

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ФИЗТЕХ-ШКОЛА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Отчет о выполнении лабораторной работы 2.1.3

**Определение  $C_p/C_v$  по скорости звука в газе**

Губарев Никита, Б03-502

# Содержание

<b>1</b>	<b>Аннотация</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Описание работы</b>	<b>1</b>
2.1	Теоретические сведения . . . . .	1
2.2	Экспериментальная установка . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Методика измерений</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Результаты измерений и обработка данных</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>Вывод</b>	<b>2</b>
<b>6</b>	<b>Приложения</b>	<b>3</b>

## 1 Аннотация

Цель работы: измерение частоты колебаний и длины волны при резонансе звуковых колебаний в газе, определение показателя адиабаты в приближении идеального газа.

## 2 Описание работы

### 2.1 Теоретические сведения

Скорость распространения звуковой волны в газах зависит от показателя адиабаты  $\gamma = C_p/C_v$ :

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

где  $R$  - газовая постоянная,  $T$  - температура газа,  $\mu$  - молярная масса. Преобразуя формулу:

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

Полагая молярную массу известной, для определения показателя адиабаты достаточно измерить температуру газа и скорость распространения звука.

Звуковая волна, распространяющаяся вдоль трубы с газом испытывает многократные отражения от торцов. Если длина трубы равна целому числу полуволн, то анализ выходного сигнала заметно упрощается:

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

где  $L$  - длина трубы,  $\lambda$  - длина волны звука,  $n$  - любое целое число полуволн. Если это соотношение выполняется, то наступает резонанс.

Скорость звука  $c$  связана с его частотой  $f$  и длиной волны  $\lambda$  соотношением:

$$c = \lambda f \quad (4)$$

При постоянной длине трубы можно изменять частоту звуковых колебаний. В этом случае следует плавно изменять частоту звукового сигнала, а следовательно и длину волны. Для последовательных резонансов получим:

$$L = \frac{\lambda_1}{2} n = \frac{\lambda_2}{2} (n + 1) = \dots = \frac{\lambda_{k+1}}{2} (n + k) \quad (5)$$

Из 4 и 5 получим:

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{2L} n, \quad f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{c}{2L} (n + 1) = f_1 + \frac{c}{2L} \\ f_{k+1} &= \frac{c}{\lambda_{k+1}} = \frac{c}{2L} (n + k) = f_1 + \frac{c}{2L} k \end{aligned} \quad (6)$$

Найдя коэффициент наклона графика зависимости частоты от номера резонанса, можно найти скорость звука для данных условий умножив полученный результат на удвоенную длину трубы.

## 2.2 Экспериментальная установка

Установка состоит из теплоизолированной трубы постоянной длины. Воздух внутри нагревается водой из термостата. Температура газа принимается равной температуре воды омывающей трубу. Звуковые колебания возбуждаются телефоном и улавливаются микрофоном, находящимися на разных торцах трубы. Сигнал на телефон подается с звукового генератора, микрофон передает сигнал на осциллограф (Приложение 1).

## 3 Методика измерений

1. Включить генератор сигнала, осциллограф, термостат. Установить температуру  $25^{\circ}\text{C}$
2. Измерить скорость звука в трубе. Увеличивая частоту генератора, получить ряд последовательных резонансных значений частоты.
3. Полученные значения изобразить на графике частоты от номера резонанса. Провести прямую через полученные точки. Рассчитать скорость звука при данной температуре.
4. Повторить измерения при различных температурах газа.
5. Вычислить значение  $\gamma = C_p/C_v$ .

