

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600

RADIO TELESCOPE RATAN-600

ИТОГИ РАБОТЫ

SUMMARY OF OPERATION

В 2011 г. радиотелескоп РАТАН-600 работал в полном объеме (табл. 7) в основных штатных режимах. Наблюдения проводились в соответствии с программами, принятыми КТБТ (табл. 8). В наблюдениях участвовали северный и южный секторы антенны, плоский отражатель и вторичные зеркала: облучатель №1 (континуум), облучатель №2 (радиолинии), облучатель №3 (Солнце).

In 2011 the RATAN-600 radio telescope was operating in full capacity (Tab. 7) in normal operation modes. The observations were carried out in accordance with the programmes accepted by the LTPT (Table 8) 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).

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 7. Распределение наблюдательного времени между вторичными зеркалами РАТАН-600 в 2011 г.

Table 7. Observational time distribution between the secondary mirrors of the RATAN-600 in 2011.

Вторичное зеркало	Запланировано наблюдений	Проведено наблюдений	Secondary mirror	Observations scheduled	Observations made
№ 1: источники	23468	20930	№ 1: sources	23468	20930
№ 2: источники	3148	2638	№ 2: sources	3148	2638
№ 3: источники	1856	1743	№ 3: sources	1856	1743
<i>Итого:</i>	<i>28472</i>	<i>25311</i>	<i>Total:</i>	<i>28472</i>	<i>25311</i>
№ 2: обзор (часы)	310	200	№ 2: survey (hours)	310	200

Таблица 8. Список проведенных на РАТАН-600 наблюдательных программ в 2011 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
Богод В.В.	САО РАН	Калибровочные измерения (Краб, Луна, 3C84, 2039+42)
Горшков А.Г.	ГАИШ МГУ	Исследование активности ядер внегалактических радионисточников в широком диапазоне временных масштабов
Дубрович В.К.	САО РАН	Спектральные исследования внегалактических прото-объектов
Ковалев Ю.Ю.	АКЦ ФИАН	Исследование центральных областей ядер активных галактик
Коржавин А.Н.	САО РАН	Исследования Солнца
Мингалиев М.Г.	САО РАН	Эволюция синхротронных радиоспектров объектов типа BL Lacertae
Парицкий Ю.Н.	САО РАН	Генетический Код Вселенной
Рейхокайнен А.	Финляндия	Мониторинг ярких источников для миссии Планк
Сотникова Ю.В.	САО РАН	Многоволновое исследование GPS-источников и кандидатов
Трушкин С.А.	САО РАН	Мониторинг радиопеременности микроквазаров
Трушкин С.А.	САО РАН	Мониторинг радиопеременности микроквазара GT0236+61

Table 8. List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2011.

PI	Institution / Country	Short program title
Bogod V.V.	SAO RAS	Calibration measurements (Crab, Moon, 3C84, 2039+42)
Dubrovich V.K.	SAO RAS	Spectral study of extragalactic proto-objects
Gorshkov A.G.	SAI MSU	Investigation of activity of the nuclei of extragalactic radio sources in a wide range of time scales
Kovalev Yu.Yu.	Astro Space Center	Study of central regions of AGN cores
KorzHAVIN A.N.	SAO RAS	Study of the Sun
Mingaliev M.G.	SAO RAS	Evolution of synchrotron spectra of BL Lacertae objects
Parijskij Yu.N.	SAO RAS	Genetic code of the Universe
RiehoKAINEN 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
Trushkin S.A.	SAO RAS	Microquasar radio variability
Trushkin S.A.	SAO RAS	The monitoring of radio variability of GT0236+61 microquasar

ТЕХНИКА И МЕТОДЫ РАДИОАСТРОНОМИИ

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА РАДИОМЕТРОВ

Система «Октава». Продолжены работы по теме «Октава» (Отчет САО РАН 2010, с. 69), в рамках которой реализуется новый подход к построению схемы радиометров сплошного спектра дециметрового диапазона волн на основе сверхширокополосной частотно-независимой антенны-облучателя «Eleven» и следующего за ней сверхширокополосного входного приемно-усилительного блока. Завершены изготовление и наладка парциальных каналов для двух поляризаций в диапазонах 12.5 и 25 см. В марте 2011 г. система «Октава» установлена на облучателе №1 (рис. 39, слева). Несмотря на большой объем проведенных экспериментов из-за постоянно растущего уровня помех различного происхождения в штатную эксплуатацию система пока не введена.



