

## Уникальная научная установка Радиотелескоп БСА ФИАН.

Радиотелескоп БСА ФИАН (Большая сканирующая антенна Физического института имени П.Н. Лебедева РАН) предназначен для радиоастрономических исследований в метровом диапазоне радиоволн. Радиотелескоп разработан и создан ФИАН, введен в эксплуатацию в 1974 г. и по настоящее время обладает рекордной в мире мгновенной чувствительностью в рабочем диапазоне частот. Антенна БСА ФИАН представляет собой эквидистантную фазированную антенную решетку, состоящую из 16 тысяч волновых диполей расположенных на площадке 200х400 м. Диаграмма антенны фиксирована в Е-плоскости (восток запад) по нормали к плоскости горизонта и имеет электронно-управляемое сканирование в Н-плоскости.



Радиотелескоп БСА ФИАН является уникальной научной установкой, созданной в единственном экземпляре. Приемно-регистрирующее оборудование создавалось специально для определенных научных задач и также существует в единственном экземпляре. Радиотелескоп неоднократно модернизировался, последняя модернизация была выполнена в 2010 – 2012 г.г.. В ходе модернизации была создана новая 128-лучевая фазированная система антенны. Были также модернизированы системы распределенного усиления и система калибровки радиотелескопа.

В состав радиотелескопа БСА ФИАН входят:

1. антенная система из 16384 диполей, фазированная по нормали в Е-плоскости (восток – запад);
2. управляемая диаграммообразующая система в Н-плоскости (север-юг);
3. 128-лучевая диаграммообразующая система в Н-плоскости;
4. система распределенного усиления антенны;
5. система калибровки чувствительности радиотелескопа;
6. система питания и управления антенной;

7. цифровой пульсарный приемник;
8. многоканальный цифровой приемник для многолучевой диаграммы;
9. аппаратура опорных частот и времени;
10. система хранения данных наблюдений.

### Технические характеристики антенны радиотелескопа БСА ФИАН

Рабочий диапазон частот антенны: 109 – 113 МГц.

Поляризация антенны – линейная (восток – запад).

Ширина луча диаграммы направленности (по уровню 0,5):

в Е-плоскости – 50 угл. мин.,

в Н-плоскости – от 22 угл. мин. (зенит) до 44 угл. мин. (зенитное расстояние 60°).

Максимальная эффективная площадь антенны: 47 000 м<sup>2</sup> (зенит).

Температура шума системы – от 560 К до 3500 К (в зависимости от фоновой температуры наблюдаемого участка неба).

Системная эквивалентная плотность потока (SEFD) радиотелескопа равна 33 Ян (зенит, при минимальной температуре фона).

Управляемая диаграммообразующая система (ДН-1) – 1 луч, переключаемый с шагом 0,5 ширины луча в диапазоне склонений радиоастрономических источников от 85 до -15 градусов.

Многолучевая диаграммообразующая система (ДН-3) – 128 лучей в диапазоне склонений от 55 до -9 градусов с пересечением лучей по уровню 0,4 от максимума луча.

### Система распределенного усиления антенны

Основная задача системы распределенного усиления антенны - исключение потерь полезного сигнала в фазирующей фидерной системе антенны. Система состоит из двух этажей усиления, размещенных в антенной галерее БСА. Первый этаж усиления включает в себя 256 малошумящих усилителей с коммутируемым входом и несколькими выходами. Особенностью первого этажа усиления является высокая стабильность фазово-частотной характеристики и ее идентичность для всех усилителей 1-го этажа усиления. Второй этаж усиления антенны установлен на выходе диаграммообразующих систем антенны и состоит из 144 усилителей. Помимо усиления сигнала эти усилители решают задачу подавления помех от радиовещательных станций FM-диапазона и иных помех вне рабочей полосы антенны радиотелескопа БСА.

### Система калибровки чувствительности

Предназначена для контроля чувствительности радиотелескопа, измерения регистрируемой мощности принимаемых сигналов на выходе антенны. Калибровка чувствительности выполняется по наблюдениям калибровочных радиоастрономических источников. Для измерения уровня мощности, принимаемого сигнала, на вход приемной системы, вместо антенны подключа-

ется генератор шумового сигнала с известным и равномерным в рабочей полосе спектром мощности шума. Используются два уровня шумовой температуры:

Температура шумов согласованной нагрузки от 250 до 310 К (равна температуре окружающей среды).

