

II Всероссийская научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн» - «Муром 2018»

### **Калибровочный стенд «Черное тело» для определения интегрального коэффициента рассеяния антенн СВЧ радиометров**

Ю.В. Рыбаков, Д.В. Дроздов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова», 194021 Санкт-Петербург ул. Карбышева д. 7, y.rubakov@mail.ru*

*В работе рассмотрены характеристики калибровочного стенда «абсолютно чёрного тела» (АЧТ). Стенд используется для определения и контроля коэффициента рассеяния вне главного лепестка и фоновой составляющей антенной температуры антенного датчика СВЧ радиометрического комплекса на частотах  $f = 19,5$  ГГц; 22,235 ГГц и 37 ГГц, предназначенного для мониторинга интегрального влагозапаса чистой атмосферы и интегрального водозапаса облаков. Габариты АЧТ 1140x1050x250мм. Максимальная высота расположения над плоскостью апертуры датчика составляет 2600 мм и может регулироваться с помощью выносных стоек.*

*The paper considers the characteristics of the calibration stand "blackbody" (ABB). The stand is used to determine and control the scattering coefficient outside the main lobe and the background component of the antenna temperature of the microwave radiometric complex antenna sensor at frequencies  $f = 19.5$  GHz; 22.235 GHz and 37 GHz, designed to monitor the integral water vapour contents clean atmosphere and integral cloud water. The dimensions of a blackbody 1140x1050x250mm. The maximum height of a location above the plane of the aperture of the sensor is 2600 mm and can be adjusted by means of the external racks.*

Измерение параметров антенн по радиоизлучению абсолютно чёрных тел (дисков) достаточно подробно изложено в ряде работ, см. например [1] и относится к радиоастрономическим приложениям и большим антеннам дм и см диапазонов длин волн.

Соответственно большее внимание направлено на измерения в зоне Френеля и углам места, близким к горизонту. Для антенных датчиков СВЧ-влажномеров характерно использование мм диапазона, ширины диаграммы направленности 6-10° и близких к зенитному направлению измерений.

Коэффициент рассеяния вне главного лепестка антенного датчика определяет долю мощности, содержащуюся в телесном угле, связанном с боковыми лепестками и входит как пространственный коэффициент полезного действия для получения антенной температуры и одновременно определяет уровень фоновой (помеховой) компоненты.

В СВЧ-влажномере ФГБУ «ГГО» применяются антенные датчики типа гофрированных рупорно-линзовых антенн, имеющие минимально возможные значения коэффициента рассеяния (~1%) по сравнению с 20-30% для зеркальных антенн, рассмотренных в [1]. Диаграммы направленности конических и пирамидальных гофрированных рупорно-линзовых антенн были в широком частотном диапазоне измерены в безэховой камере фирмы «ТРИМ». В работе [2] приведены в качестве примера диаграммы разных датчиков. Значения  $\beta_{ГЛ}$  для конических и пирамидальных антенн в диапазоне 18÷26 ГГц конических антенн усреднённый по  $E$  и  $H$   $\beta_{ГЛ}$  составляет для 19,5 ГГц приблизительно 1,5%, а для 22 ГГц – 0,7%, для пирамидальных – 3% и 2,5% соответственно.

Данный метод позволяет получить оценки  $\beta_{ГЛ}$  на отдельных частотах, но далее требуется получить интегральный  $\beta_{ГЛ}$  по полосе частот приёмника, что представляет известные сложности в связи с неравномерностью АЧХ в полосе приёма.

### **Измерение интегрального коэффициента рассеяния с помощью АЧТ в дальней зоне**

При интегральном способе определения коэффициента рассеяния необходимо разместить в дальней зоне антенного датчика АЧТ, перекрывающее телесный сектор главного лепестка по низкому (~30дБ) уровню и измерить выходной сигнал радиометра с реальной АЧХ приёмника при приёме излучения атмосферы и при перекрытии телесного угла главного лепестка с помощью АЧТ.

