

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ АКУСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Зорин Д.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)

e-mail: d_res@nure.ua

The multi-frequency method of measuring the relative humidity of the atmosphere with sodars is justified. Based on the experimental data, the methods of extra- and interpolation obtained the values of the sound absorption coefficient for a wide range of frequencies, temperatures and humidity. The research results confirm the possibility of determining the humidity of the air at a selected height by comparing the values of the powers of the received signals at two frequencies of acoustic sounding.

Акустические локаторы широко используются для получения метеорологической информации [1]. Традиционно содары измеряют скорость, направление ветра и интенсивность турбулентности. В работе проводится оценка возможности измерения влажности воздуха акустическими локаторами.

Известны работы, в которых приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований поглощения звука в атмосфере от влажности и частоты. Из этих результатов следует, что поглощение звука существенно зависит от частоты. Учёными кафедры МИРЭС предложено акустическое устройство для определения влажности в атмосферном пограничном слое, использующее зондирование на двух частотах. Мощность принимаемых сигналов P_r определяется из уравнения акустической локации. Если мощность излучаемого сигнала, длительность импульса τ и площадь приёмной антенны не зависят от рабочей частоты акустического локатора, то мощность принимаемого сигнала P_{r1}, P_{r2} на разных частотах f_1, f_2 зависит только от поглощения сигнала α :

$$-\frac{\ln(P_{r1} / P_{r2})}{c\tau} = \alpha(f_1, T) - \alpha(f_2, T),$$

где c – скорость звука; T – температура.

Таким образом, алгоритм измерения влажности заключается в сравнении мощностей принятых сигналов двух частот и вычисления значений влажности.

За исходные данные для вычисления влажности приняты результаты исследований Харриса [3]. Он провёл измерения 1/3 октавных частотных интервалах на частотах 2, 4 и 6 кГц при температурах от 15 до 30 оС с шагом 5 оС при нормальном атмосферном давлении и влажности от 30% до 80%. Данные Харриса были интерполированы с шагом по температуре

1 оС и по частоте 0,5 кГц, а также выполнена их экстраполяция на частотный диапазон до 10 кГц и на диапазон изменения температур от 0 оС до +40 оС.

Результаты были оцифрованы и помещены в трёхмерный массив MATLAB. Т.е. исходными данными был массив зависимости коэффициента поглощения от влажности, температуры и частоты.

Экстраполяция исходных данных выполнена методом кубических сплайнов. Для получения адекватных результатов шаги экстраполяции выбраны такими же как и у исходных данных, а диапазон экстраполяции выбран исходя из скорости изменения функции $\alpha(\mu, T, f)$ вдоль соответствующей координаты: экстраполяция выполнена в тех направлениях, в которых скорость изменения коэффициента поглощения наименьшая. Для интерполяции также выбран метод кубических сплайнов. Отличительной особенностью экстра- и интерполяции в данной работе является то, что эти операции трёхмерные и учитывают изменения коэффициента поглощения во всех трёх направлениях: вдоль оси влажности μ , вдоль оси температур T и вдоль оси частот f .

Также выполнены расчёты зависимости относительной влажности воздуха $\mu, \%$ от разности коэффициентов поглощения для различных сочетаний частот f_1 и f_2 при заданной температуре T . Результаты приведены на рис. 1.

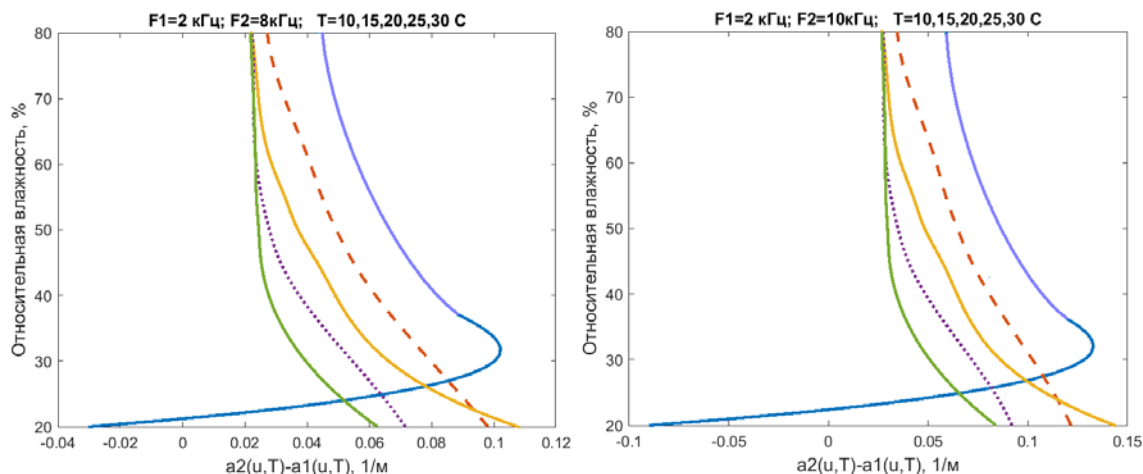


Рис.1

Анализ полученных зависимостей показал, что для обеспечения большей точности измерения влажности частоты зондирования должны отличаться в два и более раза. Кроме того, нижняя частота зондирования должна быть не менее 2 кГц, поскольку это обеспечивает большую производную коэффициента поглощения по частоте, а следовательно – и большую точность измерений.

Список источников: 1. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. – Томск: Водолей, 2001. – 278 с. 2. Harris С.М. Absorption of sound in air versus humidity and temperature. – J. Acoust. Soc. America, V.40, 1966, N1, p.148-159.