## 4 Результаты измерений и обработка данных

Длина трубы  $L = 700 \pm 1\text{мм}$

Значения резонансных частот при различных температурах

$T \pm 0,1^{\circ}\text{C}$	$f_1 \pm 1, \text{Гц}$	$f_2 \pm 1, \text{Гц}$	$f_3 \pm 1, \text{Гц}$	$f_4 \pm 1, \text{Гц}$	$f_5 \pm 1, \text{Гц}$
25,4	244	494	744	992	1238
35,0	248	503	756	1007	1257
45,0	251	512	768	1023	1277
55,0	265	519	780	1038	1297

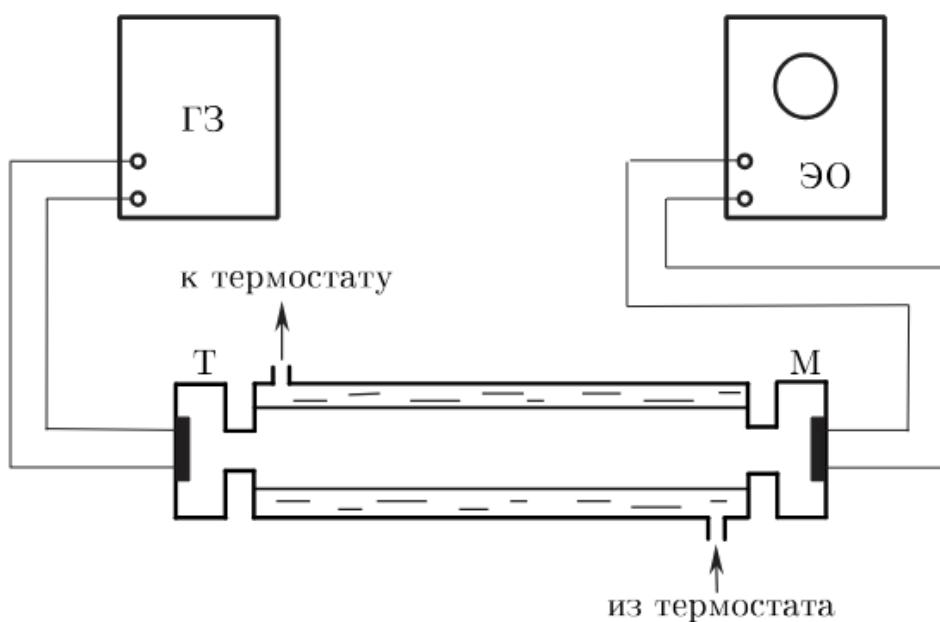
Значения угла наклона графика в зависимости от температуры (Приложения 2-5), скорость звука, показатель адиабаты (считаем, что газ внутри трубы - воздух с молярной массой 0,029 кг/моль):

$T, {}^{\circ}\text{C}$	$25,4 \pm 0,1$	$35,0 \pm 0,1$	$45,0 \pm 0,1$	$55,0 \pm 0,1$
$k, \text{Гц}$	$248,6 \pm 0,5$	$252,2 \pm 0,6$	$256,3 \pm 0,8$	$258,3 \pm 0,6$
$c, \text{м/с}$	$348,0 \pm 1,2$	$253,1 \pm 1,3$	$258,8 \pm 1,6$	$361,6 \pm 1,3$
$\gamma, \text{o.e.}$	$1,42 \pm 0,01$	$1,41 \pm 0,02$	$1,41 \pm 0,02$	$1,39 \pm 0,02$

