

Уникальная научная установка радиотелескоп РТ-22 ФИАН

Радиотелескоп с параболическим рефлектором диаметром 22 м вступил в строй в конце 1958 г. и был первым в мире крупным радиотелескопом, способным работать в миллиметровом диапазоне волн. Работа по созданию этого радиотелескопа проводилась в течение нескольких лет в Физическом институте им. П.Н. Лебедева АН СССР при участии ряда проектных организаций и промышленных предприятий. Научным руководителем работ по созданию радиотелескопа являлся лауреат Государственной премии СССР, д.ф.-м.н., А.Е. Саломонович, главным конструктором - д.т.н., П.Д. Калачев.

Для обеспечения необходимой жесткости рефлектора была осуществлена 4-х опорная подвеска его к опорно-поворотному устройству посредством двух больших цевочных секторов и горизонтальной трубы, являющейся осью вращения рефлектора по углу места. Максимальные расчетные упругие деформации на краю рефлектора от собственного веса при горизонтальном положении рефлектора 0.6 мм, при вертикальном 1.8 мм. Для создания отражающей поверхности высокой точности была разработана конструкция крепления к каркасу листов обшивки, образующих отражающую поверхность рефлектора, с помощью регулируемых нарезных шпилек. Среднеквадратичная ошибка изготовления отражающей поверхности получилась равной 0.3 мм, что и обеспечило возможность работы в миллиметровом диапазоне радиоволн.

Параболическое зеркало радиотелескопа смонтировано на азимутальном опорно-поворотном устройстве с кругом катания по азимуту равным 10 м. Механизмы привода по обеим осям сдвоенные, что обеспечивает плавность и точность поворота. Механизмы приводов по азимуту расположены внутри поворотной платформы (стола), а механизмы приводов по углу места расположены на верхней площадке опорной конструкции. На верхней площадке поворотного стола расположена нижняя кабина, в которой размещены силовой распределительный щит, станция управления и компрессоры криогенных систем замкнутого цикла. Внутри горизонтальной трубы, соединяющей цевочные секторы, расположена верхняя кабина, где размещаются облучатели и высокочастотная часть приемной аппаратуры вторичного фокуса.

В 1968 г на радиотелескопе была установлена многозеркальная система облучения. Вторичное зеркало гиперболической формы установлено так, что один из фокусов гиперболоида совмещен с фокусом параболоида. Другой фокус гиперболоида находится на расстоянии 100 мм от вершины параболоида, что позволяет иметь малые потери во входных волноводных тактах. Облучение вторичного зеркала производится парой симметрично смещенных в горизонтальной плоскости облучателей. Диаграммная модуляция позволяет существенно снизить влияние флуктуаций излучения атмосферы. Разнос между направлениями приема 23' на волне 8 мм и 10' на волне 13,5 мм. В настоящее время во вторичном фокусе расположены приемники на волны 8 и 13,5 мм с транзисторными усилителями на входе, охлаждаемыми до 20 К с помощью микрокриогенных систем замкнутого цикла.

В первичном фокусе может быть размещена высокочастотная часть приемной аппаратуры РСДБ на волны 13.5 мм, см, 18 см и 90 см. При работе из первичного фокуса вторичное зеркало снимается и вместо него устанавливается соответствующий облучатель.

В 1978 г. была осуществлена комплексная автоматизация радиоастрономических исследований на РТ-22. ЭВМ управляет движением радиотелескопа (наведение, слежение, сканирование), приемной и регистрирующей аппаратурой, производит обработку информации. В настоящее время система автоматизации РТ-22 выполнена на базе распределенной сети, состоящей из нескольких персональных компьютеров.

В 2011 г РТ-22 был оснащен комплексом специализированной аппаратуры для работы в качестве наземной станции слежения проекта Радиоастрон - международного космического проекта по проведению фундаментальных астрофизических исследований в радиодиапазоне с помощью космического радиотелескопа на борту космического аппарата в составе наземных сетей РСДБ.

Современный уровень технической оснащенности РТ-22 позволяет проводить на нем радиоастрономические исследования как в спектральных радиолиниях атомов и молекул, так и в непрерывном спектре.

Основные характеристики радиотелескопа РТ-22

Главное зеркало (параболоид): Диаметр 22 м, точность поверхности (ср. кв. ошибка) - 0.66 мм.

Фокусное расстояние 9.525 м

Вторичное зеркало (гиперболоид): Диаметр 1 м

Тип - полноповоротная параболическая антенна

Оптика: - Кассегреновская система с двумя вынесенными из вторичного фокуса облучателями.

Возможна работа из первичного фокуса. Для этого вторичное зеркало снимается и заменяется облучателем (например, так устанавливается облучатель на волну 72 см).

Монтировка - азимутальная

Пределы вращения по азимуту - ± 180 град.

Пределы вращения по углу места - (5 - 95 град.) .

Вес всех вращающихся частей 413 т .

