

2.2.3 Измерение теплопроводности воздуха при атмосферном давлении

Анна Назарчук Б02-109

1 Аннотация

В работе измеряется коэффициент теплопроводности воздуха, его зависимость от температуры по измерению нагрузочных прямых. **Цель:** измерить коэффициент теплопроводности воздуха при атмосферном давлении в зависимости от температуры. **Оборудование:** цилиндрическая колба с натянутой по оси нитью; термостат; вольтметр и амперметр (цифровые мультиметры); эталонное сопротивление; источник постоянного напряжения; реостат (или магазин сопротивлений).

2 Теоретические сведения

Теплопроводность - это процесс передачи тепловой энергии от нагретых частей системы к холодным за счёт хаотического движения частиц среды (молекул, атомов и т.п.). Закон Фурье:

$$\vec{q} = -\kappa \cdot \nabla T \quad (1)$$

\vec{q} - плотность потока энергии, $\kappa \sim \lambda \bar{v} \cdot n c_v$ - коэффициент теплопроводности. Для цилиндрической геометрии (рис. 1) Для стационарного режима и малого перепада температуры

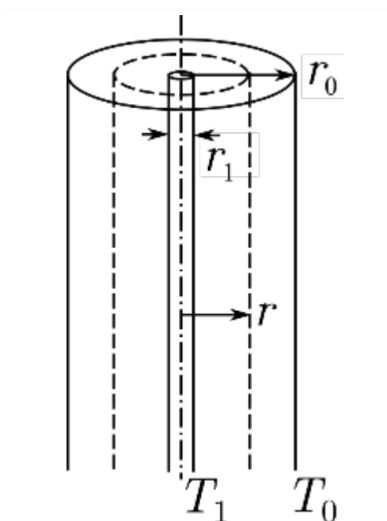


Рис. 1: Геометрия измерений

между нитью и стенками цилиндра:

$$Q = -2\pi r L \cdot \kappa \frac{dT}{dr} = \frac{2\pi L}{\ln \frac{r_0}{r_1}} \kappa \cdot \Delta T \quad (2)$$

3 Экспериментальная установка и методика измерений

Схема установки представлена на рис. 2. Полость трубки заполнена воздухом при атмосферном давлении, металлическая нить - источник тепла и датчик температуры. Электрическая схема установки на рис. 3

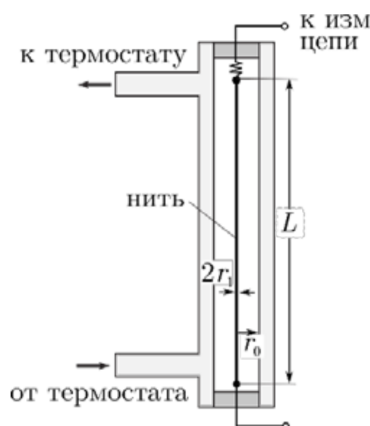


Рис. 2: Схема установки

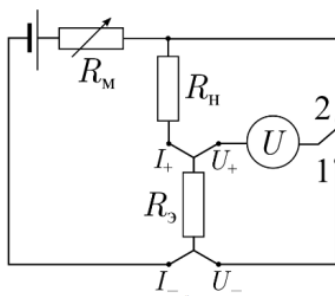


Рис. 3: Электрическая схема установки

Ток цепи регулируется с помощью магазина сопротивлений, включенного последовательно с источником напряжения.

Измерение нагрузочных кривых позволяет получить температурную зависимость сопротивления нити (при $Q \rightarrow 0$, $T \approx T_0$)

Для исследуемых температур:

$$R(t) = R_{273} \cdot (1 + \alpha t) \quad (3)$$

$\alpha = \frac{1}{R_{273}} \frac{dR}{dT}$ - температурный коэффициент сопротивления материала. По наклонам нагрузочных кривых можно получить значение коэффициента теплопроводности.

