

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600

RADIO TELESCOPE RATAN-600

ИТОГИ РАБОТЫ

SUMMARY OF OPERATION

В 2013 г. радиотелескоп РАТАН-600 работал в полном объеме (табл. 8) в основных штатных режимах. Наблюдения проводились в соответствии с программами, принятыми КТБТ (табл. 9). В наблюдениях участвовали северный и южный секторы антенны, плоский отражатель и вторичные зеркала: облучатель №1 (континуум), облучатель №2 (радиолинии), облучатель №3 (Солнце). Потери наблюдательного времени из-за погодных условий и аппаратуры для облучателя №1, №2 и №3 составили 8.8%, 10.1% и 7.4% соответственно.

In 2013 the RATAN-600 radio telescope was operating in full capacity (Table 8) in normal operation modes. The observations were carried out in accordance with the programmes accepted by LTPC (Table 9) and involved the Northern and Southern Antenna Sectors, the Flat Reflector and secondary mirrors: Feed Cabin 1 (continuum), Feed Cabin 2 (radio lines), and Feed Cabin 3 (the Sun). The loss of observational time because of weather conditions and equipment failures was 8.8%, 10.1% and 7.4% for Feed Cabin 1, 2 and 3 respectively.

Проводились работы по поддержанию основных параметров инструмента на уровне проектных, по совершенствованию режимов наблюдения и модернизации приемно-измерительной аппаратуры.

Work was done to maintain the main parameters of the instrument at the design level, to upgrade the observational modes and to enhance the receiving and measuring facilities.

М. Г. Мингалиев.

M.G. Mingaliev.

Таблица 8. Распределение наблюдательного времени между вторичными зеркалами РАТАН-600 в 2013 г.

Table 8. Observational time distribution between the secondary mirrors of the RATAN-600 in 2013.

Вторичное зеркало	Запланировано наблюдений	Проведено наблюдений	Secondary mirror	Observations scheduled	Observations made
№ 1: источники	17184	15667	№ 1: sources	17184	15667
№ 2: источники	8963	8057	№ 2: sources	8963	8057
№ 3: источники	5589	4273	№ 3: sources	5589	4273
<i>Итого:</i>	<i>31736</i>	<i>27997</i>	<i>Total:</i>	<i>31736</i>	<i>27997</i>

Таблица 9. Список проведенных на РАТАН-600 наблюдательных программ в 2013 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
Берлизев И.В.	САО РАН	Юстировка, антенные измерения
Богод В.В.	САО РАН	Измерение параметров антенной системы
Богод В.В.	САО РАН	Исследования Солнца
Горшков А.Г.	ГАИШ МГУ	Исследование переменности активных галактических ядер
Ковалев Ю.Ю.	АКЦ ФИАН; NRAO, NASA GSFC (США); MPIfR (Германия)	Исследование центральных областей ядер активных галактик
Муфатхаров Т.В.	САО РАН	Эволюция синхротронных радиоспектров объектов типа BL Lacertae
Парижский Ю.Н.	САО РАН, АКЦ ФИАН, Институт Н.Бора (Дания); Институт астрономии (Великобритания)	Генетический Код Вселенной
Рейхокайнен А.	Финляндия	Мониторинг ярких источников для миссии Планк
Сотникова Ю.В.	САО РАН	Многоволновое исследование GPS-источников и кандидатов
Столяров В.А.	САО РАН; Университет Кембриджа (Великобритания); CNRS (Франция)	Исследование SZ-эффекта в скоплении A2319
Трушкин С.А.	САО РАН; SAO (США); CIFS (Италия); Университет Парижа (Франция)	Мониторинг радиоперемениости микроквазаров (J1819-254, 1825-14, J1911+04, J1915+105, J1956+35, J2032+40)

Table 9. List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2013.

PI	Institution / Country	Short program title
Berlizev I.V.	SAO RAS	Adjustment, antenna measurements
Bogod V.V.	SAO RAS	Measurements of the antenna parameters
Bogod V.V.	SAO RAS	Study of the Sun
Gorshkov A.G.	SAI MSU	Study of variability of active galactic nuclear
Kovalev Yu.Yu.	ASC FIAN, NRAO, NASA GSFC (USA); MPIfR (Germany)	Study of central regions of AGN cores
Mufatkharov T.V.	SAO RAS	Evolution of synchrotron spectra of BL Lacertae objects
Parijskij Yu.N.	SAO RAS, Borh Insitute (Denmark); Cambridge University (UK)	Genetic code of the Universe
Riehoekainen A.	Finland	The Monitoring of Bright Sources during the Planck Mission (Planck WG6n)
Sotnikova Yu.V.	SAO RAS	Multi-wave study of GPS sources and candidates
Stolyarov V.A.	SAO RAS, Cambridge University (UK), CNRS (France)	Investigation of SZ effect in A2319 cluster
Trushkin S.A.	SAO RAS, SAO (USA), CIFS (Italy), Paris University (France)	Monitoring of microquasar radio variability (J1819-254, 1825-14, J911+04, J1915+105, J2033+40)

