

Разработка, исследование и испытание бортовой аппаратуры РЛС с синтезированной апертурой для дистанционного зондирования Земли L- и X- диапазонов.

М.Е. Ровкин

**Томский государственный Университет
Систем Управления и Радиоэлектроники**



Расширение диапазона частот для авиационных РСА ДЗЗ до 1200 МГц в 3-м диапазоне (2015 год, декабрь).

Мощный импульс для модернизации существующих РСА ДЗЗ.

Совместный проект ТУСУР, АО «НПФ «Микран» (оба г. Томск) и НИИ Точных Приборов (г. Москва)

Дальнейшее развитие концепции РСА Компакт (создана НИИ ТП при участии «Микран» в части узлов СВЧ трактов)

Создание двухдиапазонной (X- и L- диапазонов) РСА повышенного пространственного разрешения для ДЗЗ на платформах легкомоторной авиации и средних БПЛА



Показатели назначения РСА ДЗЗ:

Пространственное разрешение

-X диапазон не хуже 0,3 м

-L диапазон не хуже 0,5 м

- Глубина РЛ съёмки по дальности до 10 км

-Диапазон высот ЛА 0.5 – 6 км

-Диапазон скоростей ЛА 50 – 400 км/ч

.



Требования к модернизации аппаратуры, достижение которых необходимо для повышения вдвое пространственного разрешения :

Расширение спектров зондирующих сигналов:

1000 МГц в X-диапазоне

400 МГц в L-диапазоне

Двукратное расширение ширины главного лепестка

ДН антенн по азимуту

Четырехкратное увеличение мощности излучения (с 60 до 250 Вт)



Цель проекта – последовательное разработка

- изготовление двух макетных образцов (2 итерации)

- проведение с ними двух лётных испытаний

Конструкторско-технологическая задача:

масса двух ППУ не должна превышать 24 кг суммарно

Сроки выполнения проекта сентябрь 2017 г. – декабрь 2019 г



Кооперация в рамках проекта

СВЧ узлы и антенны : ТУСУР совместно с Микран

Цифровые узлы: ТУСУР совместно с НИИ ТП и контрагентами (Инструментальные системы, РТСофт и КБ Циркон – все г.Москва)

Алгоритмическое и программное обеспечение: НИИ ТП

Проведение лётных испытаний: ТУСУР и НИИ ТП совместно с АК «Мир»

Характеристики антенны РСА ДЗЗ L- диапазона (антенна H) (в скобках для антенны V)

**Габариты не более 0,4×0,27×0,07 м,
масса образца 3 кг.**

Диапазон частот 9,3 -10,3 ГГц

КСВН не более 1,57 (1,61)

Поляризация горизонтальная (вертикальная)

Ширина ДН E-плоскость 34,9 – 49.6, (24 - 32.7) град.

H- плоскость 25,8 – 33,2 (37,2 - 34,8) град.

УБЛ ДН E-плоскость не более минус 11 (минус 11,7) дБ

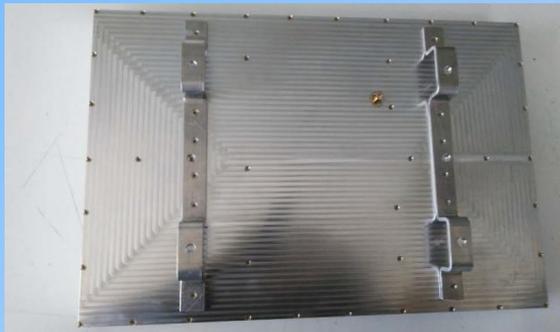
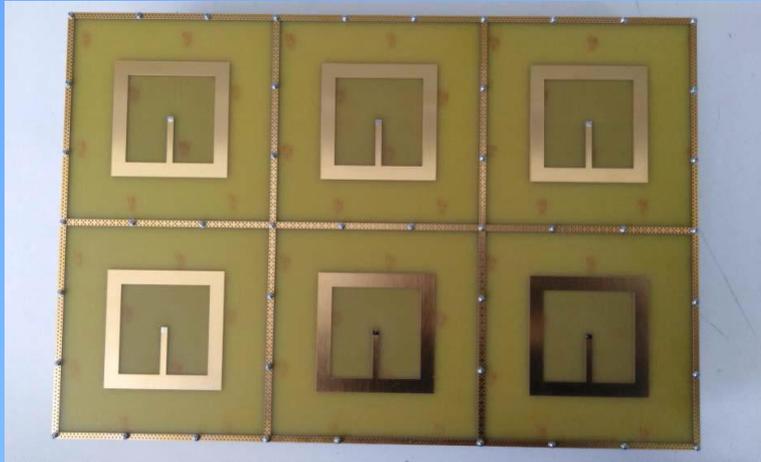
H- плоскость не более минус 11,9 (минус 18) дБ

