



МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА РАДИОМЕТРОВ СПЛОШНОГО СПЕКТРА ДЛЯ РАТАН-600 НА ОСНОВЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ВХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ПРОЕКТ «ОКТАВА»

А.Б.Берлин	С.-Пб филиал САО РАН
Ю.Н.Парийский	САО РАН
М.Г.Мингалиев	САО РАН
Н.А.Нижельский	САО РАН
П.Г.Цыбулев	САО РАН
Г.М.Тимофеева	С.-Пб филиал САО РАН
Д.В.Кратов	САО РАН

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"O c t a v e" p r o j e c t

**FIG. 01 Облучатель № 1 РАТАН-600****FIG. 02 Заполнение фокальной линии облучателя № 1**

Дальнейшее развитие комплекса невозможно без решения следующих проблем:

- помехозащищенность в условиях быстрой урбанизации
- минимизация объема сервисных операций и эксплуатационных затрат
- физическая перегрузка фокальной линии, нет места для новых частот приема
- нужно работать в двух линейных , либо в двух круговых поляризациях

Решение перечисленных проблем возможно при разработке сверхширокополосных, общих для ряда радиометров входных блоков.

Последнее возможно при использовании нового мультиоктавного первичного облучателя со слабой частотной зависимостью положения фазового центра.

СОСТАВ КОМПЛЕКСА

Выделим две группы радиометров:

- Дециметрового диапазона – на волны 49, 31 и 13 см (частоты 0,61, 0,96 и 2,3 ГГц) с полосами частот от 10 до 20 %. Термостатированы на уровне 35°C.
- Сантиметрового диапазона – на волны 6,25; 3,9 и 2,7 см (частоты 4,8; 7,7 и 11,2 ГГц) с полосами от 13 до 17 %. Все – с глубоким (криогенным) охлаждением до 15 К.

Особняком стоят и далее не рассматриваются:

- Матричная радиометрическая система МАРС на волну 1 см
- «Противоатмосферный» криорадиометр на волну 1,4 см (21,7 ГГц).

ДАЛЬНЕЙШЕЕ ОБСУЖДЕНИЕ ПРОВЕДЕМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КОМПЛЕКСУ РАДИОМЕТРОВ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА.



FIG. 03 Трехчастотный совмещенный первичный облучатель В.Н. Дикого

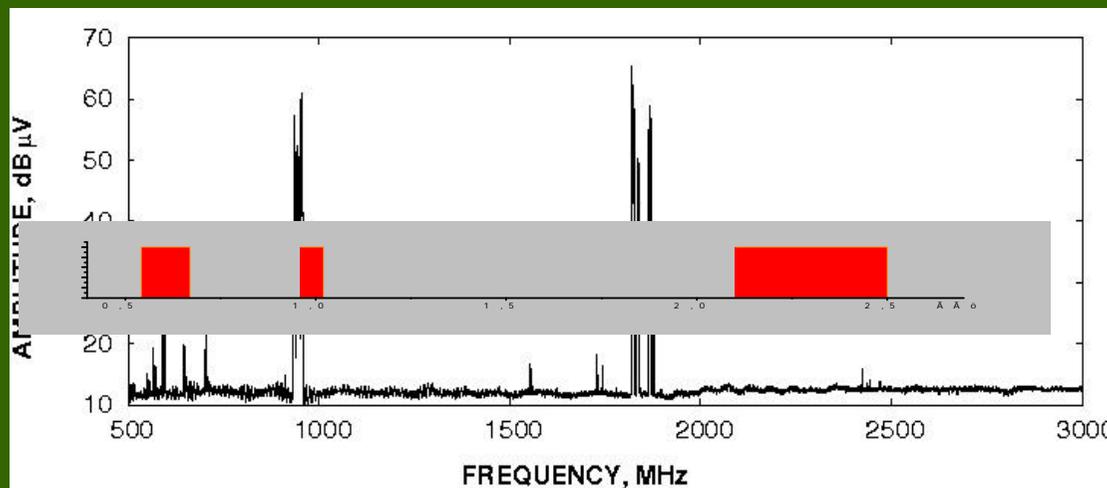


FIG. 04 Результаты мониторинга помеховой обстановки в диапазоне 0,5 ÷ 3,0 ГГц .

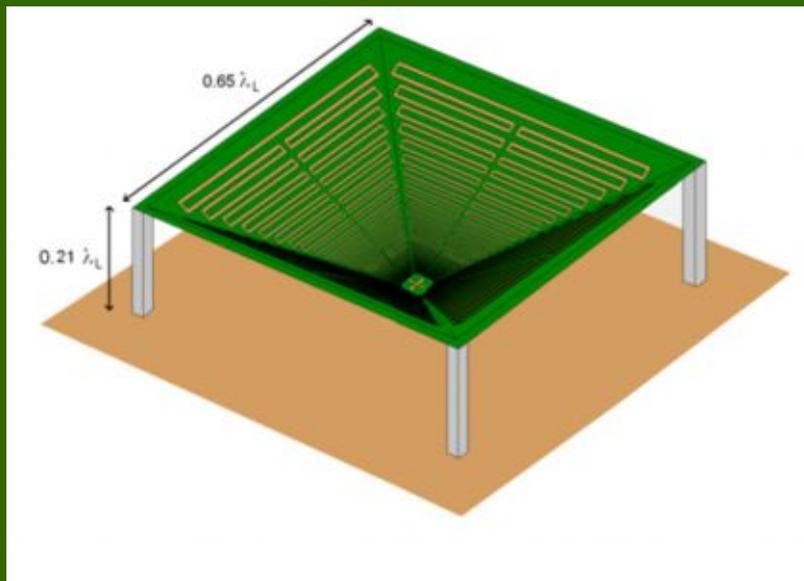
Использовался Compact Receiver ESMC (Rohde & Schwarz) с добавочным входным МШУ WBA0235A (WanTcom, Inc) .

