

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  
E-mail: elenafedoseeva@yandex.ru*

### **Особенности калибровки СВЧ радиометрической системы с компенсацией фоновых шумов по угломестным разрезам атмосферы**

Важной задачей проведения дистанционных СВЧ радиометрических измерений окружающего пространства является обеспечение соответствия выходного сигнала СВЧ радиометрической системы величине радиояркой температуры исследуемой области пространства, что обеспечивается путем проведения калибровки системы [1].

Для калибровки СВЧ радиометрической системы зондирования атмосферы возможно выполнение внешней калибровки по угловым разрезам безоблачной атмосферы [2], которая основана на угловой зависимости ее радиояркой температуры следующего вида:

$$T_{ярк}(\theta) = T(90^0) / \sin(\theta), \quad (1)$$

где  $T(90^0)$  – радиояркая температура атмосферы в зените.

В процессе проведения СВЧ радиометрических измерений выходной сигнал системы оказывается пропорциональным антенной температуре, на величину которой влияют как параметры антенны, так и излучательные свойства окружающего пространства. В соответствии с уравнением антенного сглаживания антенная температура СВЧ радиометрической системы определяется следующим выражением [1]:

$$T_a = \eta_a (1 - \beta) \bar{T}_{зл} + \eta_a \beta \bar{T}_{бок} + (1 - \eta_a) T_0, \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\iint_{\Omega_{рас}} F(\theta, \varphi) d\theta d\varphi}{\iint_{4\pi} F(\theta, \varphi) d\theta d\varphi},$$

где  $\beta$  – коэффициент рассеяния антенны;  $\bar{T}_{зл}$ ,  $\bar{T}_{бок}$  – среднее значение радиояркой температуры среды соответственно в области главного лепестка и в области рассеяния ДН;  $\Omega_{рас}$  – угловой размер области рассеяния ДН антенны:  $\Omega_{рас} = 4\pi - \Omega_{зл}$ .

Второе слагаемое в выражении (2) обусловлено приемом излучения всего окружающего антенну пространства и является помеховой составляющей входного сигнала. Для исключения его влияния на результаты измерений было предложено введение двухканального приема радиотеплового излучения с организацией дополнительного антенного канала, выходной сигнал которого пропорционален составляющей основного измерительного канала, обусловленного приемом по области рассеяния диаграммы направленности антенны, с последующей реализацией разностного алгоритма обработки выходных сигналов системы [3, 4].

Выполнение разностных измерений в СВЧ радиометрической системе с компенсацией фоновых шумов позволяет в процессе калибровки исключить зависимость результатов от изменения углового положения антенны, связанное с изменением величины вклада фонового излучения [2], и обеспечить компенсацию вклада шумовой температуры приемника в выходном сигнале системы.

Таким образом, выполнение калибровки двухканальной СВЧ радиометрической системы с компенсацией влияния фоновых шумов по угловой зависимости радиояркой температуры атмосферы должно осуществляться по данным разностных измерений угловых разрезов атмосферы, тогда выражение (1) при калибровке данной системы преобразуется к виду

$$\Delta T(\theta) = \Delta T(90^0) / \sin(\theta), \quad (3)$$

$$\Delta T(\theta) = T_{осн}(\theta) - T_{дон}(\theta), \quad (4)$$

где  $T_{осн}(\theta)$  – антенная температура на выходе основного измерительного канала;  $T_{дон}(\theta)$  – антенная температура на выходе дополнительного антенного канала формирования сигнала

компенсации;  $\Delta T(90^0)$  – разность антенных температур основного и дополнительного каналов СВЧ радиометрической системы при направлении антенны в зенит.

Анализ функциональных особенностей реализации калибровки СВЧ радиометрической системы с компенсацией фоновых шумов по угломестным разрезам атмосферы показывает возможность расширения динамического диапазона калиброванных значений результатов СВЧ радиометрических измерений за счет повышения точности отсчетов при малых углах высоты.

#### Литература

1. Радиотеплолокация в метеорологии / В.Д. Степаненко, Г.Г.Щукин, Л.П. Бобылев, С.Ю. Матросов. – Л.: Гидрометеиздат, 1987 – 283 с.
2. Han, Y., et al., "Analysis and improvement of tipping calibration for ground-based microwave radiometers," IEEE Trans. on Geosci. Remote Sens., Vol. 38, No. 3, 1260-1276, May 2000.
3. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н. Радиометрическая система с дополнительным каналом формирования сигнала компенсации // Труды ГГО. – 2010. – Вып. 562. – С. 243 – 257.
4. Федосеева Е.В., Щукин Г.Г., Ростокин И.Н., Ростокина Е.А. Компенсация помех в работе СВЧ радиометрических систем // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014. – №1. – С.50 – 62.