

# Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии



# Литература

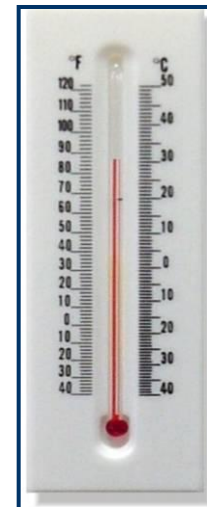
1. Н.О.Григоров, А.Г.Саенко, К.Л.Восканян. Методы и средства метеорологических измерений. – С-Пб.; 2012, 306с.

2. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. - Л.; Гидрометеоиздат, 1985, 456с.

3. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. - Л.; Гидрометеоиздат, 1978, 392с.

4. Григоров Н.О. Презентации лекций и описания лабораторных работ по курсу «Методы и средства гидрометеорологических измерений». <http://gmi.rshu.ru>.

# Лекция 1. Измерение температуры



# Лекция 1. Измерение температуры

---

## Основные способы измерения температуры

1. Жидкостные термометры.
2. Термометры сопротивления.
3. Термоэлектрические термометры (термопары, термобатарей).
4. Деформационные (биметаллические) термометры.
5. Радиационные (инфракрасные) термометры.
6. Лазерные термометры.
7. Акустические термометры. (?!)



# Лекция 1. Измерение температуры

---

## Акустические термометры

Акустические термометры основаны на зависимости скорости распространения звука в воздухе от температуры:

$$C_{ac} = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} RT}$$

$C_{ac}$  – скорость звука,

$C_p$  и  $C_v$  – теплоемкость воздуха при постоянном давлении и при постоянном объеме,

$R$  – универсальная газовая постоянная,

$T$  – температура (по шкале Кельвина).

## Лекция 1. Измерение температуры

---

Перепишем эту формулу в виде (обозначив  $C_{ac} = C$ ):

$$C = \sqrt{\chi \cdot R(273 + t)}$$

Обозначив:

$$\chi = \frac{C_p}{C_v}, \quad T = 273 + t$$

Рассчитаем  $C$  при температуре  $0^\circ \text{C}$ . Подставив численные значения, найдем:

$$C_0 = 331,4 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \approx 331,4 + 0,6t$$

# Лекция 1. Измерение температуры

---

$$C = 331,4 + 0,6t$$

**Чувствительность акустических термометров:**

$$S = \frac{dC}{dt} \approx 0,6 \frac{м}{с \cdot К}$$

**При изменении температуры на 1К скорость звука изменяется на 0,6 м/с в ту же сторону.**

## Ограничения применения акустических термометров

- 1. При высоких температурах становится заметной зависимость скорости звука от парциального давления водяного пара.**
- 2. Полученные формулы справедливы для давления воздуха, близком к нормальному. На больших высотах скорость звука зависит от его частоты.**

# Лекция 1. Измерение температуры

## Достоинства акустических термометров

1. Отсутствие инерции.

## Погрешности акустических термометров

1. Влияние скорости ветра.

Для ликвидации этой погрешности воспользуемся установкой:

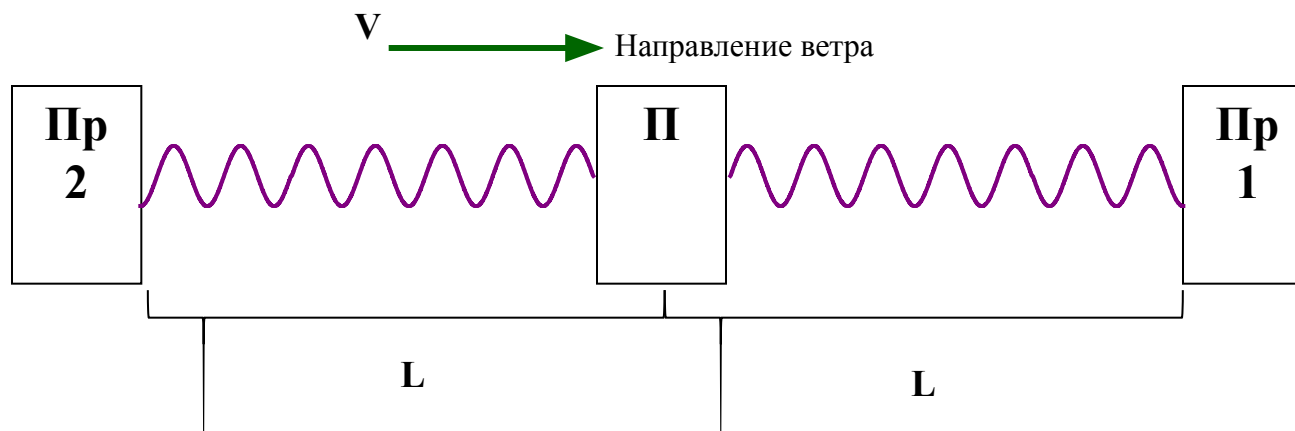


Схема акустического термометра.



## Лекция 1. Измерение температуры

---

**Выходным параметром является сумма времени прихода акустического сигнала на первый и второй приёмники:**

$$\tau_1 + \tau_2 = \frac{L}{(C-V)} + \frac{L}{(C+V)} = \frac{L(C+V) + L(C-V)}{(C-V) \cdot (C+V)} = \frac{2LC}{C^2 - V^2} \approx \frac{2LC}{C^2} = \frac{2L}{C}$$

**С учетом  $C^2 \gg V^2$  .**

**Суммирование осуществляется с помощью цифровой обработки электрического сигнала. Результат выводится на цифровой индикатор или другое выходное устройство.**

**Если применяется один приемник, то необходим независимый способ измерения скорости ветра с программной компенсацией погрешности.**