Цветом показаны полосы приема.

- Проблема – выживание в условиях нарастающего воздействия помех.
- Взаимозависимость размеров концентрических резонаторов совмещенного облучателя не позволяет перестроить любой радиометр на свободную от помех частоту.

Пробный мониторинг диапазона $0,5 \div 3,0$ ГГц показал, что при наличии сверхширокополосного входного блока (облучатель плюс УВЧ на НЕМТ МШУ) возможна эффективная отстройка от помех с применением высокоселективных фильтров после входного УВЧ.

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ (антенна "ELEVEN")



Антенна названа "ELEVEN"

потому, что:

- базовая геометрия – это два параллельных диполя, что напоминает цифру 11
- усиление антенны равно 11 dBi в полосе более декады (т.е., 11/1)
- Фазовый центр антенны расположен при вершине пирамиды и его положение слабо зависит от частоты.

FIG. 05 Антенна типа "Eleven".
Макет.

Технологический Университет
"Chalmers", Гетеборг, Швеция.

- R.Olsson, P.-S. Kildal, S.Weinreb. The Eleven Antenna: A Compact Low-Profile Decade Bandwidth Dual Polarized Feed fo Reflector Antennas. IEEE Trans. on AP, v.54, No.2, p.368-375, Febr. 2006

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"O c t a v e" p r o j e c t



FIG. 06 Mounting of 150 ÷ 2000 MHz Eleven feed for Green Bank Telescope in workshop at Chalmers. Developed for Caltech and MIT Lincoln lab.



FIG. 07 200 ÷ 800 MHz Eleven Feed for Giant Meter Radio Telescope.

