

## Сквозная технология наземной отработки АФАР космического РСА

М.С. Милосердов, Г.Ю. Кузнецов, А.И. Коваленко, М.Л. Булыгин

Акционерное общество «Научно исследовательский институт точных приборов», г. Москва, ул. Декабристов, владение 51; тел: (495)402-92-77, Факс(495)404-91-91, E-mail: Maxim.Miloserdov@niitp.ru

Одним из этапов разработки космического радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) на базе цифровой активной фазированной антенной решетки (АФАР) является подтверждение её рабочих характеристик. Из-за особенностей функционирования разрабатываемой цифровой АФАР стандартные методы измерения характеристик антенн зачастую неприменимы, поэтому необходима разработка специализированных методик испытаний. В статье рассмотрен технологический цикл наземных испытаний цифровой АФАР космического РСА.

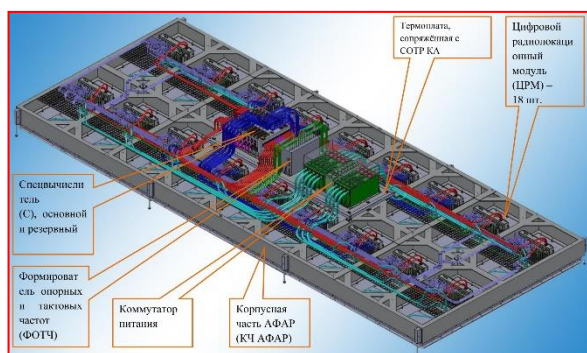
One of the important steps in synthetic aperture radar development is the ground testing and measurement of the active phase antenna array. Standard methods of antenna measurement in many cases are not applicable. Need to develop special testing methods. In this paper presents of the ground testing technological cycle of the digital active phase antenna array.

### Введение

При разработке космического РСА на базе цифровой АФАР важное место занимают мероприятия по её наземной отработке и метрологическому обеспечению разработки. В данной работе рассматривается сквозная технология наземной отработки АФАР X-диапазона, состоящая из 18 цифровых подрешеток.

Прежде, чем рассматривать этапы наземных испытаний цифровой АФАР, целесообразно описать структуру бортовой радиолокационной аппаратуры, которая состоит из цифровой АФАР, формирователя опорных и тактовых частот (ФОТЧ), подсистемы обогрева и охлаждения, спецвычислителя и коммутатора питания.

Цифровая АФАР состоит из 18 цифровых подрешеток. В состав цифровой подрешетки входят аналоговая подрешетка АФАР и модуль формирования и оцифровки сигнала. Структура и общий вид аппаратуры РСА показаны на рисунке 1.



а)



б)

Рис. 1. Бортовая аппаратура РСА. Общая компоновка (а). Макет в БЭК (б).

Учитывая особенности построения бортовой аппаратуры, отработочные мероприятия можно разделить на пять крупных этапов (рисунок 2). На первом этапе отработки проводится настройка (фазировка) подрешетки, измерение параметров диаграммы направленности (ДН) и эффективной изотропно излучаемой мощности

(ЭИИМ) на поворотном устройстве. Измерения проводятся автоколлиматорным методом в промежуточной зоне для различных углов сканирования в диапазоне от 0° до 15°.

На втором этапе к аналоговой подрешетке АФАР добавляется цифровой блок, отвечающий за формирование излучаемого сигнала, оцифровку принятого сигнала и за взаимодействие с другими компонентами бортовой аппаратуры. Для цифровой подрешетки АФАР проводятся измерения параметров зондирующего ЛЧМ-сигнала с полосой до 600 МГц, измерение ДН на отдельных частотах рабочего диапазона (как на прием, так и на передачу), и измерения ЭИИМ. Повторное измерение ЭИИМ необходимо в силу того, что на вход аналоговой подрешетки АФАР может приходиться сигнал, который отличается по амплитуде от сигнала, сформированного измерительным генератором.