4 Измерения и обработка данных

Результаты измерений представлены в таблице 1. Для не очень плохих температур построим график зависимости сопротивления нити от мощности. (рис. 4). Из графиков получаются следующие значения (табл. 2)

Построим график зависимости сопротивления нити от её температуры (рис. 5) По-

Таблица 1: Результаты измерений

t=22°C		t=30°C		t=40°C	
U _{пр} , мВ	U _{эт} , мВ	U _{пр} , мВ	U _{эт} , мВ	U _{пр} , мВ	U _{эт} , мВ
48.458	83.609	38.998	69.951	38.993	69.462
55.121	95.082	48.415	86.823	55.069	98.058
63.905	110.31	75.915	136.11	93.667	166.69
122.43	211.48	122.16	218.98	175.82	312.84
314.49	543.87	454.89	813.74	371.13	660.41
409.95	712.14	588.65	1051.2	455.28	810.79
514.64	898.87	689.69	1232.7	548.59	979.77
551.61	962.84	833.58	1458.1	634.59	1139.2
695.26	1225.8			754.04	1352.3
834.71	1484.3				
t=50°C		t=60°C		t=70°C	
U _{пр} , мВ	U _{эт} , мВ	U _{пр} , мВ	U _{эт} , мВ	U _{пр} , мВ	U _{эт} , мВ
94.151	163.66	39.007	68.255	39.003	69.451
314.15	547.02	55.096	96.034	55.081	97.484
372.05	648.51	93.752	163.11	93.712	165.53
457.08	797.59	176.08	306.63	175.92	312.16
591.34	1036.28	313.95	548.11	313.21	556.86
693.14	1220.3	410.21	717.31	408.75	728.21
		515.41	905.43	513.55	916.21
		590.71	1041.4	587.54	1057.9
		691.78	1226.2	687.04	1248.2

Таблица 2: Результаты обработки данных

t, °C	22	50	60	70
R/Q, Ом/Вт	17.25	17.38	17.40	17.68
$\sigma_{R/Q}$, Ом/Вт	0.51	1.11	0.91	1.16
R ₀ , Ом	4.32	3.69	3.74	5.55
σ_{R_0} , Ом	0.13	0.17	0.20	0.35

грешность на графике очень велика из-за плохих измерений напряжения на нити, то есть основной вклад в погрешность - линеаризация точек.

Из графика и линейной зависимости сопротивления от температуры найдем температурный коэффициент сопротивления:

$$\alpha = \frac{1}{R_{273}} \frac{dR}{dT} = (0.64 \pm 0.21) \cdot 10^{-3} 1/K \quad (4)$$

Используя полученное значение и нагрузочные кривые, получим коэффициент теплопроводности для разных температур (табл. 3)

Таблица 3: Коэффициент теплопроводности для разных температур

t, °C	22	50	60	70
κ , мВт/(м·К)	7.34	8.59	8.51	5.71
σ_{κ} , мВт/(м·К)	3.15	3.69	3.61	2.37

Погрешности полученных значений огромны, что не позволяет сделать выводов о зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.