Courtesy of Per-Simon Kildal



FIG. 08 Антенна (первичный облучатель) ELEVEN для РАТАН - 600

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"Octave" project

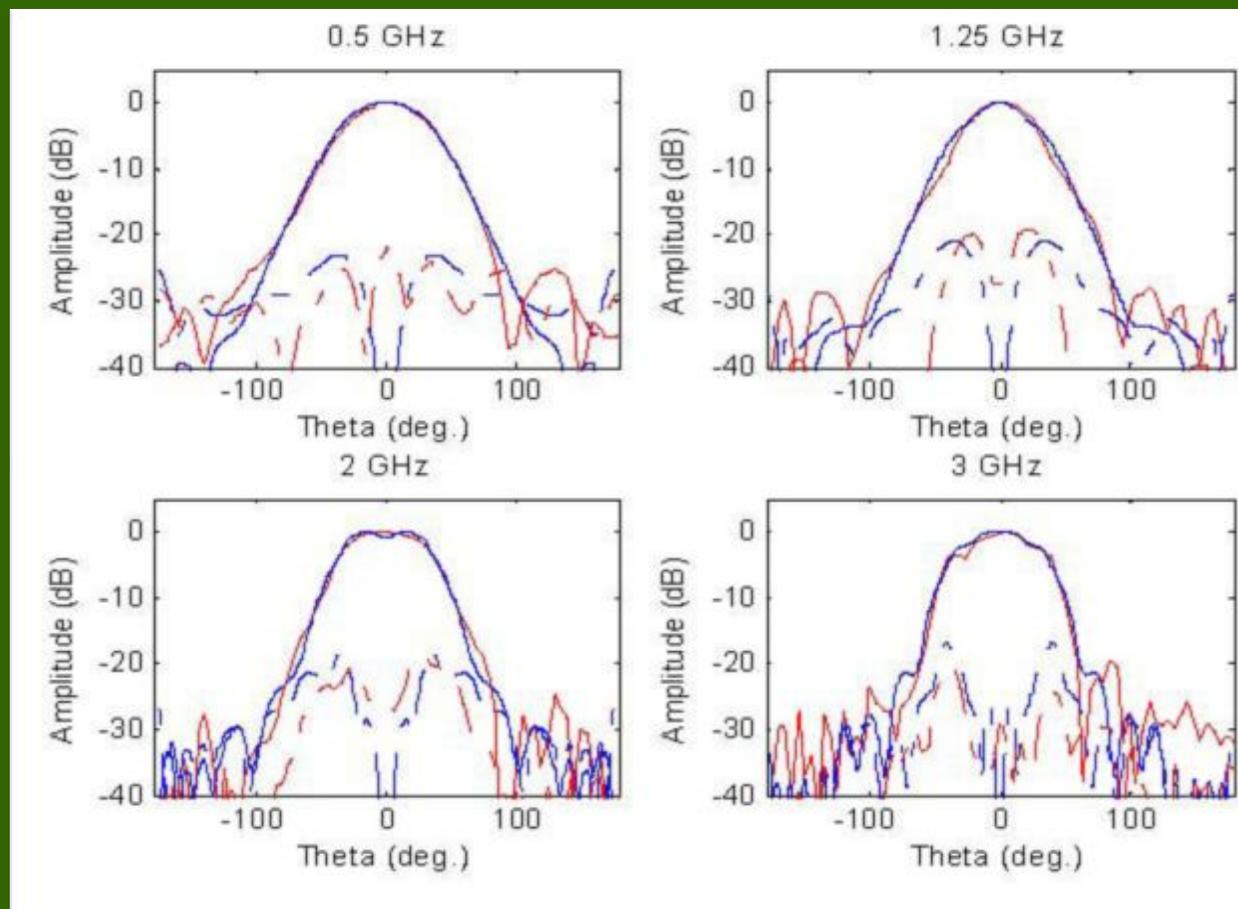


FIG. 9 Антенна ELEVEN для РАТАН – 600. Диаграммы

- Jian Yang and Per-Simon Kildal, "Improvement of Input Reflection Coefficient of Eleven Antenna – a Compact Wideband Feed for Reflector Antennas", submitted to ISAP 2007 international conference, Niigata, Japan, August 20-24, 2007.
- Jian Yang and Per-Simon Kildal, Memo 20070319. Eleven Feed for RATAN Radio Telescope. Chalmers University of Technology.

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"O c t a v e" p r o j e c t

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ АНТЕННЫЙ СУББЛОК НА ОСНОВЕ АНТЕННЫ "ELEVEN"

10

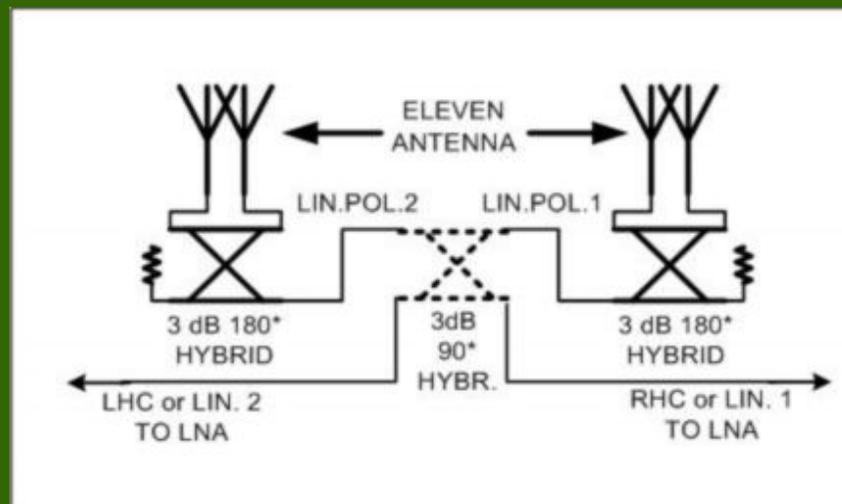
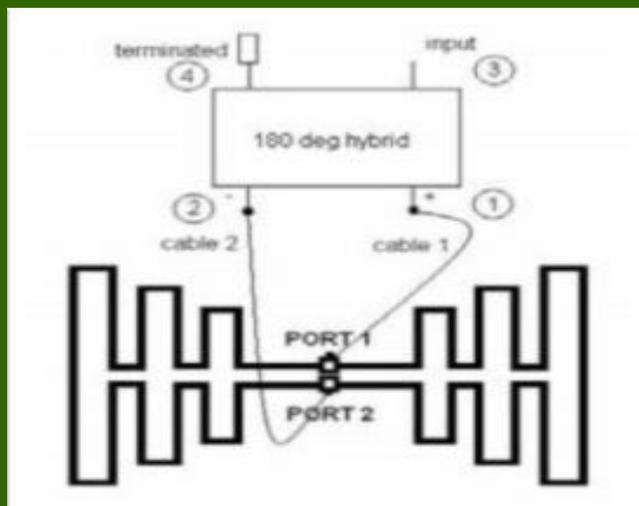


FIG. 10, 11 Подключение антенны

FIG. 12 Блок – схема входной части



Пунктиром показан сменный 3-децибельный 90-градусный мост (гибрид) для перехода с линейной на круговую поляризацию.

Точность фазировки моста $\pm 2,5$ град.

- Диапазон частот: $0,5 \div 3,0$ ГГц (λ от 10 до 60 см)
- Поляризационная развязка >20 dB
- Входной коэфф. отражения <-6 dB
- Диаграмма по уровню -10 dB около 110°
- Потери (с кабелем 1 фут) $< 0,5$ dB

