

Отчет о выполнении лабораторной работы 2.1.3

Определение C_p/C_v по скорости звука в газе

Фокин Алексей, 922 группа

13 мая 2020 г.

Цель работы: 1) измерение частоты колебаний и длины волны при резонансе звуковых колебаний в газе, заполняющем трубу; 2) определение показателя адиабаты с помощью уравнения состояния идеального газа.

В работе используются: звуковой генератор ГЗ; электронный осциллограф ЭО; микрофон; телефон; раздвижная труба; теплоизолированная труба, обогреваемая водой из термостата; баллон со сжатым углекислым газом; газгольдер.

1 Теоретическая справка

Один из наиболее точных методов измерения показателя адиабаты γ основан на зависимости от него скорости распространения звуковой волны в газе. Последняя в газах определяется формулой $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$, из которой можно выразить показатель адиабаты:

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

где T — температура газа, μ — его молярная масса, а R — газовая постоянная. Скорость c звука связана с его частотой f и длиной волны λ соотношением

$$c = \lambda f. \quad (2)$$

С волнами в трубке удобнее всего работать при резонансе. Условие резонанса выглядит как

$$L = n \frac{\lambda}{2}, \quad (3)$$

где L — длина трубки, λ — длина волны, n — целое число.

В данной работе при постоянной длине трубки изменяется частота звуковых колебаний f , а с ней и длина звуковой волны λ . Для последовательных резонансов можно записать:

$$L = n \frac{\lambda_1}{2} = (n+1) \frac{\lambda_2}{2} = \dots = (n+k) \frac{\lambda_{k+1}}{2} \quad (4)$$

С учётом (2) имеем

$$f_{t+1} = \frac{c}{\lambda_{t+1}} = f_1 + \frac{c}{2L} t \quad (t = 0, 1, \dots, k) \quad (5)$$

Таким образом, $c/2L$ можно найти как угловой коэффициент графика зависимости частоты от номера резонанса.

Экспериментальная установка

Схема установки, используемой в работе приведена на рис. 1.
Звуковые колебания в трубе возбуждаются телефоном Т и улавливаются микрофоном

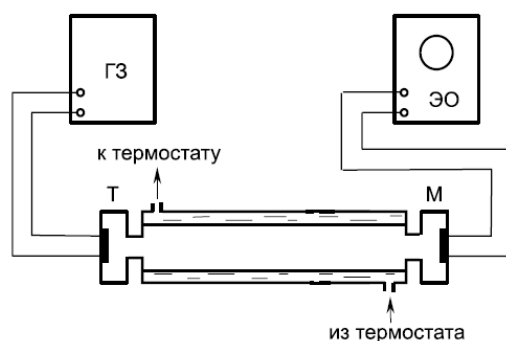


Рис. 1: Схема установки

М. Мембрана телефона приводится в движение переменным током звуковой частоты. В качестве источника переменной ЭДС используется звуковой генератор ГЗ. Возникающий в микрофоне сигнал возникает на экране осциллографа ЭО.

Микрофон и телефон присоединены к установке через тонкие резиновые трубки. Такая связь достаточна для возбуждения и обнаружения звуковых колебаний в трубе и в то же время мало возмущает эти колебания: при расчетах оба конца трубы можно считать неподвижными, а влиянием соединительных отверстий пренебречь.

Установка содержит теплоизолированную трубу постоянной длины. Воздух в трубке нагревается водой из термостата. Температура газа принимается равной температуре омывающей трубу воды.

2 Ход работы

1. Снимаем комнатную температуру и длину используемой трубы:

$$T_k = 24,5^\circ C, L = 700 \text{ мм}$$

2. Включаем в сеть ЭО и ГЗ, даём им прогреться 5 минут. Включаем на осциллографе тумблер «луч» и ручками управления добиваемся прямой линии на экране. Устанавливаем нуль на звуковом генераторе.
3. Подбираем напряжение на выходе генератора так, чтобы амплитуда колебаний при резонансе была достаточно велика.
4. Снимаем частоты резонансов (отмечая резонансы по резкому возрастанию амплитуды колебаний на ЭО) при разных температурах. Данные приводим в таблицах 1 и 2.
5. Изобразим полученные результаты на графике. По оси абсцисс откладываем номер k , а по оси ординат — разность между частотой $k+1$ -го резонанса и частотой первого резонанса $f_{k+1} - f_1$. (см. рис. 2)
6. Получаем коэффициенты наклона, равные $c/2L$ (табл. 3)
7. Для каждого значения температуры вычисляем γ по формуле (1). Погрешность также оцениваем из ф-лы (1), она получается равной $\varepsilon = 10^{-4}$.