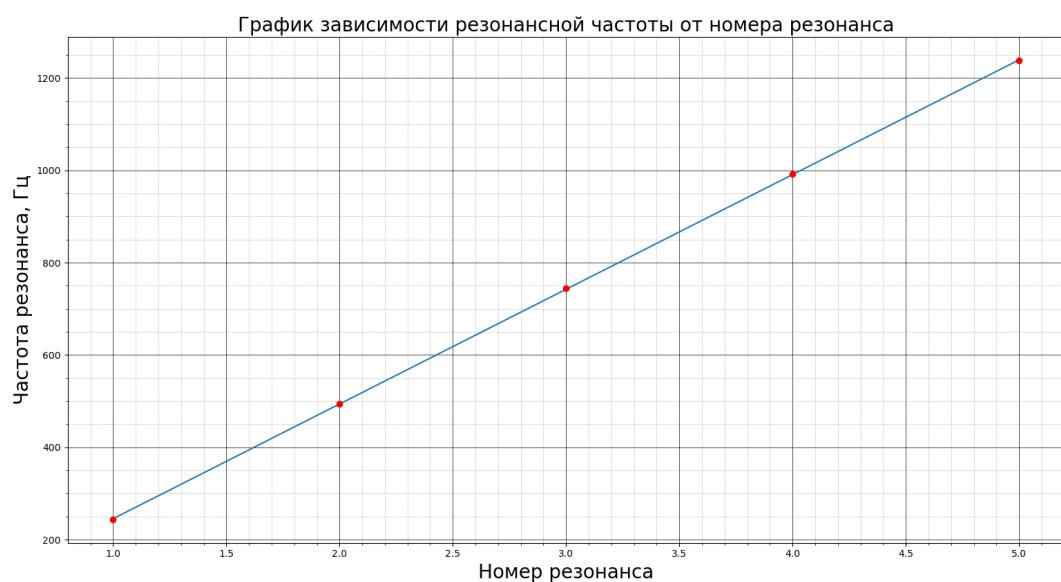
## 5 Вывод

В ходе лабораторной работы были найдены скорости звука в зависимости от температуры, посчитаны для них показатели адиабаты. Значения показателей адиабаты лежат в пределах табличного значения 1,4. Скорости звука близки к табличными (346 м/с, при  $25^{\circ}\text{C}$ ; 352 м/с, при  $35^{\circ}\text{C}$ ; 358 м/с, при  $45^{\circ}\text{C}$ ; 364 м/с, при  $55^{\circ}\text{C}$ ). Погрешность составляет 0,2-0,7%.