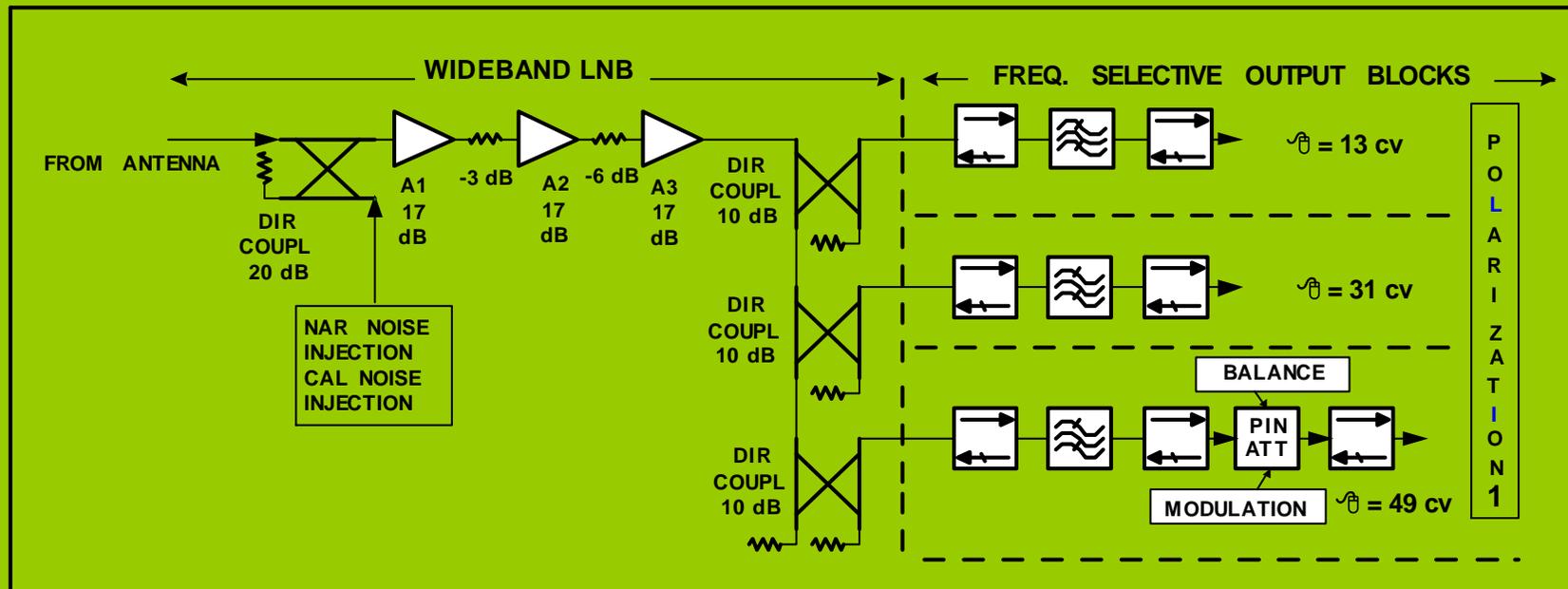


FIG. 13 Усилительная часть входного блока и его связь с частотно-селективными выходными блоками (показано для одной поляризации).

- У1/1 и У2/1 – усилители WBA0235A фирмы WanTcom, Inc. (параметры см. FIG.15-16)
- У3/1- усилитель CA04-2005 фирмы Ciao Wireless, Inc. $\Delta F = 0,5 - 4.0$ GHz, $G=17$ dB, $N=5$ dB max, $P-1dB=-20$ dBm, $VSWR$ In/Out = 2:1 max
- Все усилители – типа “Unconditionally Stable” (Безусловно стабильные), что гарантирует отсутствие паразитного возбуждения.

- Межкаскадные ослабители позволяют, в отсутствие ферритовых изоляторов, уменьшить неравномерность АЧХ (3-дБ аттенюатор уменьшает КСВН = 2,0 до 1,4)
- Широкополосные направленные ответвители между усилителями и выходными блоками позволяют снять проблему широкополосного согласования.
- Радиометрическая схема РДШ. Впрыск общего для всех частот модулированного опорного сигнала от ГШ идет через соответствующий направленный ответвитель на входе усилителя.
- Баланс достигается отдельной регулировкой коэффициента модуляции PIN-аттенюаторов на входе парциальных частотных каналов (показано на FIG. 13 для одного из них).
- Большой динамический диапазон трехкаскадного усилителя (до 20 dBm на выходе по уровню -1 dB) позволяет компенсировать потери в развязывающих элементах при сохранении устойчивости к помехе.

НОВЫЙ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ ВХОДНОЙ БЛОК РАДИОМЕТРОВ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА.