Коэффициент усиления не менее 11.4 (11,9) дБ

Уровень кроссполяризации не хуже минус 18,2 дБ

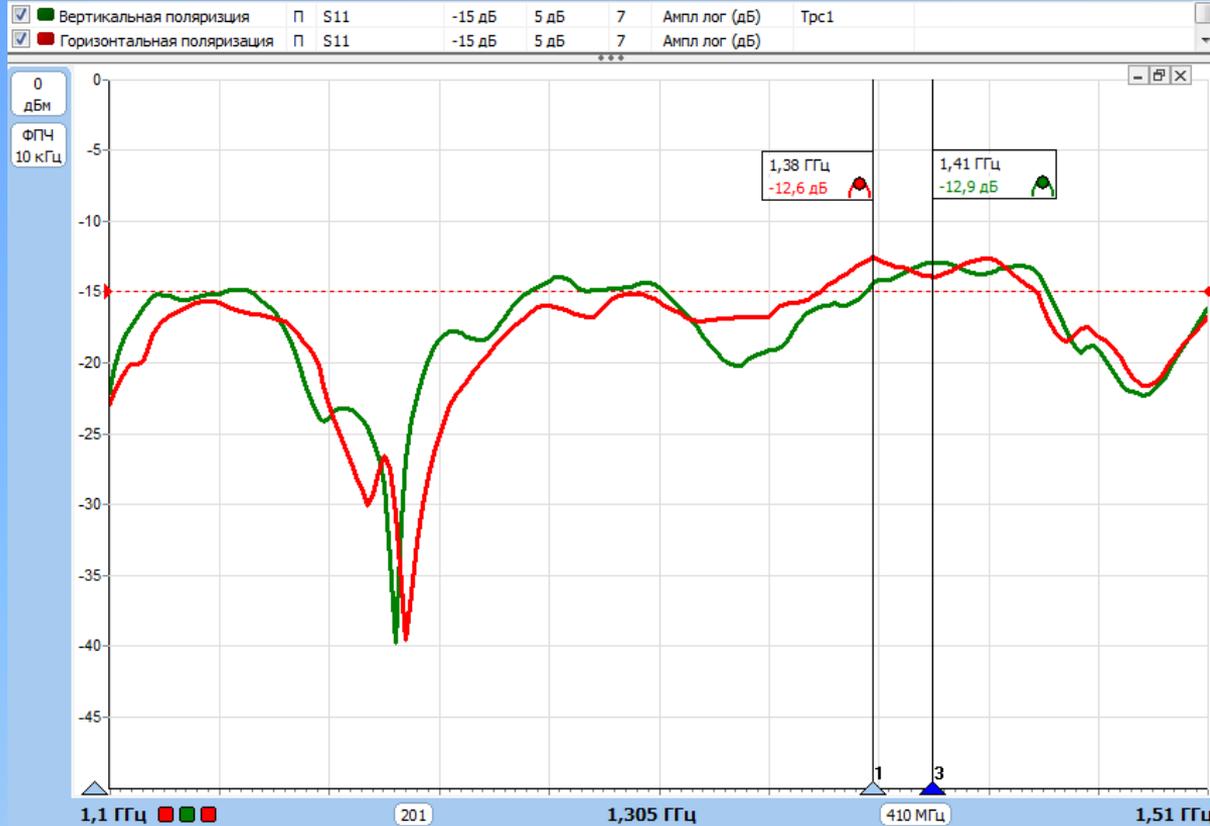


Антенны РСА ДЗЗ L- диапазона (V- и H- поляризацій) (разраб. М.В. Плотников)



Антенны РСА ДЗЗ L- диапазона (V- и H- поляризацій)

Антенны L-диапазона: результаты измерений



ЧХ возвратных потерь

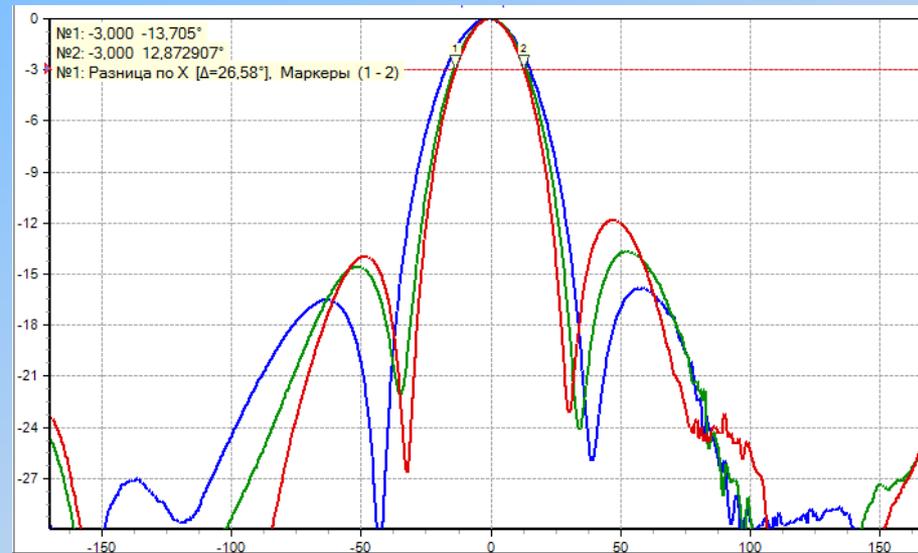
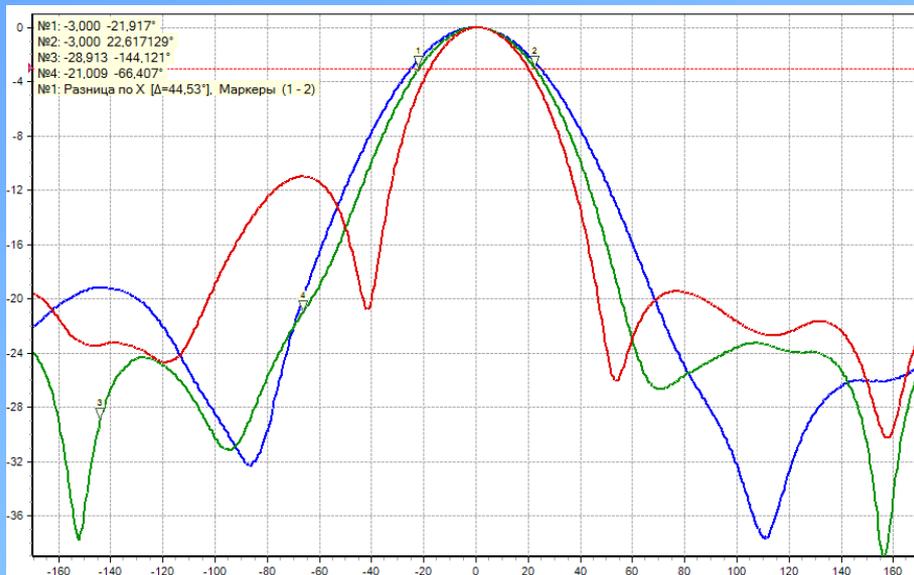