## 6 Приложения

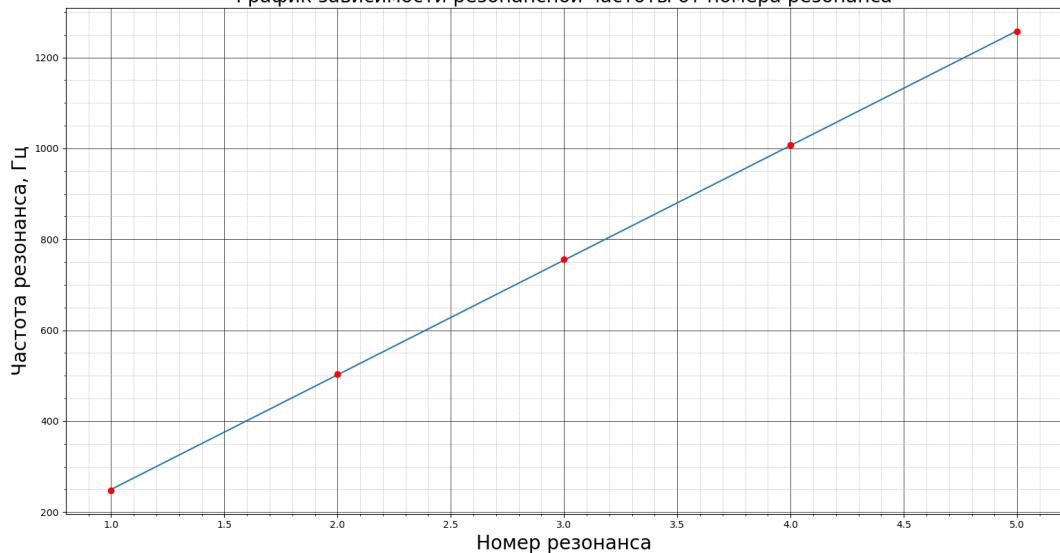


Приложение 1: Схема установки



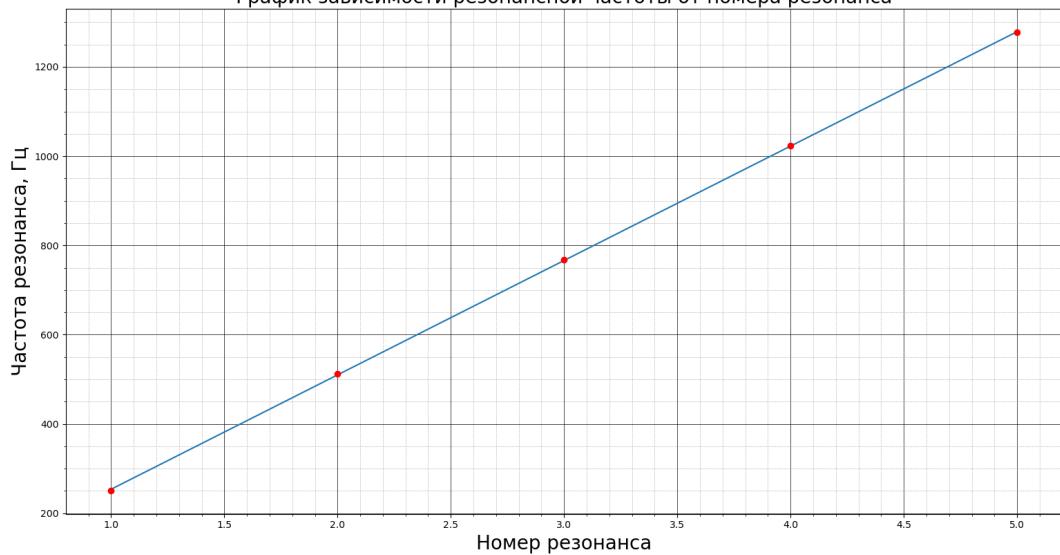
Приложение 2: График для  $25^{\circ}C$

График зависимости резонансной частоты от номера резонанса

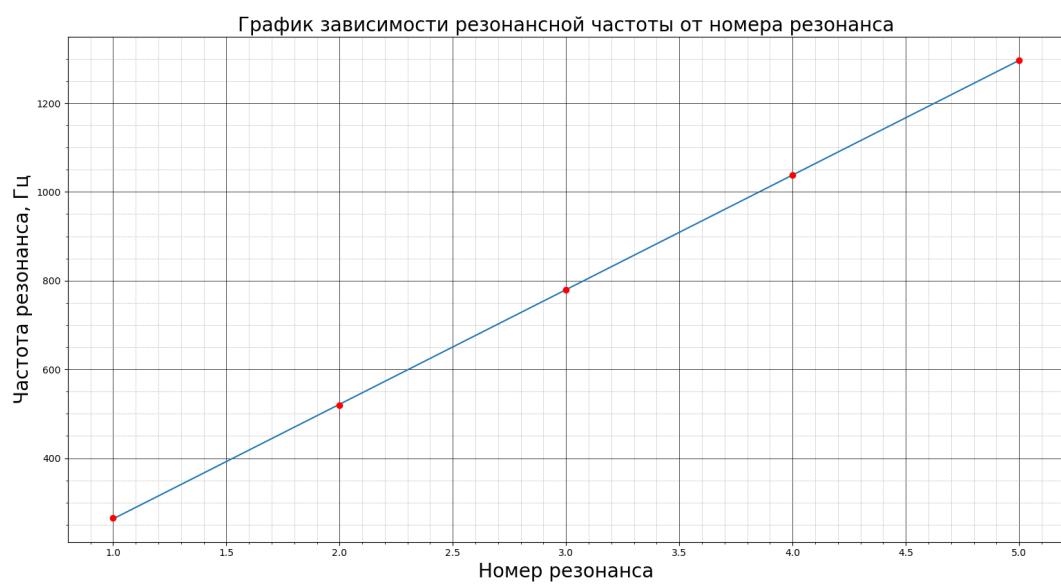


Приложение 3: График для  $35^{\circ}C$

График зависимости резонансной частоты от номера резонанса



Приложение 4: График для  $45^{\circ}C$



Приложение 5: График для  $55^{\circ}C$