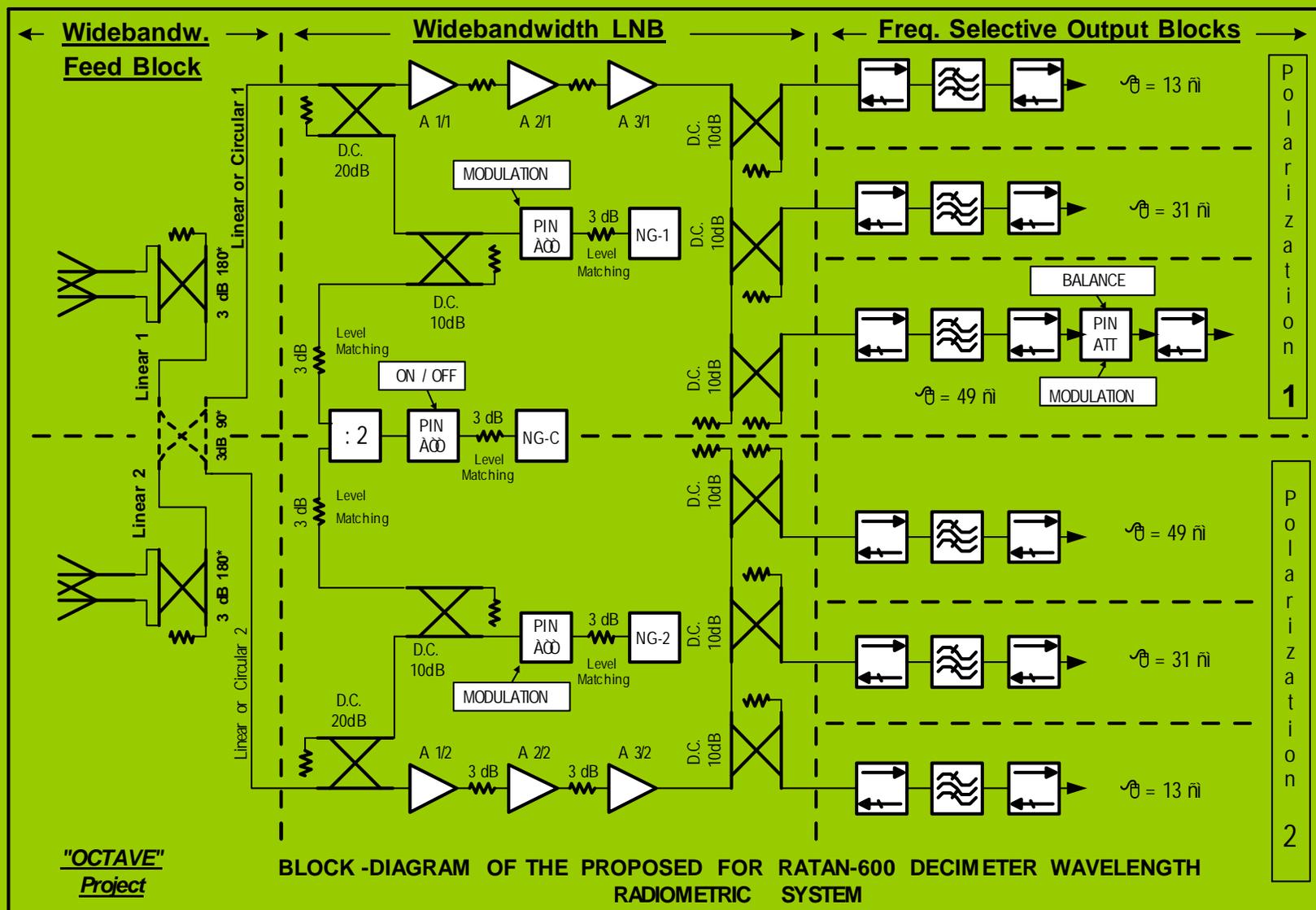


FIG. 14 Полная блок-схема входного блока (LNB)

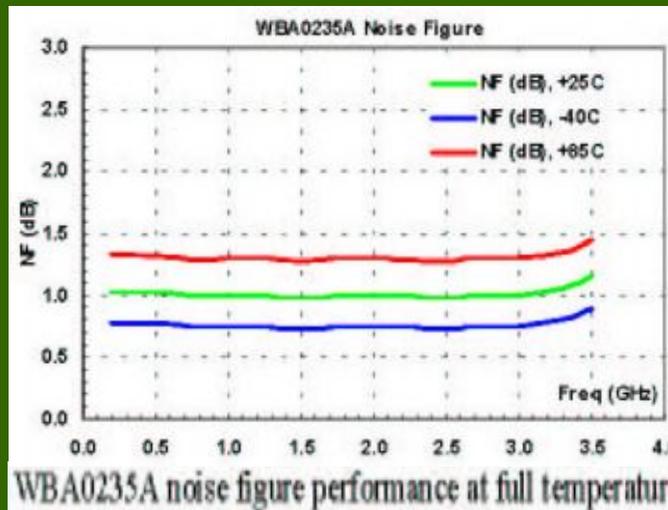
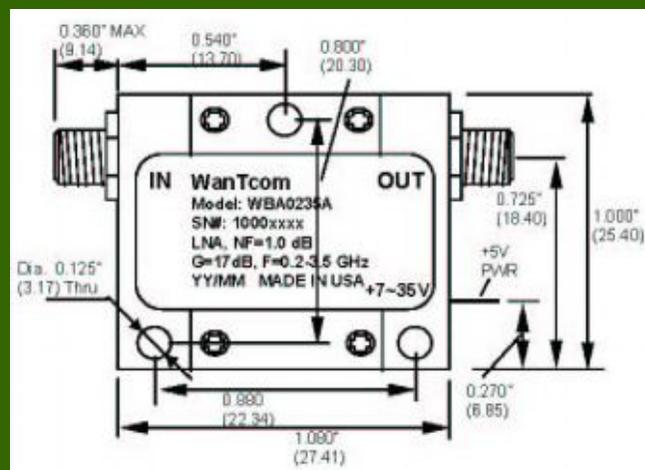
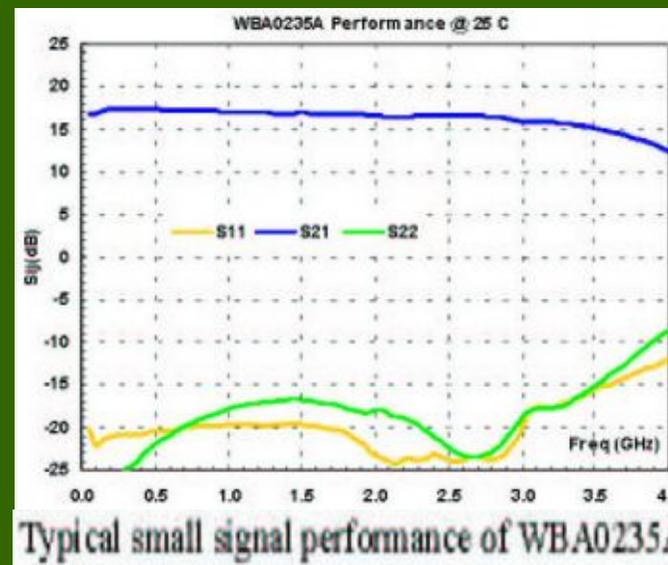
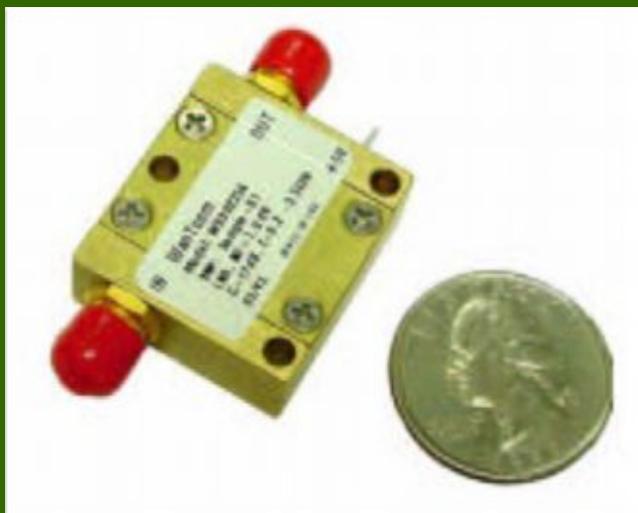