ТЕХНИКА И МЕТОДЫ РАДИОАСТРОНОМИИ

Переведены на новую элементную базу – малошумящие неохлаждаемые транзисторные усилители на гетероструктурах – два криогенных радиометра водородного уровня охлаждения (волны 2.7 и 3.6 см). Сравнение современных усилителей по шумовым характеристикам позволили сделать выбор в пользу оборудования НПФ «Микран» (г. Томск). Сейчас на этой элементной базе работают пять радиометров РАТАН-600, ранее использовавшихся в криогенных режимах. При незначительной потере чувствительности существенно повышена эксплуатационная надежность радиометров и снижены затраты на их обслуживание.

Продолжены работы по мониторингу и накоплению информации о помехах в наблюдательном диапазоне РАТАН-600, а также эксперименты по адаптивной фильтрации помех в условиях бурного роста средств массовых коммуникаций.

РАДИОМЕТР ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ

Получены положительные результаты при освоении ранее не применявшегося из-за несовершенства элементной базы режима работы радиометров сантиметрового диапазона, который состоит в регистрации полной мощности принимаемого излучения. Сейчас в опытной эксплуатации работают в этом режиме два приемника.

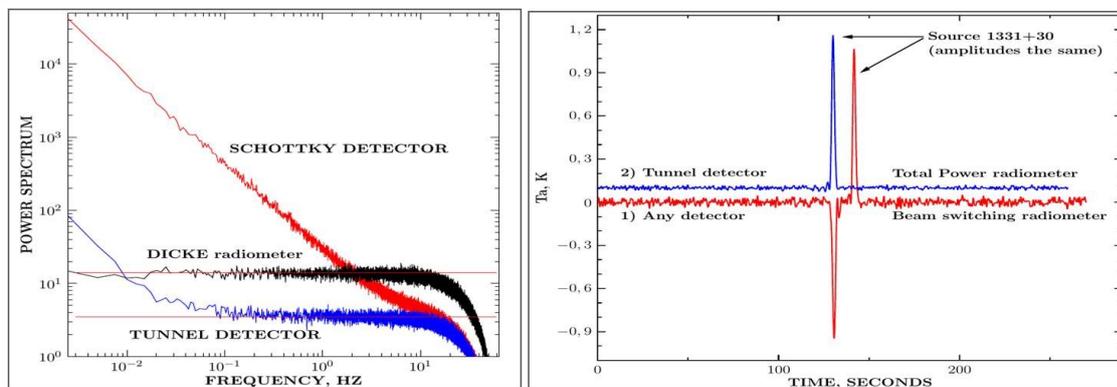


Рис. 45. Слева - измеренные значения спектров мощности детекторов на низкобарьерном диоде Шоттки (НДБШ) и на туннельных диодах; справа - сравнение реализуемой чувствительности модуляционного радиометра и радиометра полной мощности

Fig. 45. Left: the measured values of power spectra of detectors on the Schottky low-barrier diode (SLBD) and on tunnel diodes; right: comparison of implemented sensitivity of the modulation radiometer and total-power radiometer.

Исследования различных шумов в радиометрах, а также элементной базы, которая включает усилительные модули (НПФ «Микран»), НДБШ (ФГУП НИИПИ «КВАРЦ»), туннельные обращенные диоды и операционные auto-zero усилители, позволили сделать неожиданные выводы о том, что основным источником шума 1/f является СВЧ-детектор на НДБШ (рис. 45, слева), а радиометр полной мощности на

TECHNIQUES AND METHODS OF RADIO ASTRONOMY

Two cryogen radiometers of the hydrogen level cooling (the wavelengths 2.7 and 3.6 cm) were shifted to a new element base – low-noise uncooled heterostructures-based transistor amplifiers. Comparison of noise characteristics of modern amplifiers allowed us choosing in favor of equipment by the Research and Production Company «Mikran» (Tomsk). Five RATAN-600 radiometers used previously in cryogen modes are operating on this element base now. In spite of slight loss in sensitivity, the maintainability of radiometers increased considerably, and the service cost reduced.

We continued the work on monitoring and accumulation of information on interferences in the RATAN-600 observational range and the experiments on adaptive filtration of interferences under the conditions of rapid growth of communication media.

TOTAL POWER RADIOMETER

Positive results were obtained in adoption of a new mode of operation of centimeter-range radiometers, which was not used earlier because of imperfection of the element base. This mode is the registration of the total power of received radiation.