Измерения характеристик антенн в БЭК АО «НПФ «Микран»



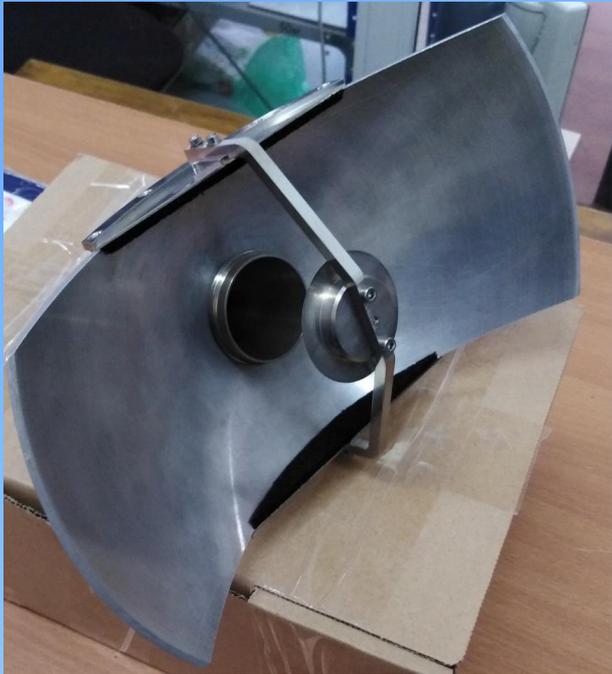
Измерительная антенна (слева), рабочее место оператора (справа)

Антенны L-диапазона: результаты измерений в БЭК



**Измеренные ДН антенны вертикальной поляризации;
в E-плоскости (слева) и в H-плоскости (справа)**

Антенна РСА ДЗЗ X- диапазона макета №1 (разработ .М.В. Плотников)



Вид спереди

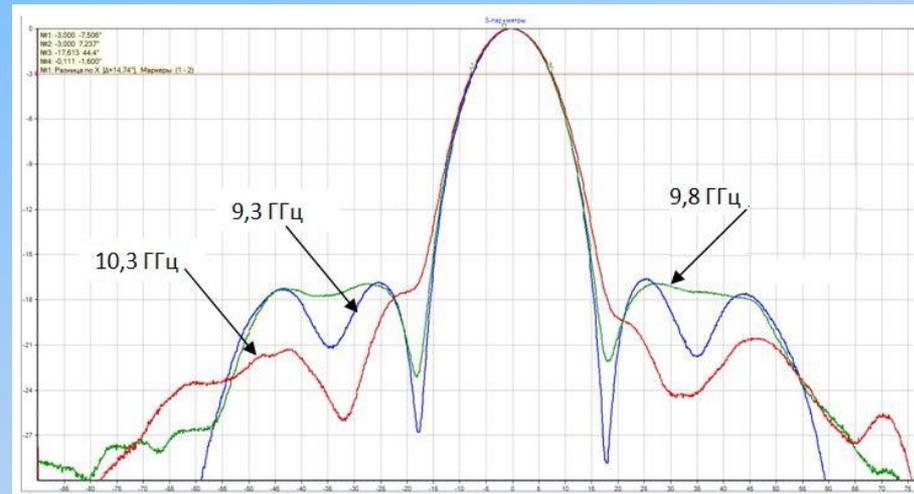
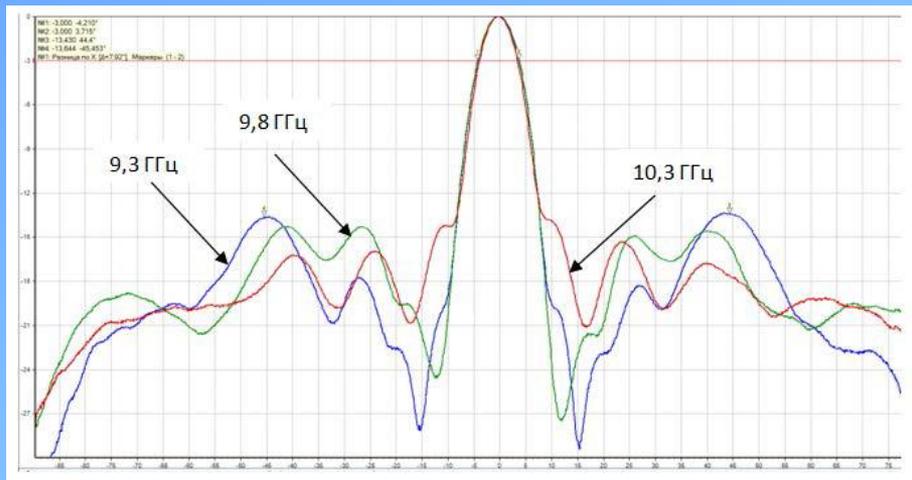


*Вид сзади
(без КВП)*

*Габариты не более 0,3×0,2×0,15 м,
масса образца 650 г.*

*Диапазон частот 9,3 -10,3 ГГц
КСВН не более 1,35*

Антенна X- диапазона №1: результаты измерений в БЭК



**Измеренные ДН антенны №1 X- диапазона
в H-плоскости (слева) и в H-плоскости (справа)**



Характеристики антенны РСА ДЗЗ X- диапазона макета №1

***Габариты не более 0,3×0,2×0,15 м,
масса образца 650 г.***

***Диапазон частот 9,3 -10,3 ГГц
КСВН не более 1,35***

Поляризация горизонтальная

***Ширина ДН E-плоскость 7,3 – 8 град.,
H- плоскость 14,4 – 15,3 град.***

***УБЛ ДН E-плоскость не более минус 15,8 дБ
H- плоскость не более минус 13,4 дБ***

Коэффициент усиления не менее 20 дБ

Уровень кроссполяризации не хуже минус 22,8 дБ



Приёмопередатчик СВЧ X-диапазона (3U, 14 кг)