FIG. 15 МШУ: Фото и размеры

FIG. 16 МШУ: Усиление и шумы

ВХОДНОЙ БЛОК

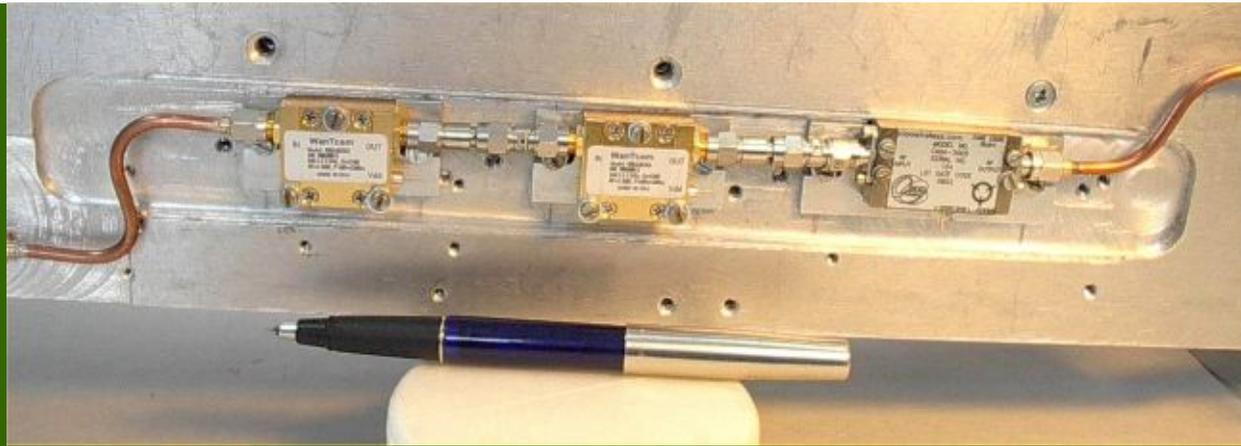


FIG 17. Усилители

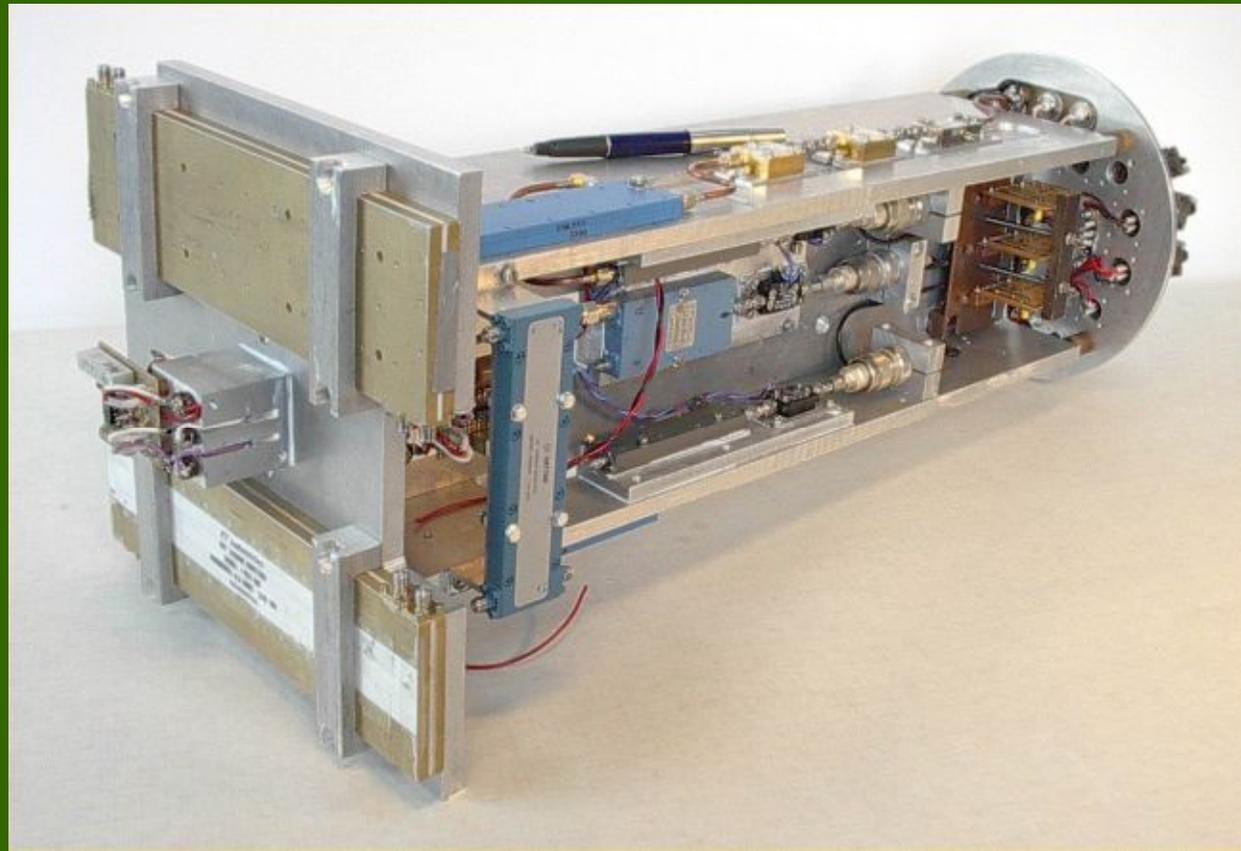


FIG 18. Конструкция

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"Octave" project

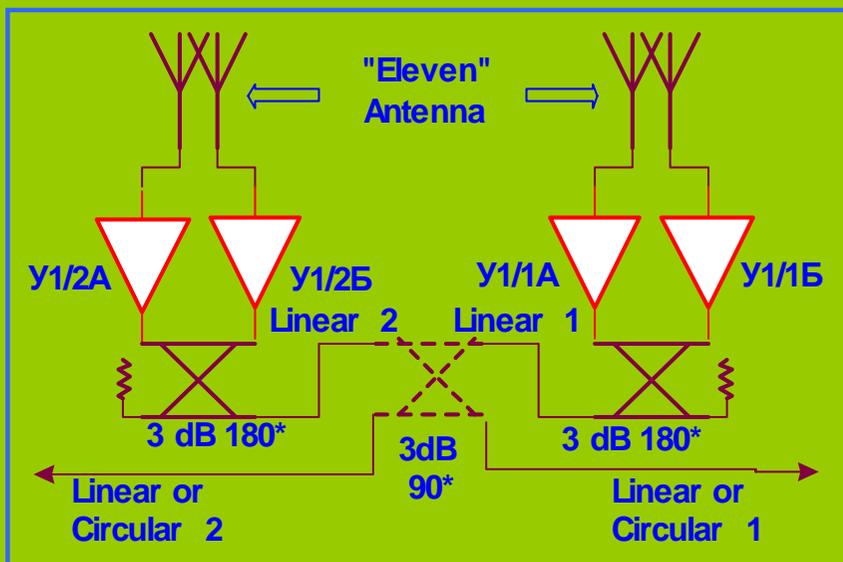


FIG. 19 Первый этап апгрейда

- Основная цель – практическая реализация низких шумов усилителей
- Установка усилителей в каждое плечо первичного облучателя резко понизит вклад шумов (потерь) гибридных мостов
- Усилители должны иметь амплитудный и фазовый разбаланс не более 1.6 дБ и 13°

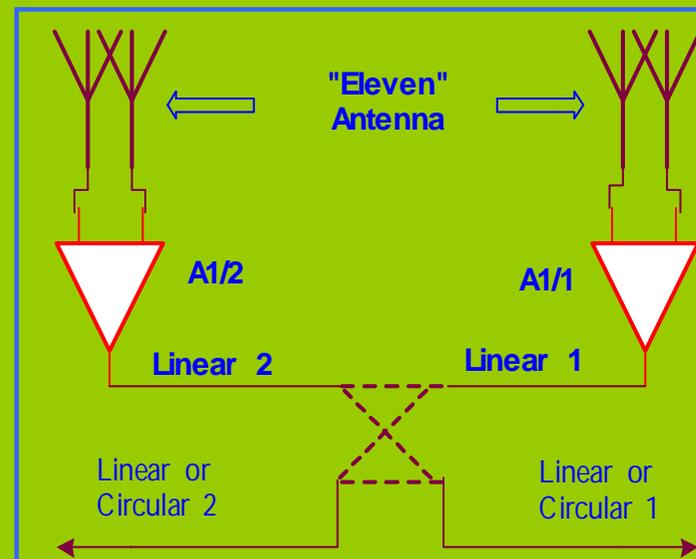


FIG. 20 Второй этап апгрейда

