

Федосеева Е.В., Кольцов И.А.

*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*

Анализ влияния фоновых шумов на параметры калибровки СВЧ РМС по излучению безоблачной атмосферы

Информационным параметром микроволнового дистанционного зондирования атмосферы является радиояркая температура, представляющая собой функциональную зависимость от ее метеопараметров, поэтому для решения обратных задач оценки состояния атмосферы по данным микроволновых радиометрических измерений обязательна процедура калибровки, определяющая однозначное соответствие величины выходного сигнала СВЧ РМС и радиояркой температуры атмосферы в направлении зондирования [1].

В основе калибровки СВЧ РМС принятое линейное соответствие

$$U_{\text{вых}} = ST_{\text{яэп}} + U_0, \quad (1)$$

где S и U_0 - параметры, определяемые в процессе калибровки: крутизна шкалы приемника СВЧ радиометрической системы и начало отсчета его шкалы.

При проведении внешней калибровки СВЧ РМС источником калиброванных уровней радиояркой температуры $T_{\text{эп1}}$ и $T_{\text{эп2}}$ может служить радиотепловое излучение безоблачной атмосферы при зондировании по двум углам высоты θ . Выполнение такой калибровки по угловым разрезам безоблачной атмосферы [2] основано на угловой зависимости ее радиояркой температуры

$$T_{\text{ярк}}(\theta) = T(90^\circ) / \sin(\theta), \quad (2)$$

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

Выходной сигнал СВЧ РМС пропорционален антенной температуре, которая в соответствии с уравнением антенного сглаживания равна

$$T_a = T_{\text{яэп}}(1 - \beta)\eta + T_\phi\beta\eta + T_0(1 - \eta), \quad (3)$$

$$\beta = 1 - \frac{\iint_{\theta_{\text{эл}}, \varphi_{\text{эл}}} F(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi}{\iint_{4\pi} F(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi}, \quad (4)$$

где $T_{\text{яэп}}$ - усредненная по области главного лепестка ДН антенны радиояркая температура зондируемой области пространства; β - коэффициент рассеяния антенны; $\theta_{\text{эл}}, \varphi_{\text{эл}}$ - угловая область главного лепестка ДН антенны; T_0 - термодинамическая температура антенны; T_ϕ - радиояркая температура окружающего антенну пространства, усредненная по области рассеяния ДН антенны.

Сигнал на выходе приемника СВЧ РМС при условии квадратичного режима работы детектора задается линейным соотношением между выходным сигналом и антенной температурой на входе радиометра и собственной шумовой температурой радиометра $T_{\text{шпр}}$

$$U_{\text{вых}} = kT_{\text{ант}} + T_{\text{шпр}}. \quad (5)$$

Тогда выходной сигнал с выделением составляющей, обусловленной приемом радиотеплового излучения из области зондирования - области главного лепестка ДН антенны [3], и учетом потерь в фидере принимает вид

$$U_{\text{вых}} = k(1 - \beta)(1 - \gamma)\eta T_{\text{яэп}} + k\beta\eta(1 - \gamma)T_\phi + kT_0(1 - \eta) + kT_{0\phi}\gamma + T_{\text{шпр}}. \quad (6)$$

где γ - коэффициент потерь в антенно-фидерном тракте

Сравнение (1) и (6) выявляет наличие в U_0 составляющей, обусловленной приемом фоновых шумов. Ее величина зависит от излучательных свойств окружающего систему пространства и от относительного их вклада в антенную температуру, который изменяется в зависимости от взаимного расположения неоднородного окружающего пространства и антенны. При значительном изменении угла высоты антенны может существенно измениться вклад фоновых шумов от подстилающей поверхности.

Для выполнения калибровки СВЧ радиометрической системы по радиотепловому излучению атмосферы должны быть выполнены следующие условия:

- возможность выполнения приема с двух существенно различных угловых направлений для получения двух калиброванных уровней входного сигнала, соответствующих двум значениям радиояркостной температуры;

- обеспечение неизменности условий измерения с точки зрения создания фоновых шумов (характера и состояния подстилающей поверхности) или возможность выполнения разностных измерений с компенсацией влияния фоновых шумов в разностном сигнале системы, например, реализация измерений радиояркостного контраста области зондирования.

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., Щукин Г.Г., Кольцо И.А. Влияние направленных свойств антенны СВЧ радиометрической системы на точность калибровки по излучению атмосферы // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2019. – №3. – С.65 – 70.