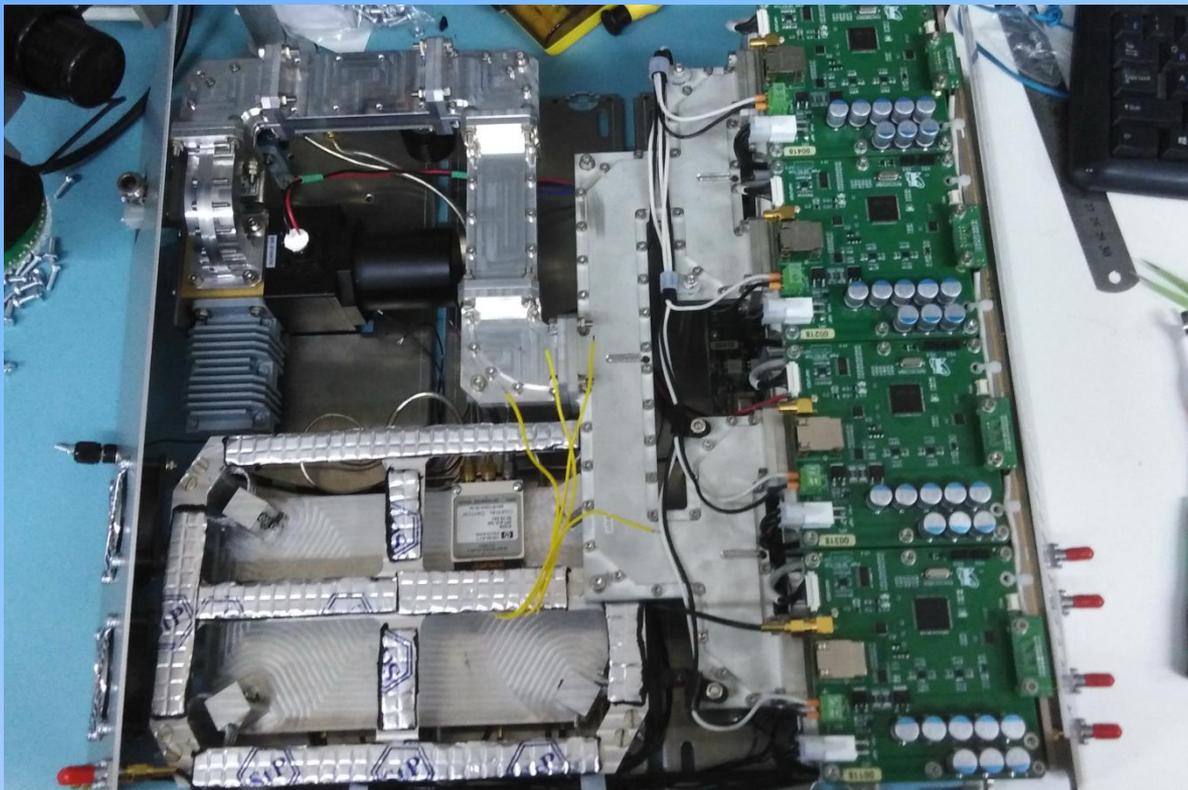
Компоновка - Д.Н.Мысик,

УМ – А.В. Шабаш

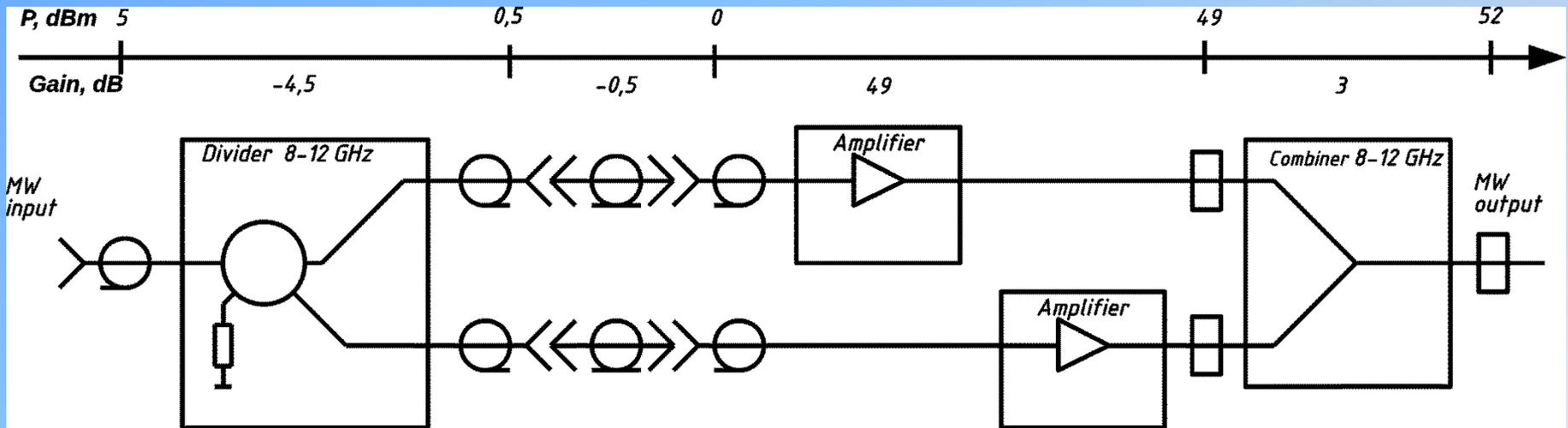
ППУ конвертор – А.Н. Гусев



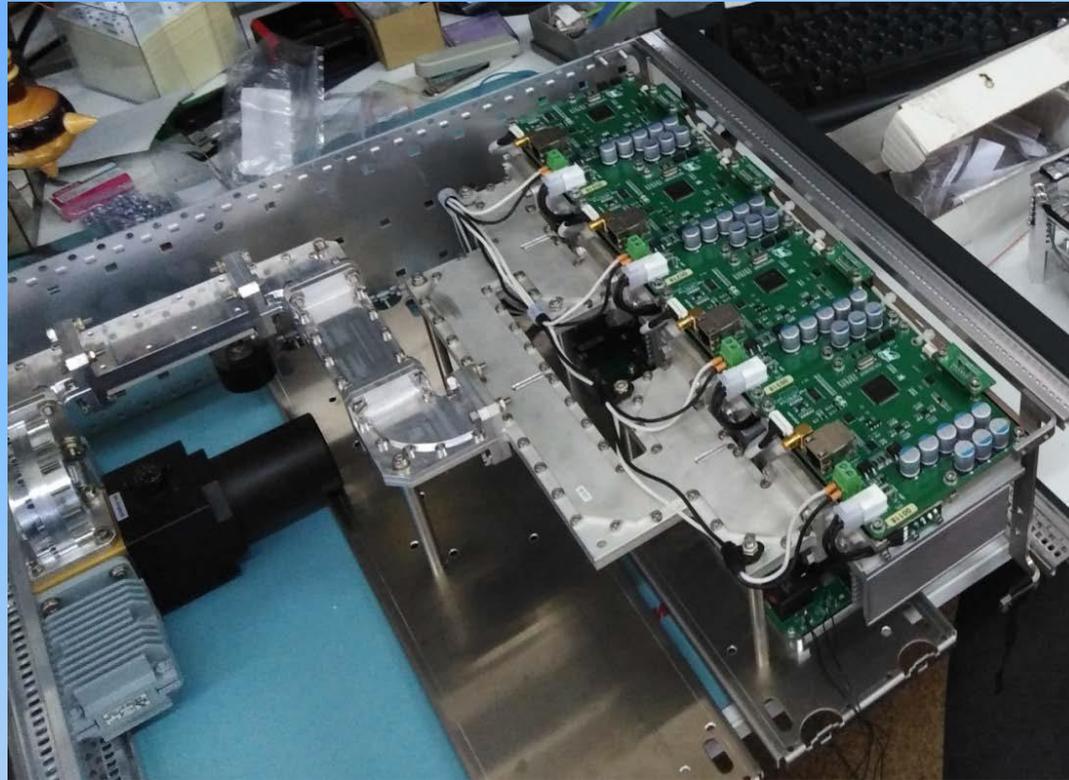