- Разработка специальных балансных МШУ позволит исключить 180° мосты
- Проблема ввода в систему сигналов впрыска и калибровки может быть решена подсветкой входа облучателя через широкополосный излучатель

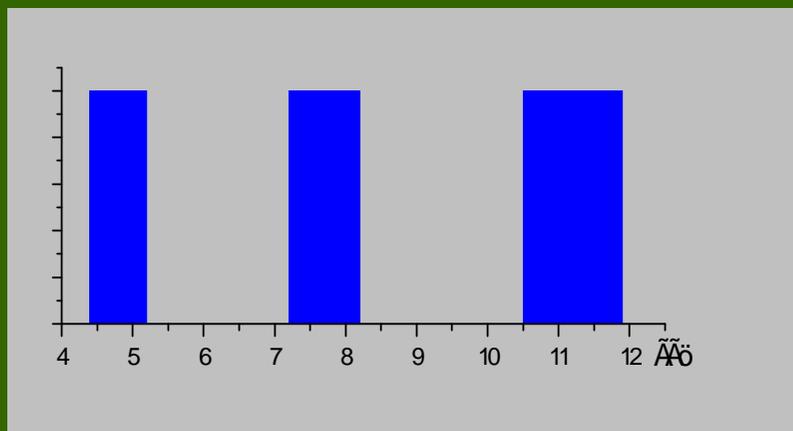


FIG. 21 Криогенные (сантиметровые) радиометры. Частоты и полосы

- Все сказанное выше применимо и к сантиметровым радиометрам.
- Кроме того, вместо трех криостатов и МКС возможно использовать только один криостат с одной МКС и тем резко снизить затраты на оборудование и сервис.
- И, наконец, появляется возможность реализовать давнюю мечту радиометристов на пути к Идеальному Радиометру: охладить всю входную часть, включая Первичный облучатель.