	Температура, °C						
№ резонанса	24,5	30	30 (обратно)	35,4	35,4 (обратно)	40	40 (обратно)
1	256	254	256	258	256	260	265
2	498,7	500	503	506	506	511	508
3	741,4	750	750	754	755	760	765
4	992	1000	1008	1011	1010	1016	1015
5	1240	1249	1251	1257	1263	1265	1265
6	1481	1492	1504	1520			
7	1742						

Таблица 1: Резонансные частоты, Гц (в зависимости от температуры газа)

	Температура, °C					
№ резонанса	45,1	45,1 (обратно)	50	50 (обратно)	55	55 (обратно)
1	262	261	263	265	269	267
2	514	515	517	520	523	523
3	764	765	771	770	780	777
4	1024	1028	1034	1031	1041	1040
5	1281	1281	1290	1290	1297	1300
6	1531		1540		1555	

Таблица 2: Резонансные частоты, Гц (в зависимости от температуры газа)

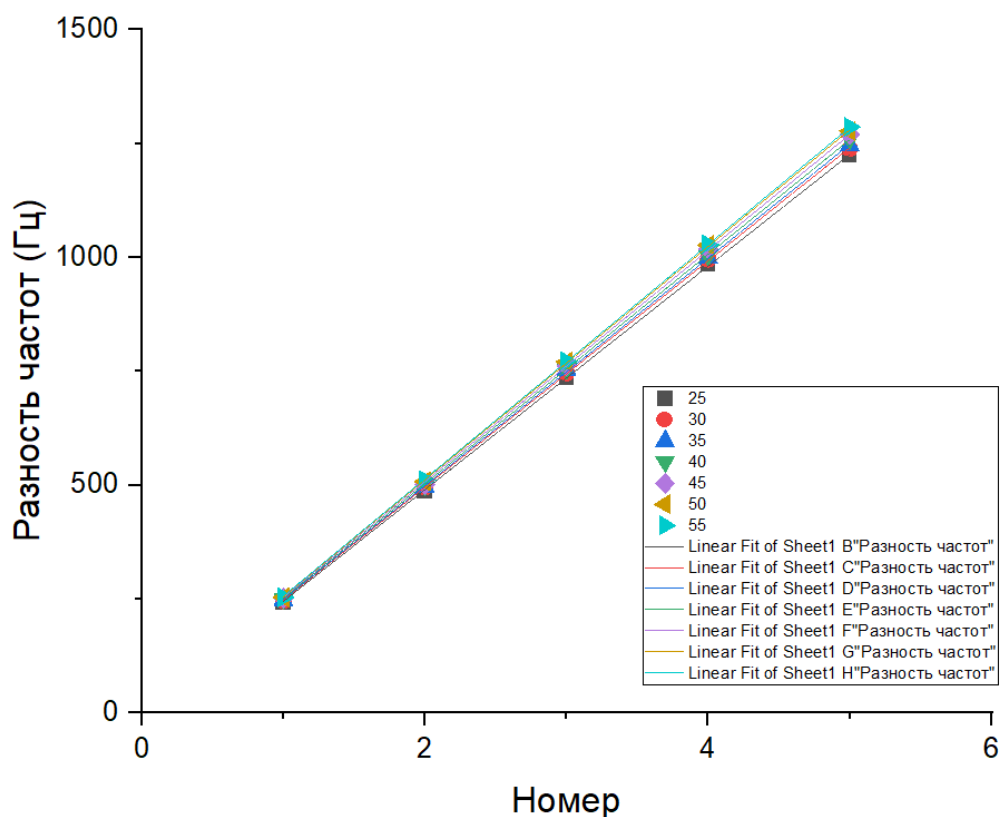


Рис. 2: Зависимость разности $k+1$ -й и первой частот от номера резонанса k

Температура, °C	25	30	35	40	45	50	55
c/2L	245,1±0,4	248,1±0,3	249,5±0,4	251,6±0,3	253,9±0,5	256,0±0,5	257,0±0,5

Таблица 3: Коэффициенты наклона графиков, с⁻¹ (в зависимости от температуры газа)

Температура, °C	25	30	35	40	45	50	55
γ	1,38118	1,38951	1,38063	1,38334	1,3866	1,3878	1,37735

8. Таким образом, среднее значение показателя адиабаты получаем равным

$$\gamma = 1,3837 \pm 0,0001$$

3 Выводы

1. В ходе данной работы была проверена предложенная экспериментальная методика.
2. С высокой точностью был измерен показатель адиабаты воздуха.
3. Была проверена зависимость скорости звука в газе от температуры.