

Кольцов И.А.

*Научный руководитель: д.т.н. доцент, преподаватель ФРЭКС Федосеева Е.В.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
iwan.koltsov2016@yandex.ru*

Оценка погрешности внешней калибровки СВЧ радиометрической системы с компенсацией фоновых шумов

Калибровка СВЧ радиометрических систем предполагает определение соответствия величины выходного сигнала системы измеряемой радиояркой температуре зондируемой области пространства. В процессе калибровки таким образом исключается влияние на результат измерения параметров системы, в том числе и антенны. Для выполнения внешней калибровки системы, включая антенну, необходимы, как минимум, два "детерминированных" источника радиотеплового излучения. В одном из известных способов выполнения внешней калибровки СВЧ радиометрической системы по излучению безоблачной атмосферы два отсчетных уровня радиотеплового излучения - радиояркой температуры формируются при приеме под двумя разными углами высоты [1, 2].

СВЧ радиометрические системы работают в условиях действия фоновых шумов, которые являются источниками помехового прироста выходного сигнала [1]. Один из вариантов исключения их влияния - реализация разностных измерений при одновременном формировании в системе дополнительного сигнала компенсации, например, в двухканальной антенне с приемом на двух модах круглого волновода [3]. Калибровка такой системы выполняется по разностному выходному сигналу.

В работе рассмотрен вопрос оценки погрешности калибровки трехдиапазонной СВЧ радиометрической системы с компенсацией фоновых шумов по излучению безоблачной атмосферы. Предложено выполнять калибровку по двум разностным сигналам при измерениях излучения безоблачной атмосферы при двух ближайших углах возвышения, чтобы снизить влияние неточности юстировки антенны

$$\Delta T(\theta_1, \theta_2) = T_A(\theta_1) - T_A(\theta_2) = \left(\frac{T_{\text{яркзениит}}}{\sin \theta_1} - \frac{T_{\text{яркзениит}}}{\sin \theta_2} \right) (1 - \beta)\eta = A \left(\frac{1}{\sin \theta_1} - \frac{1}{\sin \theta_2} \right), \quad (1)$$

где $A = T_{\text{яркзениит}} (1 - \beta)\eta = \text{const}$; $T_A(\theta)$ - антенная температура, фиксируемая при угле места θ ; $T_{\text{яркзениит}}$ - радиояркая температура безоблачной атмосферы при направлении в зенит

$$\theta = 90^\circ.$$

При наличии еще одной разности антенных температур $\Delta T(\theta_3, \theta_4)$, аналогичной (1), можно определить параметр $k(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4)$, не зависящий от радиояркой температуры атмосферы в зените и от параметров антенны,

$$k(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) = \frac{\Delta T(\theta_1, \theta_2)}{\Delta T(\theta_3, \theta_4)} = \left(\frac{1}{\sin \theta_1} - \frac{1}{\sin \theta_2} \right) / \left(\frac{1}{\sin \theta_3} - \frac{1}{\sin \theta_4} \right), \quad (2)$$

Данный подход оценки точности калибровки был применен к трехдиапазонной СВЧ радиометрической системе зондирования атмосферы и получены численные оценки степени отличия экспериментальных данных $k(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4)$ от теоретических значений, получаемых по (2).

Наилучшее приближение к теоретическому значению указанного коэффициента было получено при выборе набора углов высоты $\theta_1 = 70^\circ$, $\theta_2 = 60^\circ$, $\theta_3 = 30^\circ$, $\theta_4 = 10^\circ$. В этом случае теоретическое значение коэффициента равно $k(70^\circ, 60^\circ, 30^\circ, 10^\circ) = 0.024$, а по

экспериментальным оценкам для длины волны 1,35 см - $k(70^0, 60^0, 30^0, 10^0) = 0.03$, для 3,2 см - 0.05, для 7,5 см - 0.056.

Отличие экспериментальных данных от теоретического значения, объясняется неидеальностью условий эксперимента с точки зрения отсутствия облачности и сглаживающим эффектом, обусловленным ненулевой шириной диаграммы направленности антенны.

Литература

1. Степаненко В.Д., Шукин Г.Г., Бобылев Л.П., Матросов С.Ю. Радиотеплолокация в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
2. Yong Han, Westwater Ed. R. Analysis and Improvement of Tipping Calibration for Ground-Based Microwave Radiometers // IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 38, no.3, PP. 1260-1276.
3. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н. Радиометрическая система с дополнительным каналом формирования сигнала компенсации // Труды ГГО. 2010. Вып. 562, С. 243-257.