Подобные габариты АЧТ были реализованы на основе имеющихся стандартных блоков поглотителя с размерами 370x350мм и толщиной 150мм. Поглощающий элемент представляет из себя «ёлочку» из остеклованного микропровода длиной 130мм, размещённую в полем пенопластовом блока с толщиной стенки 15мм. Вес одного блока составляет 440 грамм. Исходная секция содержит 40 поглощающих элементов, размещённых через 90мм. Поскольку секция предназначена для работы в 3см диапазоне, для диапазона  $f = 18 \div 26$  ГГц прямые потери, определяющие степень черноты АЧТ варьируют от 6 дБ до 15 дБ. Поэтому густота размещения поглощающих элементов была увеличена в 2 и 4 раза до 86 и 176 элементов соответственно. При этом расстояния между поглощающими элементами сократилось до 45 мм и 22,5 мм, за счёт чего прямые потери увеличились до 21,5 дБ (86 элементов) и 23 дБ (176 элементов). Общие габариты АЧТ из 9 блоков (5 шт. – 176 элементов и 4 шт. – 86 элемента) составляют 1140x1050мм. Вес 3960 грамм.

С обратной стороны блоки были покрыты дополнительно тонкой поглощающей (~8,5 дБ) тканью и металлическим отражателем из тонкой фольги. Вся конструкция размещена на каркасе из уголков, перпендикулярно которым прикреплены штанги крепления. Штанги состыкованы с двумя поворотными устройствами (треногами) от эталонной системы Пб-23А, которые позволяют плавно регулировать высоту подъёма на 600 мм.

С учётом дополнительных штанг высота подъёма составляет 2600 мм (со сложенными треногами). На рис. 1 показан общий вид АЧТ и его рабочей зоны.



**Рис. 1. Общий вид АЧТ в сборе при работе с радиометром.**

Вместо используемого поглотителя можно использовать пирамидальные блоки SFC-3 с габаритными размерами 610x610x83мм, эквивалентные по количеству поглощающих зубцов блоку из 86 элементов [3].

### Предварительные результаты экспериментов по контролю коэффициента рассеяния и фоновой составляющей антенной температуры

Изготовленное АЧТ было установлено на высоте 2600мм над плоскостью апертур антенных датчиков по направлению в зенит.

На рис. 2, 3 приведены значения выходных сигналов радиометра при измерении собственного излучения безоблачной атмосферы на трёх частотных диапазонах в зените, сигнала от АЧТ на Н=2600мм, перекрывающего телесный угол по уровню ~30дБ. Во время эксперимента устанавливалось отдельно объёмное АЧТ непосредственно на апертуре антенных датчиков для контроля влияния фонового излучения.