Приёмопередатчик СВЧ X-диапазона : компоновка



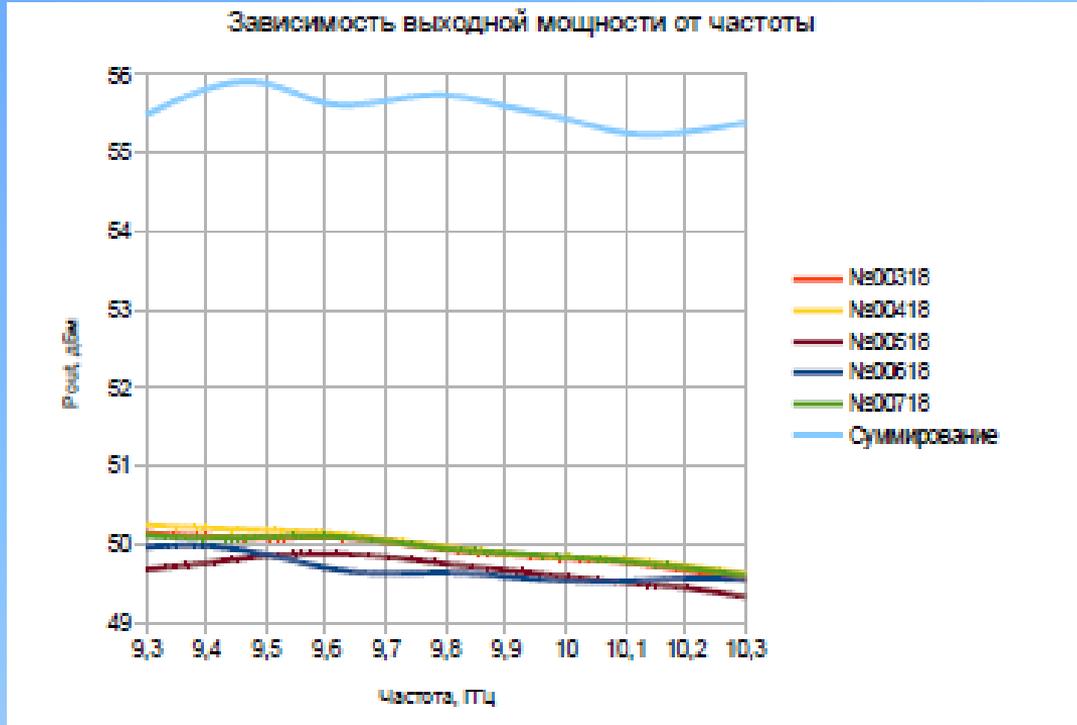
Блочно-модульный Усилитель мощности X-диапазона) Суммирование мощности четырёх 85-Wm модулей



Мощный усилитель X-диапазона внешний вид (4 модуля)