Максимальная скорость вращения в ручном режиме управления по азимуту 18 град/мин, по углу места - 25.5 град/мин.

Штатные диапазоны длин волн РТ-22

Длина волны, см	Эффективная площадь, м ²	Ширина диаграммы направленности, угл. мин.	Шумовая температура системы, К	Расположение облучателя
0,82	80	2	160-240	Вторичный фокус
1,35	110	2,6	110-200	Вторичный фокус
72	250	140	130	Первичный фокус

Штатные радиометры РТ-22

Двухканальный радиометр диапазона 8 мм может одновременно регистрировать 2 спектральные радиолинии с разносом частоты между ними от 0 до 2 ГГц в диапазоне

частот от 34 до 38 ГГц, Радиометр состоит из охлаждаемого малошумящего усилителя (МШУ) диапазона 8 мм, двухканального преобразователя к частотам 100 – 150 МГц, двух видеоконверторов в полосу 0-50 МГц и цифрового анализатора спектра с 2 независимыми входами.

Радиометр диапазона 1,35 см состоит из МШУ, преобразователя частот в диапазон 100-150 МГц, видеоковертора с переключаемой видеополосой и автокорреляционного АС. Широкополосный охлаждаемый МШУ обеспечивает работу радиометра в диапазоне частот от 20 до 24 ГГц, но в основном он используется для спектральных исследований в мазерной линии водяного пара.

Радиометр диапазона 400 МГц предназначен для спектральных исследований в рекомбинационных радиолиниях. Горизонтальная и вертикальная поляризации усиливаются отдельно с помощью 2 МШУ диапазона 400 МГц и 2 видеоконверторов с полосой 40 МГц. Далее сигналы подаются на 2 входа 8192-канального анализатора спектра. Спектральный анализ осуществляется в 8 полосах шириной 500 кГц, настроенных на 8 частот рекомбинационных радиолиний.

Анализаторы спектра

1. 2048-канальный цифровой анализатор спектра автокорреляционного типа. Полоса анализа выбирается переключателем: 50 МГц, 12,5 МГц, 6,25 МГц и 3,125 МГц.
2. 2048-канальный цифровой анализатор спектра БПФ типа с 2 независимыми входами. Полоса анализа 50 МГц.
3. 8192-канальный цифровой анализатор спектра с 2 независимыми входами. Анализатор обеспечивает разрешение по частоте 0,976 кГц в 16 перестраиваемых по частоте полосах анализа шириной по 500 кГц каждая. Используется только в составе спектрального комплекса диапазона 400 МГц.

Все анализаторы спектра работают в модуляционном режиме.

Система единого гетеродина (СЕГ)

СЕГ обеспечивает стабилизированными частотами первые гетеродины радиометров на волны 0,82 и 1,35 см. Стабильность частоты порядка 10^{-8} и возможность перестройки с шагом до нескольких кГц в пределах нескольких ГГц.

Состав и основные параметры радиотелескопа РТ-22 (станции слежения) в диапазонах 8 и 15 ГГц.

В состав наземной станции слежения (НСС Пушино) на базе РТ-22 ФИАН проекта «Радиоастрон» входят следующие системы:

- 1) Антенна РТ-22 с системой наведения, облучатели и антенно-фидерные тракты на диапазоны частот 15,0; 8,4 и 7,2 ГГц.
- 2) Приемно-передающая система 8,4/7,2 ГГц в составе:
 - передатчик сигнала 7,2 ГГц;
 - малошумящий приемник сигнала 8,4 ГГц;
 - синтезатор частоты приемника со следящей коррекцией прогноза доплеровского сдвига частоты, без скачков фазы.
- 3) Малошумящий приемник сигнала 15 ГГц.
- 4) Система регистрации – RDR, система декодирования ВИРК «Спектр – Р».
- 5) Система опорных частот в составе:
 - водородные стандарты частоты VCH-1005 и VCH-1003 с относительной нестабильностью 2×10^{-15} на интервале 1000 с;
 - служба времени с GPS приемником, производитель Meinberg (Германия), модель LANTIME M300;
 - аппаратура распределения опорных частот.

2. Приемно-передающая система 8,4/7,2 ГГц

Передатчик сигнала 7,2 ГГц, полоса не менее 1 кГц, поляризация круговая левая (или правая), мощность — 2Вт. Малошумящий приемник сигнала 8,4 ГГц, шумовая температура системы - 100 К, полоса приема 15 МГц, выход ПЧ 400 МГц, уровень — -80 дБм, поляризация круговая правая (или левая). Эффективная площадь антенны на частоте 8,4 ГГц равна 175 кв.м.

3. Малошумящий приемник сигнала 15 ГГц

Малошумящий приемник сигнала 15 ГГц с полосой 80 МГц, шумовая температура системы -100 К, выход ПЧ 140 МГц, уровень — -85 дБм, поляризация круговая правая (или левая). Эффективная площадь антенны на частоте 15 ГГц равна 175 кв.м.