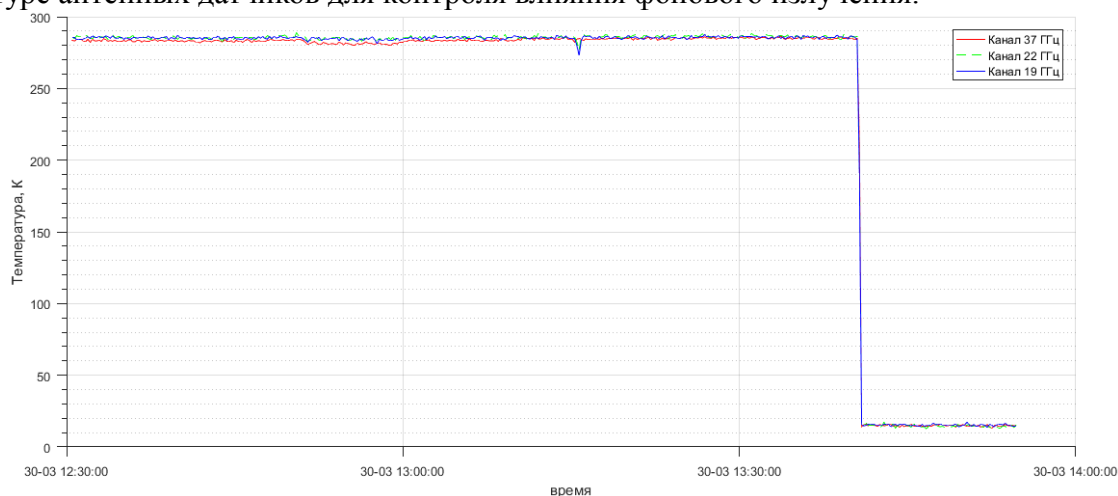


Рис. 2. Зенитные измерения атмосферы и АЧТ.

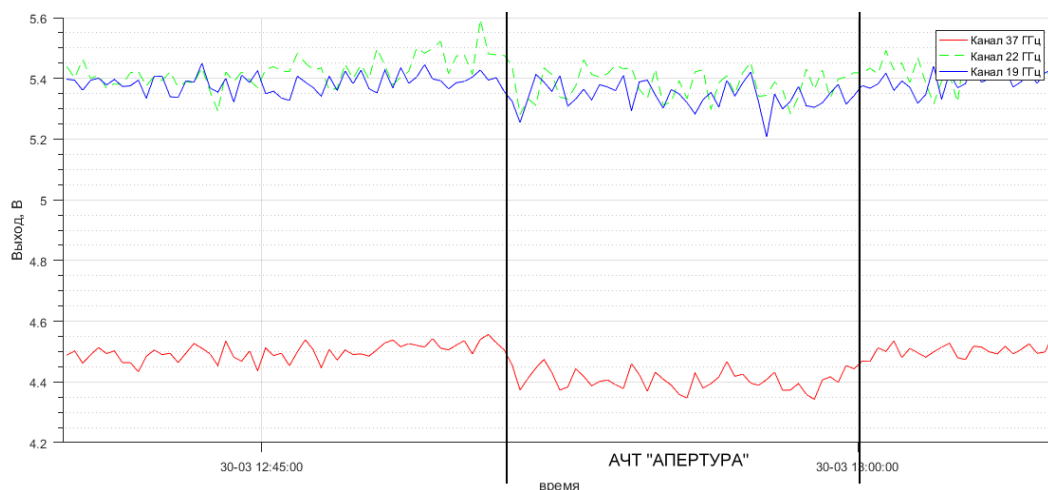


Рис. 3. Объёмное АЧТ на апертуре антенных датчиков.

Из рис. 3 видно, что разница сигналов от АЧТ в дальней зоне и АЧТ на апертуре не превышает 1К в пересчёте на единицы радиояростной температуры, что свидетельствует о действительно низкой величине коэффициента рассеяния данного типа антенных датчиков и о возможности пренебречь вкладом в выходной сигнал фоновой компоненты.

Таким образом, в работе рассмотрена конструкция АЧТ миллиметрового диапазона,

предназначенного для измерения (контроля) коэффициента рассеяния антенных датчиков СВЧ-радиометрического влагомера и оценки вклада фоновой компоненты в антенную температуру.

В дальнейшем предполагается повторить натурный эксперимент с расширением диапазона высот расположения АЧТ над плоскостью апертуры антенных датчиков и более точным определением термодинамической температуры АЧТ во время эксперимента.

### **Литература**

1. Цейтлин Н.М. Антенная техника и радиоастрономия. М.: Сов. Радио, 1976. -352 с.
2. Бойков Н.А, Дроздов Д.В., Рыбаков Ю.В. Некоторые особенности пирамидальных и конических антенных датчиков радиометрического комплекса для определения влаго- и водозапаса атмосферы / Труды ГГО, 2018, вып. 590.
3. Cuming Microwave. –Режим доступа: <http://www.cumingmicrowave.com>