Этапы технологии наземных испытаний цифровой АФАР космического базирования				
1	2	3	4	5
Измерения параметров <b>аналоговой</b> части подрешетки АФАР в промежуточной зоне	Измерения параметров <b>цифровой</b> подрешетки АФАР в промежуточной зоне	Измерения параметров цифровой подрешетки АФАР в <i>ближней</i> зоне	Измерения параметров цифровой АФАР в составе бортовой аппаратуры в ближней зоне	Контроль работоспособности АФАР в составе космического аппарата
<b>Задачи:</b> - Измерение ДН и её параметров (ширина основного лепестка, УБЛ) при синфазном возбуждении в широком диапазоне углов; - Измерение ДН и её параметров при сканировании в широком диапазоне углов; - Измерение ЭИИМ.	<b>Задачи:</b> - Измерение параметров зондирующего сигнала с ЛЧМ модуляцией с полосой 600 МГц; - Измерения ДН и её параметров для синфазного возбуждения и при сканировании; - Измерения ЭИИМ.	<b>Задачи:</b> - Измерения ДН и её параметров для синфазного возбуждения и при сканировании в диапазоне температур в узком диапазоне углов; - Измерение уровня кросс поляризации; - Определение амплитудно-фазового распределения токов по апертуре антенны в диапазоне температур; - Контроль исправности всех элементов подрешетки.	<b>Задачи:</b> - Фазировка цифровых подрешеток АФАР в составе изделия - Измерения ДН и её параметров для синфазного возбуждения и при сканировании в диапазоне температур в узком диапазоне углов; - Определение амплитудно-фазового распределения токов по апертуре антенны в диапазоне температур; - Контроль исправности цифровых подрешеток АФАР.	<b>Задачи:</b> - Измерение уровня излучаемой мощности во всех приеме-передающих каналах АФАР при помощи специализированной антенной насадки.

**Рис. 2. Этапы отработки цифровой АФАР космического РСА**

Следующий этап отработки связан с измерениями характеристик цифровой подрешетки АФАР в диапазоне температур методом ближней зоны по модифицированной методике [1]. Основная цель данного этапа отработки – измерение ДН цифровой подрешетки АФАР для всех рабочих температурных диапазонов. Кроме того, на этом этапе решаются задачи по измерению уровня кросс-поляризации, восстановлению амплитудно-фазового распределения (АФР) токов на поверхности апертуры и поиска неисправных или неверно настроенных приеме-передающих модулей подрешетки методом реконструктивной диагностики [2,3].

Когда цифровая подрешетка АФАР и другие компоненты бортовой аппаратуры проходят все необходимые испытания и проверки, начинается сборка комплекса. После сборки необходимо выполнить фазировку цифровых подрешеток АФАР, а затем измерить ДН АФАР для всех рабочих диапазонов температур. Для этого бортовая аппаратура вместе с АФАР помещается под устройство позиционирования в климатическую камеру с радиопрозрачным окном, позволяющим определять ДН по полю излучения АФАР. Измерения характеристик АФАР проводятся аналогично измерениям цифровой подрешетки.

После установки бортовой аппаратуры на космический аппарат проводится последний этап наземной отработки цифровой АФАР космического РСА. На данном этапе проверяется работоспособность всех приеме-передающих модулей цифровой АФАР при помощи специальной антенной насадки, позволяющей обмениваться (принимать/излучать) тестовыми сигналами с АФАР.

### **Заключение**

Показанная в работе технология наземной обработки цифровой АФАР космического РСА позволяет создавать космические комплексы дистанционного зондирования Земли нового поколения, проводить контроль целевых электрофизических параметров цифровой АФАР на всех этапах изготовления космического РСА и обеспечивать оперативный поиск неисправностей АФАР.

### **Литература**

1. Коваленко А. И., Милосердов М. С. Методы измерения и контроля характеристик направленности АФАР космического РСА при наземной обработке. // V Всероссийские Армандовские чтения. Муром, 2015.
2. Воронин Е.Н., Нечаев Е.Е., Шашенков В.Ф. Реконструктивные антенные измерения. // — М. : Наука, Физматлит. 1995. С. 352.
3. Кузнецов Г.Ю., Темченко В.С. Комбинированный метод диагностики антенных решеток на основе ограниченного набора измерений полевых характеристик в ближней зоне // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2015. №8. С.48 – 53.