Блочно- модульный Усилитель мощности X-диапазона



GaN

**Диапазон частот 9,3 -10,3
ГГц**

КСВН не более 1,35

**Выходная мощность не
хуже 300 Вт**

При скважности 10

**И длительности
радиоимпульса до 100 мкс**

Приёмопередатчик СВЧ L-диапазона (2U, 10 кг)



Компоновка - Д.Н.Мысик,

УМ – А.Н. Тищенко

ППУ конвертор – А.Н. Гусев





Усилитель мощности L-диапазона (А.Н. Тищенко, М.В. Дугин)



GaN

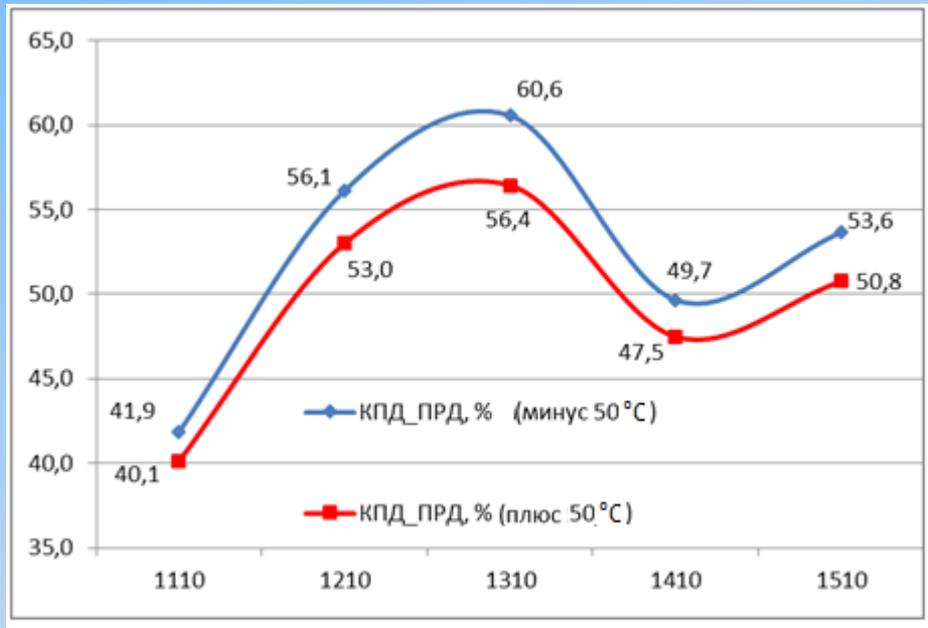
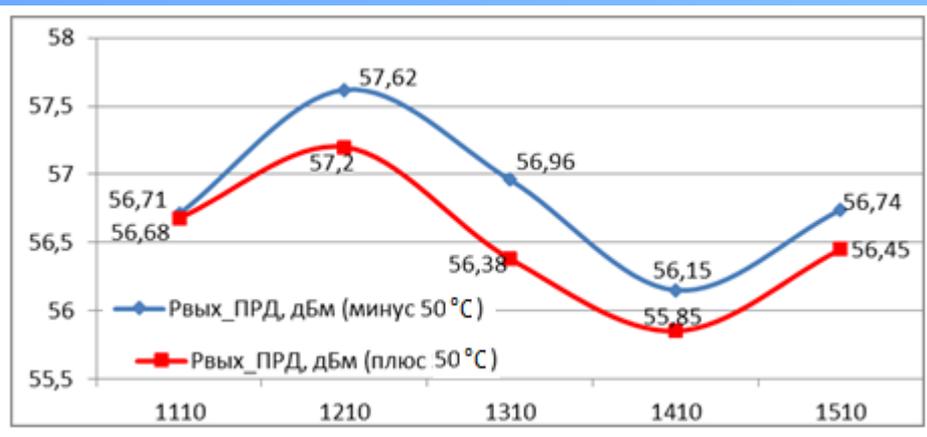
Диапазон частот 1,11 -1,51 ГГц

Выходная мощность не хуже 270 Вт

При скважности 20

И длительности радиоимпульса до 60 мкс

Характеристики усилителя мощности L-диапазона (А.Н. Тищенко, М.В. Дугин)



Измеренные ЧХ выходной мощности (слева) и КПД (справа) УМ L-диапазона в термоцикле



Характеристики приёмных конверторов

- Коэффициент усиления 66...32 дБ (в приёмный тракт встроены аттенюаторы с цифровым управлением 0...31 дБ шаг 0,5 дБ).***
- коэффициент шума (с учётом защитного устройства) 5 дБ***
- измеренный уровень мощности, которое выдерживает защитное устройство не хуже 35 Вт при $Q=20$ и длительности импульса 60 мкс***