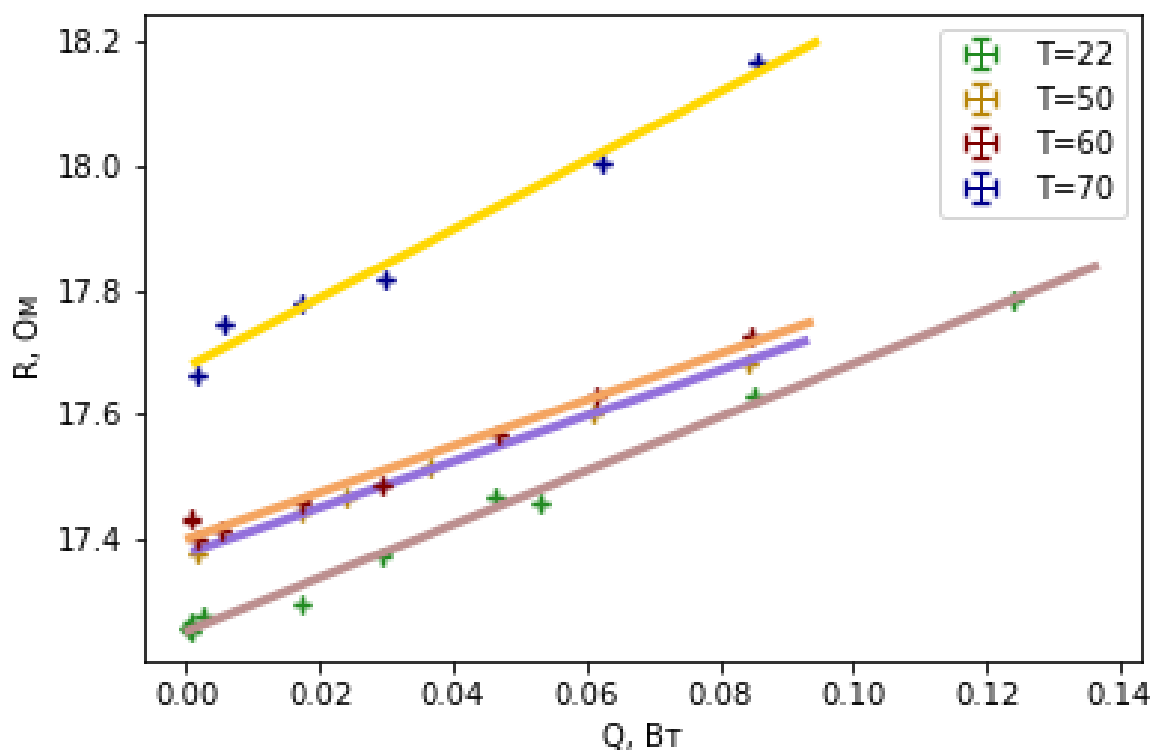


Рис. 4: Нагрузочные кривые для различных температур

5 Выводы

1. Получен линейный характер нагрузочных кривых, рассчитаны значения сопротивления при $Q = 0$ и коэффициент наклона прямой.
2. Получен температурный коэффициент сопротивления: $\alpha = (0.74 \pm 0.21) \cdot 10^{-3} \text{1/K}$.
3. Получены значения коэффициента теплопроводности воздуха при разных температурах, погрешности результатов не позволяют сделать выводы о температурных изменениях коэффициента теплопроводности.

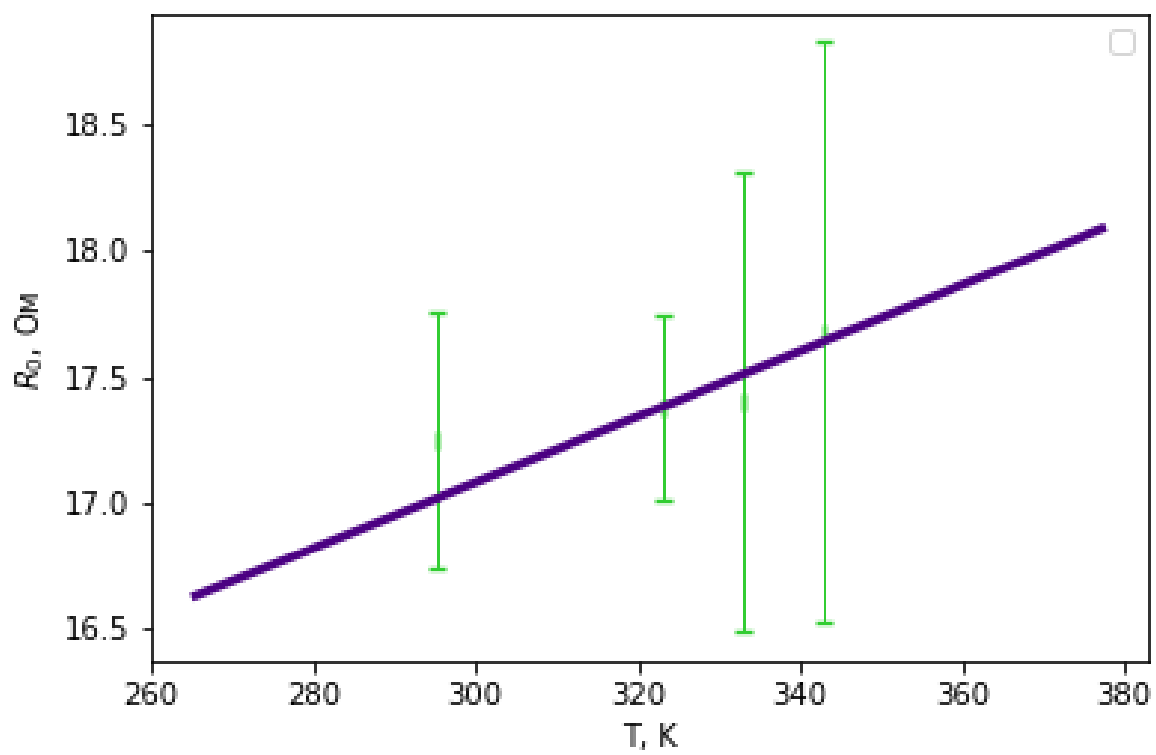


Рис. 5: Зависимость сопротивления от температуры