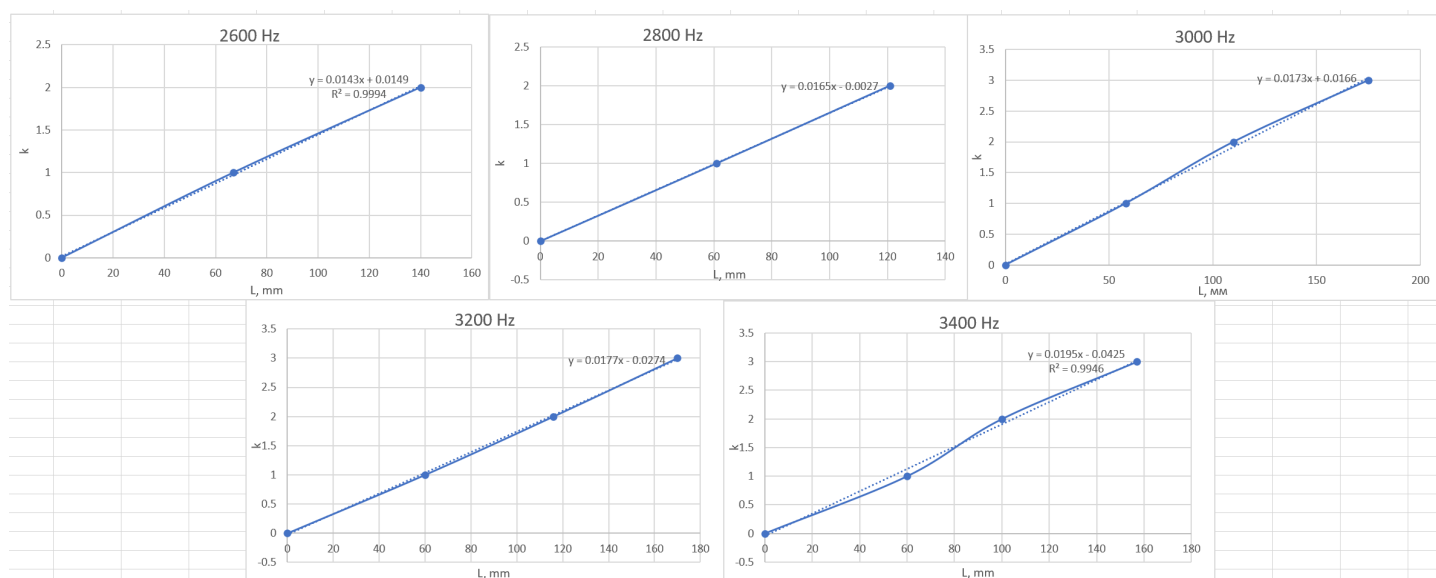
т.е. $\frac{\lambda}{2}$ равно угловому коэффициенту графика, изображающего зависимость длины трубы L от номера резонанса k . скорость звука определится по формуле (3).

Схема установки



Результаты измерений:

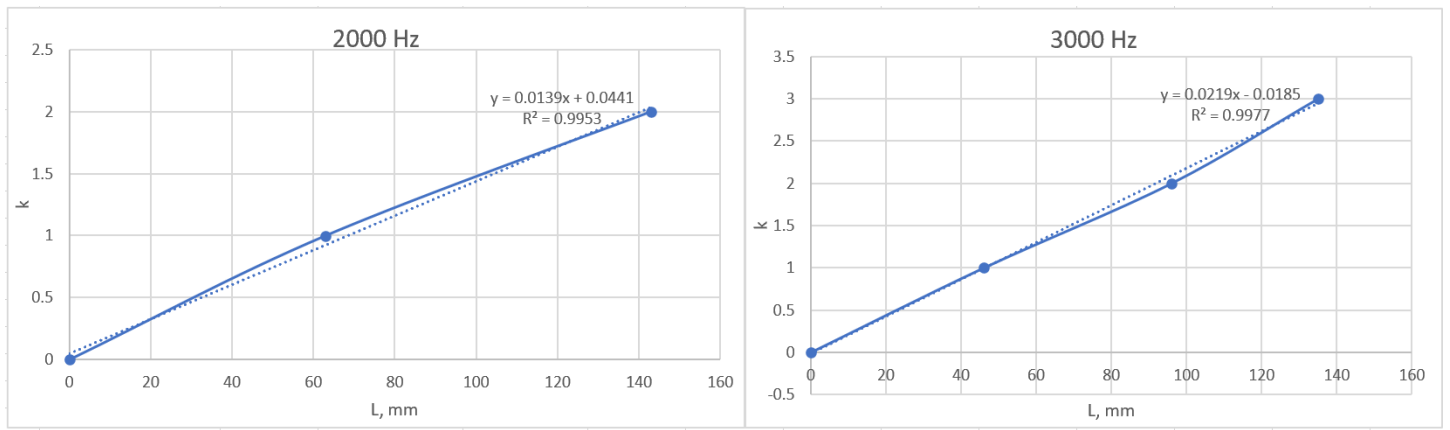
Для различных частот построим график зависимости резонансов от расстояний между ними:



По углу наклона графиков определим величину $\frac{\lambda}{2}$ и оценим её погрешность по МНК, из формул (3) и (1) найдём значения скорости звука в газе и коэффициента аддиабаты:

частота, Hz	2600	2800	3000	3200	3400
k	0.0143	0.0165	0.0173	0.0177	0.0195
$\lambda/2, \text{mm}$	69.9	60.6	57.8	56.5	51.3
$\delta\lambda$	1.7	0.3	1.7	1.9	2.7
c, m/c	364.0	339.4	346.8	362.0	349.07
δc	9.0	1.6	10.2	16.0	18.0
C_p/C_v	1.56	1.36	1.42	1.54	1.43
$\delta\gamma$	0.08	0.02	0.08	0.05	0.15

Повторим то же самое, заполнив трубу не воздухом, а углекислым газом:



частота, Hz	2000	3000
k	0.0159	0.0219
$\lambda / 2$, mm	62.9	45.7
$\delta\lambda$	1.5	2.9
c, m/c	252.0	274.0
δc	6.0	17.4
C_p/C_v	1.13	1.34
$\delta\gamma$	0.05	0.17

Обсуждение результатов и вывод:

Таким образом мы нашли скорость звука и показателя адиабаты в воздухе и углекислом газе.

Для воздуха мы получили значения $c = (352.0 \pm 9.0) \frac{m}{c}$ и $\gamma = (1.46 \pm 0.08)$.

Для углекислого газа $c = (262.8 \pm 11.7) \frac{m}{c}$ и $\gamma = (1.23 \pm 0.12)$.

Таким образом погрешность составила от 2 до 10 %, что можно считать хорошей точностью.