Now two receivers operate in this test mode.

The study of different noises in radiometers and the element base, which includes amplification units (RPC «Mikran»), SLBDs (The Institute of Electronic Measurements KVARZ), tunnel backward diodes and operation auto-zero amplifiers, allowed us drawing an unexpected conclusion that the main source of the 1/f noise is the SHF SLBDs detector (Fig. 45, left), and the

практике показывает на масштабах времени до 50 секунд чувствительность выше, чем модуляционный радиометр (рис. 45, справа).

Таким образом, появилась перспектива в ближайшее время не только реализовать чувствительность радиометров, достижимую только при криогенных температурах, но и превзойти ее, причем без применения дорогостоящих и сложных в обслуживании криосистем.

П.Г. Цыбулев, М.В. Дугин, А.Б. Берлин, Н.А. Нижельский, Д.В. Кратов, Р.Ю. Удовицкий.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ КОНТИНУУМА

На современном аппаратно-программном уровне завершена модернизация системы сбора данных и управления (рис. 46, слева) для всех радиометрических комплексов континуума на РАТАН-600.

sensitivity of the total-power radiometer is in practice higher than that of the modulation radiometer on the time scale up to 50 seconds (Fig. 45, right).

Thus, there appears a prospect not only to implement in the nearest time the radiometer sensitivity achievable only at cryogen temperatures, but even to surpass it without applying expensive and difficult-to-maintain cryosystems.

P.G. Tsybulev, M.V. Dugin, A.B. Berlin, N.A. Nizhelsky, D.V. Kratov, R.Yu. Udovitsky.

MODERNIZATION OF THE DATA-GATHERING AND CONTINUUM CONTROL SYSTEM

Modernization of the data-gathering and control system on the modern hardware and software level (Fig. 46, left) was completed for all RATAN-600 continuum radiometric complexes.

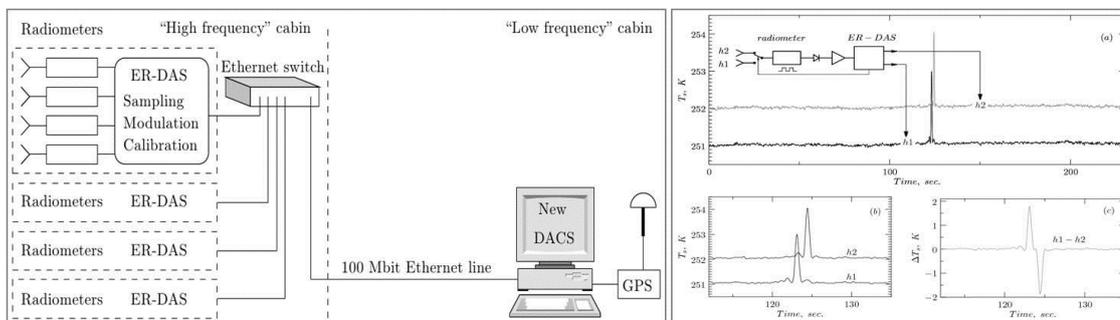


Рис. 46. Слева - архитектура новой системы сбора данных и управления; справа - способ регистрации отдельных полупериодов модуляции (отложенное цифровое синхронное детектирование).

Fig. 46. Left: architecture of a new data-gathering and control system; right: the recording technique of separate modulation half-periods (delayed digital synchronous detection).

Новый подход к регистрации данных, состоящий в отдельной записи полупериодов модуляции (рис. 46, справа), регистрации на постоянном токе и в отсутствие шума вида 1/f в самой измерительной системе, позволяет:

- упростить конструкцию радиометра, например, использовать программную балансировку вместо аппаратной;
- проводить оперативную диагностику состояния радиометра;
- исследовать отдельные узлы и каскады радиометра для выявления и устранения источников нестабильностей. С помощью этой методики удалось устранить температурную зависимость таких важных элементов радиометров, как p-i-n аттенуаторов.

П.Г. Цыбулев, М.В. Дугин, А.Б. Берлин, Н.А. Нижельский, Д.В. Кратов, Р.Ю. Удовицкий.

БОРЬБА С ПОМЕХАМИ НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИСТЕМАХ СБОРА ДАННЫХ

Традиционные системы обработки сигналов, предназначенные для извлечения информации из

A new approach to the data recording, which is the separate recording of modulation half-periods (Fig. 46, right), the recording on direct current without the 1/f noise in the system itself, enables us:

- to simplify the radiometer construction, e.g. to use the software balancing instead of the hardware one;
- to make the on-line diagnosis of radiometer state;
- to study separate units and cascades of radiometer for detection and removal of instability sources. With this technique, we managed to remove the temperature dependence of such important radiometer elements as p-i-n attenuators.