Температура шума высокостабильного шумового генератора - 2400 К.

#### Система питания и управления антенной

Обеспечивает питание системы распределенного усиления, системы калибровки. Управляет коммутаторами МШУ, и управляемыми матрицами диаграммообразующей системы. Включает в себя высокостабильные источники питания, кабельную сеть и компьютер управления антенной системой.

#### Цифровой пульсарный приемник (ЦПП)

Работает с управляемой диаграммообразующей системой ДН-1 радиотелескопа БСА ФИАН. Предназначен для приема излучения пульсаров, спектрального анализа принимаемого сигнала и регистрации, как индивидуальных импульсов пульсаров в режиме непрерывной записи, так и получения суммарных профилей пульсаров в режиме реального времени. Компенсация дисперсий производится программно, после регистрации радиоизлучения пульсара. Регистратор может также работать в режиме регистрации полного сигнала в рабочей полосе при непрерывной записи оцифрованного сигнала на носитель информации (жесткий диск).

Основные технические характеристики ЦПП:

Диапазон регистрируемых частот: 109,5 – 112,0 МГц

Количество спектральных каналов - 512

Спектральное разрешение – 4,8828125кГц

Временное разрешение 0,2048-6710,6816 мс

Погрешность привязки к локальной шкале времени - +/-10 нс

Количество точек в окне в режиме синхронного накопления – до 32767

Режимы работы ЦПП:

1. Запись индивидуальных импульсов пульсара.
2. Получение суммарного профиля пульсара (синхронное с периодом накопление импульсов).
3. Непрерывная запись полного сигнала после аналого-цифрового преобразователя.

#### Многоканальный цифровой приемник (МЦП)

Работает совместно с 128-лучевой диаграммообразующей системой ДН-3 радиотелескопа БСА ФИАН. Принимаемый сигнал на выходе лучей многолучевой диаграммы ДН-3 оцифровывается, выполняется его спектральный анализ и формирование заданного числа регистрируемых частотных каналов с заданной постоянной времени. Реализована работа приемника в двух режимах: низкого (6 частотных каналов) и высокого (32 частотных канала) разрешения.

Основные технические характеристики МЦП:

Число каналов радиометра	96;
Полоса регистрируемых частот	109,0 – 111,5 МГц;
Спектральное разрешение в полосе частот	78 или 416 кГц;
Кол-во записываемых частотных каналов	32 или 6;
Интервал между отсчетами радиометра	0,01; 0,1 с;
Погрешность привязки к шкале времени UTC - +/-0.2 мс.	

#### Аппаратура опорных частот и времени

Предназначена для привязки регистрируемых сигналов к шкале времени UTC, обеспечения высокостабильными опорными частотами приемно-регистрирующей аппаратуры и определения с высокой точностью момента регистрации импульсов пульсаров - используется с цифровым пульсарным приемником.

В качестве источника опорных частот и времени используется NTP сервер - с встроенным многоканальным GPS приемником.

Производитель Meinberg (Германия), модель LAN TIME M300

Дополнен опциями:

- Выходной сигнал 5 МГц (синус);
- Опорный генератор ОСХО-MQ.

Краткосрочная стабильность (1 сек) генератора -  $2 \times 10^{-10}$ .

Стабильность на суточном интервале при подстройке от GPS: -  $5 \times 10^{-12}$ .

Точность выхода PPS (секунда) - +/- 50 нс.

Точность NTP сервера – 0.2 мс (LAN), 10 мс (WAN).

#### Система хранения данных наблюдений

Обеспечивает запись данных наблюдений, полученных на радиотелескопе БСА, возможность доступа к ним пользователей в режиме реального времени и архивирование данных для их длительного хранения. В результате проведенной в 2010 – 2012 годах модернизации радиотелескопа БСА его информативность увеличилась почти на 3 порядка. Объем регистрируемых данных за сутки составляет 55 Гбайт, соответственно годовой массив данных более 20 Тбайт. Для хранения и работы с такими массивами используется специализированный файл-сервер с подключаемыми к нему дисковыми хранилищами данных.