Узлы цифровой обработки: Модули расширения бортовой ЭВМ

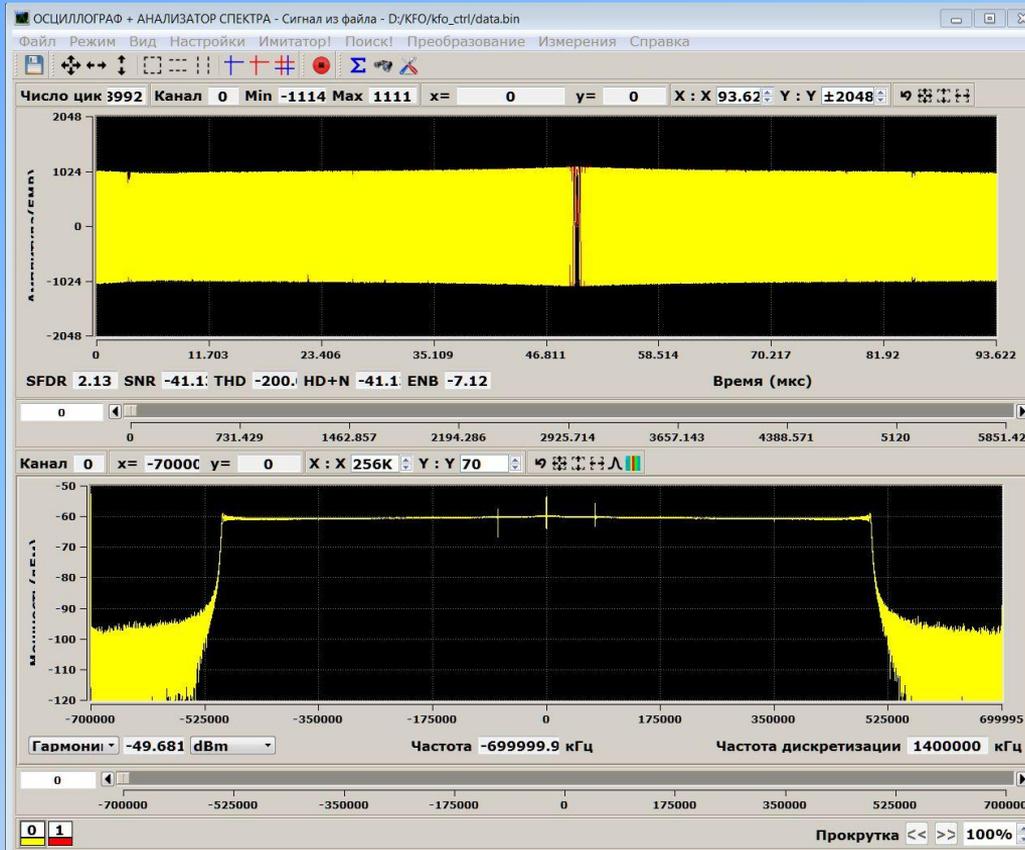


**Модуль ЦОС (АО Инструментальные системы) с мезонинными
двухканальными модулями АЦП и ЦАП)**

Узлы цифровой обработки: Тыльный Модуль



Пример цифрового приёма сформированного сигнала излучения



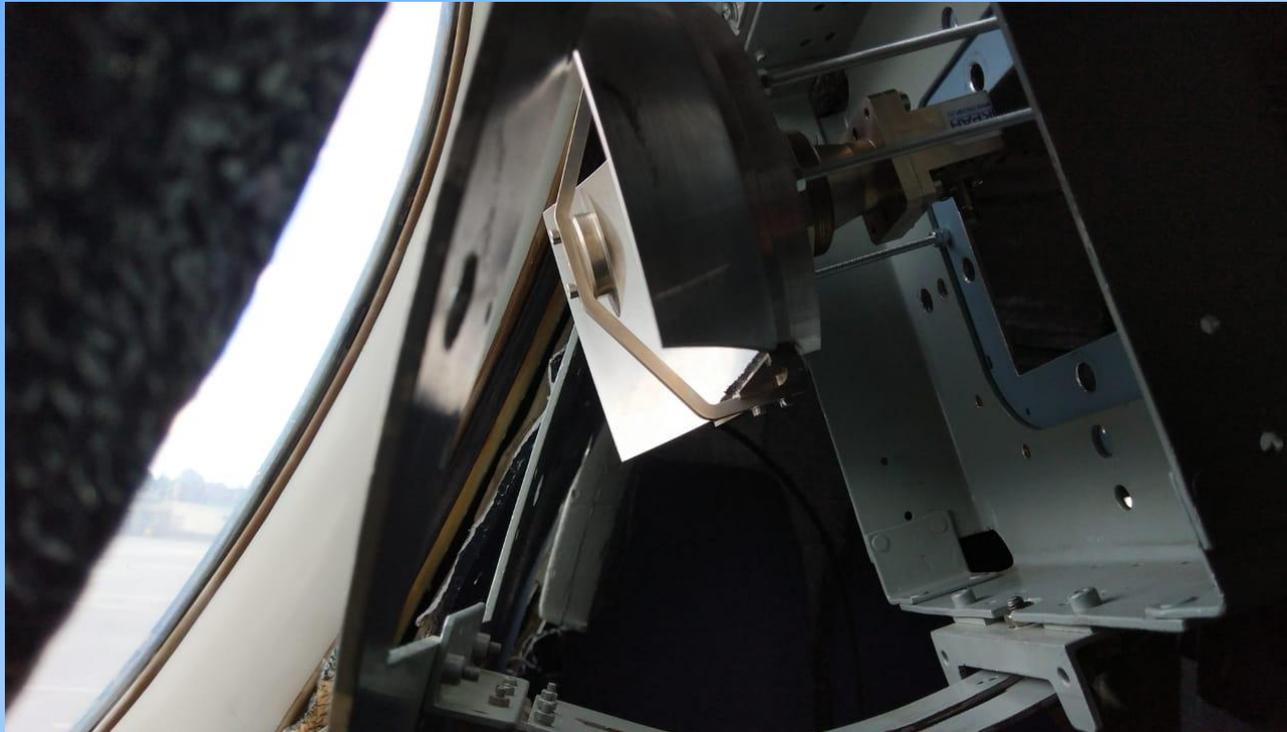
Сигнал ЛЧМ
длительностью
100,00 мкс и
девиацией 500 МГц

Внешний вид бортовой аппаратуры в салоне самолёта-лаборатории ИЛ-18Д





Антенна X- диапазона #1 у иллюминатора самолёта-лаборатории ИЛ-18Д





Самолёт-лаборатория ИЛ-18Д б/н75713 , г Ухта, утро 28 июня 2019 г





Разработка, исследование и испытание бортовой аппаратуры РЛС с синтезированной апертурой для дистанционного зондирования Земли L- и X- диапазонов.