P.G. Tsybulev, M.V. Dugin, A.B. Berlin, N.A. Nizhelsky, D.V. Kratov, R.Yu. Udovitsky.

INTERFERENCE SUPPRESSION IN HIGH-SPEED DATA-GATHERING SYSTEMS

Traditional systems of signal processing meant for extraction of data from a coming signal, e.g.

поступающего сигнала, например, согласованные фильтры, работают по принципу разомкнутого контура, а именно, на данном интервале времени для обработки сигнала используется тот же метод независимо от результата, полученного на предшествующем интервале. Иначе говоря, используется допущение о том, что искажение сигнала является известным и инвариантным во времени.

Идея адаптивного фильтра для радиоастрономических наблюдений заключается в том, что образец RFI (Radio-Frequency Interference) сигнала, полученный отдельным независимым «каналом помехи» добавлен к дорожке штатного приёмника в противоположной фазе и равной амплитуде.

Поскольку радиотелескоп и источник помехи не являются постоянными, то фаза и амплитуда сигнала с канала помехи должны быть постоянно адаптированы к изменяющейся амплитуде и фазе RFI-сигнала.

М.Г. Мингалиев, Н.А. Нижельский.

АНТЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Проведены работы по измерению кинематических характеристик радиальных винтов северного сектора для обновления базы данных и увеличения количества точек поправок. Работы проводились с использованием координатно-измерительной системы на базе лазерного трекера Tracker3 производства фирмы API, который, однако, по техническим характеристикам оказался не вполне подходящим для подобных работ.

После планового ремонта приводов группы элементов южного сектора проведена геодезическая юстировка щитов по углу азимута и радиусу. Для юстировки были проведены измерения пунктов геодезической сети на южном секторе.

Специалистами фирмы «Промышленная геодезия» выполнены измерения плановых пунктов опорной геодезической сети для определения стабильности центрального репера радиотелескопа. Измерения проводились с использованием абсолютного лазерного трекера Leica AT401 и высокоточного тахеометра Leica TDRA6000. Лазерным сканером Surphaser проведено сканирование поверхностей вторичного зеркала облучателя №2 и нескольких щитов плоского отражателя.

При подготовке к автоколлимационной юстировке северного сектора проведены пробные измерения плано-высотных пунктов его опорной геодезической сети. Сравнения с предыдущими измерениями показали единичные отклонения не более 0.3 мм.

Проведена плановая автоколлимационная юстировка элементов главного зеркала на южном и северном секторах радиотелескопа. В результате юстировки отклик антенны увеличился на 20%. Выявлены элементы, требующие дополнительного изучения кинематических характеристик.

В.И. Жаров, И.В. Берлизев.

matched filters, operate on the open circuit principle, namely, the method used for signal processing in a given time interval does not depend on the result obtained in a previous interval. In other words, it is supposed that the signal distortion is known and invariant in time.

The idea of an adaptive filter for radio astronomical observations is that a sample of Radio Frequency Interference (RFI) signal received by a separate “interference” channel is added to the channel of a standard receiver with identical amplitude in the opposite phase.

Since the radio telescope and an interference source are not constant, the signal phase and amplitude from the interference channel must be permanently adopted to the changing amplitude and phase of the RFI signal.

M.G. Mingaliev, N.A. Nizhelsky.

ANTENNA MEASUREMENTS

To update the data base and to increase the number of correction points, the kinematic characteristics of radial screws of the Northern Sector were measured. The work was done with the help of the coordinate measuring system based on the API laser tracker Tracker3. But its technical characteristics turned out to be not quite suitable for such operation.

After the scheduled repair of drives of a group of elements in the Southern Sector, the geodetic adjustment of panels in azimuth and radius was carried out. To do that, the points of geodesic network in the Southern Sector were measured.

To determine stability of the radio telescope central reference, specialists of the «Industrial Geodesy» company measured the horizontal points of geodesic reference network. The measurements were carried out with the help of the absolute laser tracker Leica AT401 and the high-precision tacheometer Leica TDRA6000. The surfaces of the secondary mirror, Feed Cabin 2 and several panels of the flat reflector were scanned with the laser scanner Surphaser.

During preparation to the autocollimation adjustment of the Northern Sector, the test measurements of horizontal and vertical points of its geodesic reference network were done. Comparison with previous measurements showed isolated deviations of not more than 0.3 mm.

The scheduled autocollimation adjustment of elements of the main mirrors in the Southern and Northern Sectors was fulfilled, which resulted in the antenna response enhancement by 20%. The elements demanding additional investigation of their kinematic characteristic were revealed.

V.I. Zharov, I.V. Berlizev.