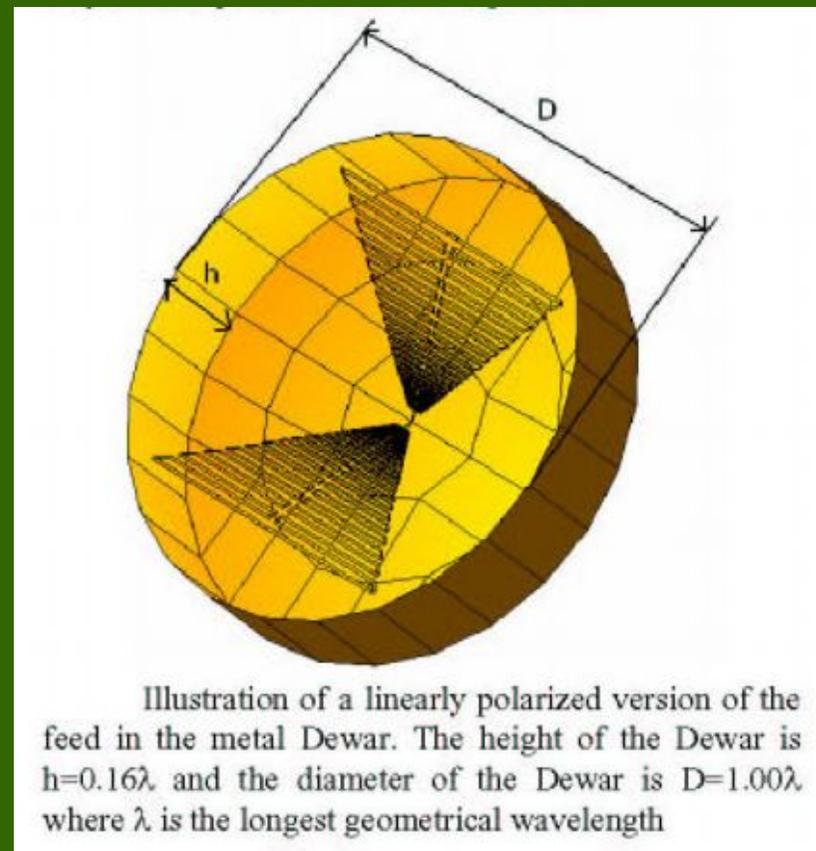


Illustration of a linearly polarized version of the feed in the metal Dewar. The height of the Dewar is $h=0.16\lambda$ and the diameter of the Dewar is $D=1.00\lambda$, where λ is the longest geometrical wavelength

FIG. 22 Авторская концепция размещения антенны "ELEVEN" в криостате.

R.Olsson, P.-S. Kildal, S.Weinreb. Decade bandwidth medium gain feed for single or dual reflector antennas. "28-th ESA Antenna Workshop On Space Antenna Systems and Technologies". Courtesy of Ricard Olsson.



FIG. 23

**1 ÷ 13 GHz Eleven feed
inside Dewar at Caltech.**



Courtesy of P.-S. Kildal

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Предложен и реализуется проект «Октава», на основе которого возможно дальнейшее развитие комплекса радиометров сплошного спектра РАТАН-600.
- На основе сверхширокополосного облучателя типа “ELEVEN” и разработанного варианта сопряженного с ним сверхширокополосного малозумящего входного усилительного блока предполагается объединить по входу три радиометра дециметрового диапазона (первый этап) и, в случае успеха, несколько криорадиометров сантиметрового диапазона (перспективный этап).

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"O c t a v e" p r o j e c t

В результате получим:

- высвобождение места на фокальной линии
- возможность работать в двух линейных или в двух круговых поляризациях
- возможность свободного выбора рабочей частоты на дециметрах с целью ухода от помех (в соответствии с результатами мониторинга помеховой ситуации).
- возможность добавления новых рабочих частот в диапазонах входных блоков.
- возможность работать на сантиметрах с одной микрокриогенной системой (вместо трех), что снизит затраты труда и даст значительный экономический эффект.
- принципиальную возможность охлаждения до криоуровня всего входного блока сантиметрового диапазона, что было-бы заметным шагом на пути к «идеальному радиометру».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (продолжение)

- **Кластерный подход к формированию радиометрических комплексов становится все более популярным, практически единственным оставшимся радикальным способом дальнейшего роста чувствительности.**
- **Кластер (матрица) моночастотных радиометров обсуждается в отдельном сообщении.**
- **На основе идеологии проекта «Октава» возможно формирование кластера многочастотных радиометров – «матрицы матриц». Особенно интересными могут быть решения для комплексов на волны 6см и короче, где криоварианты конструкции находятся в рамках практической реализуемости.**

Авторы благодарны Президиуму РАН, РФФИ и Дирекции САО РАН за финансовую помощь в выполнении работы.

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"O c t a v e" p r o j e c t

СПАСИБО !

РАТАН - 6 0 0
проект "Октава"

R A T A N - 6 0 0
"Octave" project