М.Е. Ровкин

Аппаратура в салоне самолёта-лаборатории ИЛ-18Д



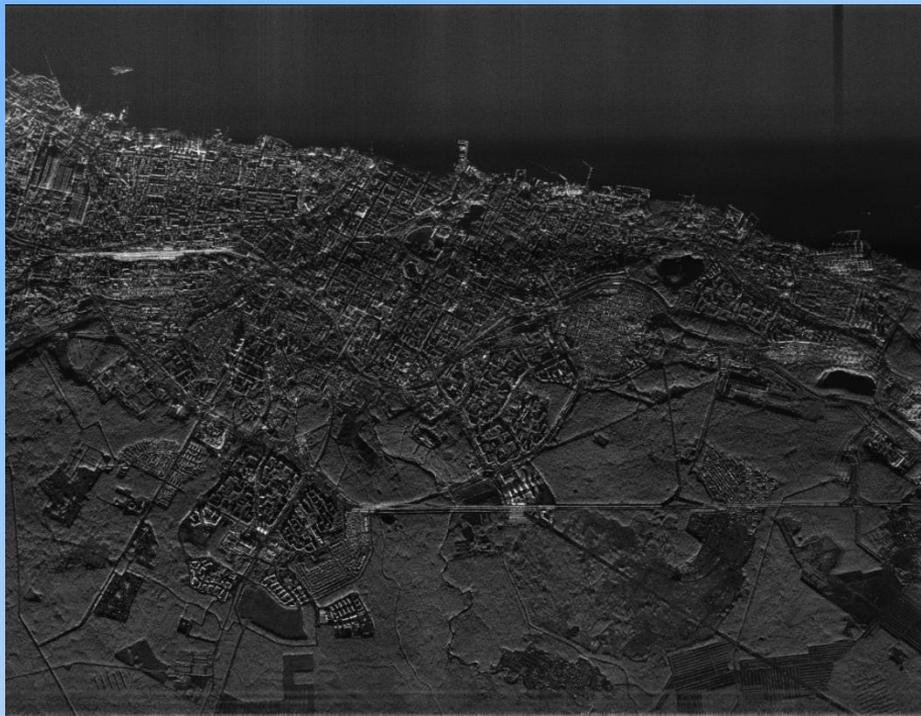


***Участники лётных испытаний №1 у самолёта-лаборатории ИЛ-18Д
Зав лаб. Ермаков Р.В (НИИТП), Самулеев М.С. и Ровкин М.Е. (НИИ СЭС ТУСУР)***



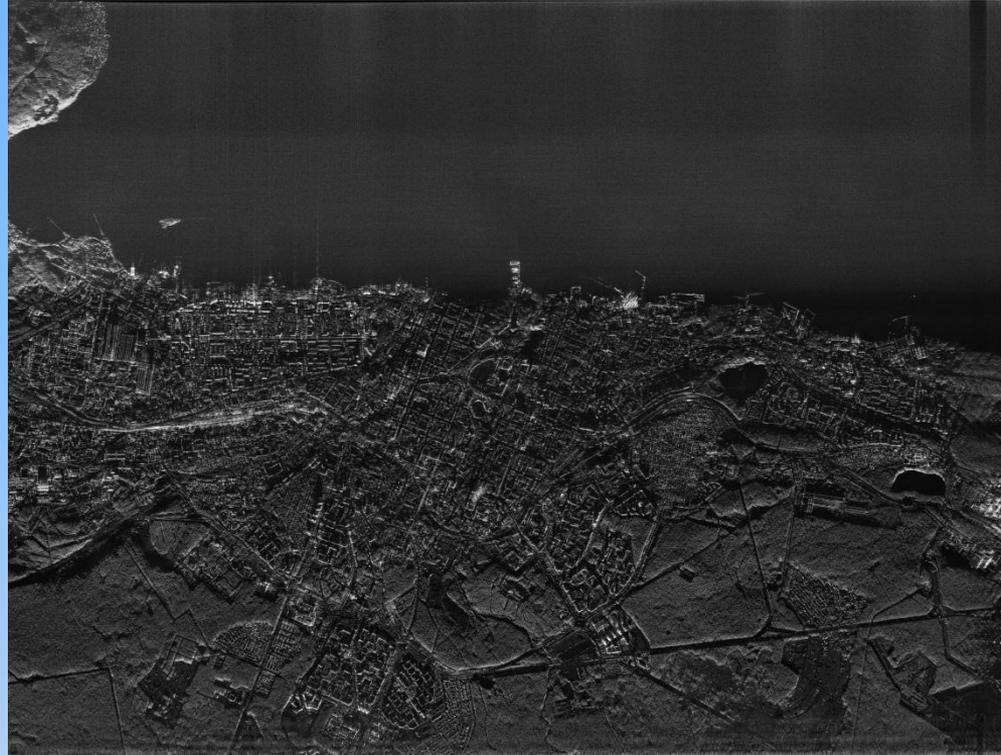


Пример сфокусированного РЛ изображения , полученного в X- диапазоне в ходе полёта №3 летных испытаний в июне-июле 2019 г. (г Петрозаводск)





Пример сфокусированного РЛ изображения , полученного в L- диапазоне в ходе полёта №3 летных испытаний в июне-июле 2019 г. (г Петрозаводск)



Выводы:

- Выбранная концепция построения системы и ее модернизации была реализована в макетном образце (макет №1 РСА ДЗЗ), пригодном для проведения лётных испытаний
- Макет №1 РСА ДЗЗ был опробован в диапазоне внешних условий, занимающем часть режимов, заданных ТЗ
- Получены РЛ изображения высокого разрешения достаточно высокого качества в обоих диапазонах, пригодные для совмещения.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и
высшего образования РФ по соглашению 14.577.21.0279 от
26.09.2017, код RFMEFI57717X0279*

Проект выполняется



СОВМЕСТНО С



МИКРАН

(индустриальный партнёр) и



Спасибо за внимание !