Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии

Литература

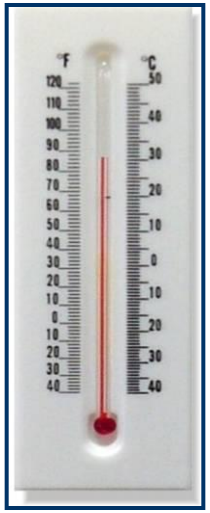
1. Н.О.Григоров, А.Г.Саенко, К.Л.Восканян. Методы и средства метеорологических измерений. – С-Пб.; 2012, 306с.

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



Основные способы измерения температуры

1. Жидкостные термометры.

2. Термометры сопротивления.

3. Термоэлектрические термометры (термопары, термобатареи).

4. Деформационные (биметаллические) термометры.

5. Радиационные (инфракрасные) термометры.

6. Лазерные термометры.

7. Акустические термометры. (?!)

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).

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

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

Обозначив:

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

Рассчитаем С при температуре 0^0 С. Подставив численные значения, найдем:

$$C_0 = 331{,}4 \text{ м/с}$$

Тогда:

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

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

Чувствительность акустических термометров:

$$S = \frac{dC}{dt} \approx 0{,}6 \frac{м}{c \cdot \mathrm{K}}$$

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

<u>Ограничения применения акустических термометров</u>

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.

Достоинства акустических термометров

1. Отсутствие инерции.

Погрешности акустических термометров

1. Влияние скорости ветра.

Для ликвидации этой погрешности воспользуемся установкой:

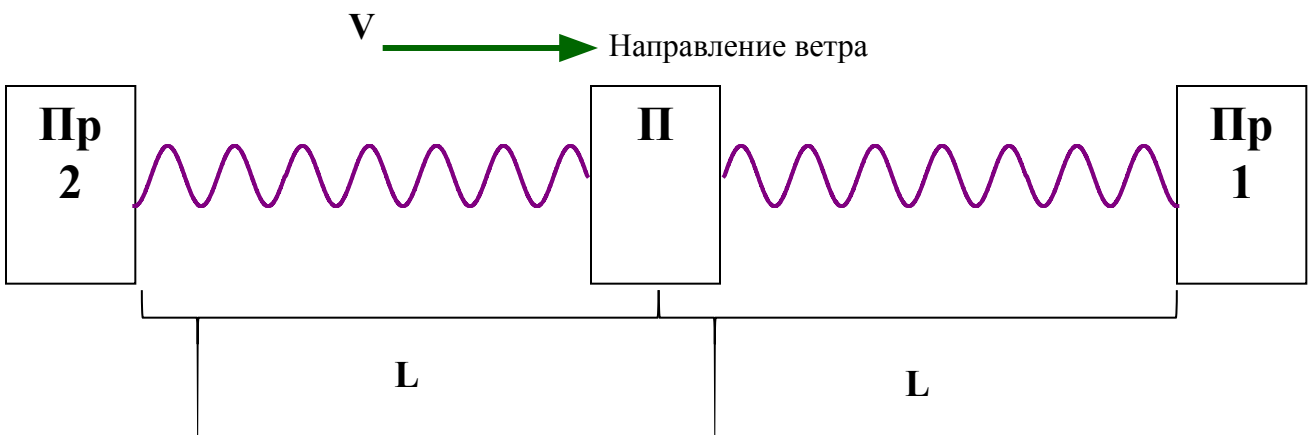


Схема акустического термометра.

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 $C^2 >> V^2$ **.**

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.