Рис. 39. Слева - фокальная линия облучателя №1. Слева направо: облучатель В.Н. Дикого для мониторинга помех и широкополосный облучатель «Eleven». Справа – фокальная линия облучателя №2. Слева направо: трехчастотный комплекс «Эридан», юстировочный комплект, система MAPC-3 (крышки для наглядности сняты).

Fig. 39. Left – the focal line of Feed Cabin 1. From left to right: the feed unit of V.N. Dikiy for monitoring interferences and the wideband Feed Cabin «Eleven». Right – the focal line of Feed Cabin 2. From left to right: the three-frequency complex «Eridanus», the adjusting kit, the system MAPC-3 (covers are removed for illustration purposes).

ТРЕХЧАСТОТНЫЙ КОМПЛЕКТ РАДИОМЕТРОВ «ЭРИДАН-2»

После завершения монтажа комплекса «Эридан-2» (Отчет САО РАН, с. 69) на облучателе №2 с октября 2011 г. ведутся тестовые наблюдения, которые показывают хорошую чувствительность и стабильность рабочих параметров радиометра. С современными малощумящими неохлаждаемыми усилителями фирмы «Микран» (г.Томск) в диапазонах 4.8, 11.3 и 22.3 ГГц реализованы флукуационные чувствительности соответственно 4, 5 и 8 мК в пересчете на 1 с постоянной времени выходного фильтра. Сравнение с криогенными радиометрами континуума облучателя №1 показало, что при близкой чувствительности теплые радиометры на новой

TECHNIQUES AND METHODS OF RADIO ASTRONOMY

UPGRADING THE RADIOMETER COMPLEX

The «Octava» system. The work related to «Octava» was continued (SAO RAS Report 2010, p. 69). Within its scope we implement a new approach to the construction of layout of continuum radiometers of the decimeter wavelength range on a basis of super wideband frequency-independent feeding antenna «Eleven» and the following super wideband input receiver-amplifier unit. The manufacturing and adjustment of partial channels for two polarizations in the ranges 12.5 and 25 cm was finished. In March 2011 the «Octava» system was mounted at Feed Cabin 1 (Fig. 39, left). In spite of a large scope of fulfilled experiments, the system was not put into standard operation yet because of ever increasing level of interferences of various origins.



THE THREE-FREQUENCY KIT OF RADIOMETERS “ERIDANUS-2”

After finishing assembly of the complex «Eridanus-2» (SAO RAS Report 2010, p. 69) test observations have been fulfilled at Feed Cabin 2 from October 2011. They demonstrate good sensitivity and stability of operating parameters of the radiometer. Due to modern uncooled low-noise amplifiers produced by the firm «Mikran» (Tomsk) the fluctuation sensitivities 4, 5 and 8 mK in terms of the 1-s time constant of output filter were implemented in the ranges 4.8, 11.3 and 22.3 GHz respectively. Comparison with cryogenic continuum radiometers of Feed Cabin 1 showed that, in spite of close sensitivities, warm radiometers on the new element

элементной базе обладают гораздо более высокой надежностью и минимальными эксплуатационными затратами. Вид фокальной линии облучателя №2 показан на рисунке 39 (справа).

В связи с многократной выработкой ресурса микрокриогенными системами планируется перевод двух криогенных радиометров облучателя № 1 на малошумящие неохлаждаемые усилители.

НОВАЯ СИСТЕМА ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

На всех рабочих облучателях 1, 2 и 3 установлены и введены в работу локальные источники точного времени UTC (± 5 мкс.), построенные на основе GPS-приемников Trimble Resolution-T и сетевых служб времени, основанных на протоколе NTP (Network Time Protocol). «Потребителями» точного времени на облучателях являются системы сбора данных и управления. Такая архитектура позволила исключить передачу сигналов времени на облучатели по длинным (~1 км.) линиям связи от центрального сервера времени РАТАН-600, что повышает надежность и точность временного обеспечения при проведении радионаблюдений.

Измерены координаты центра РАТАН-600 в системе WGS84: $43^{\circ}49'33.7''\pm 0.2''$ северной широты и $41^{\circ}35'13.9''\pm 0.2''$ восточной долготы.

А.Б. Берлин, Ю.Н. Коновалов, Н.А. Нижельский, П.Г. Цыбулев, Д.В. Кратов, Р.Ю. Удoviцкий, Б.И. Карабашев.

base are much more reliable and their exploitation costs are minimal. The view of the focal line of Feed Cabin 2 is presented in Fig. 39 (right).

Since micro-cryogenic systems outlived their usefulness many times, it is planned to transfer two cryogen radiometers of Feed Cabin 1 to uncooled low-noise amplifiers.

A NEW SYSTEM OF PRECISE TIME

Local sources of precise time UTS (± 5 microsec) built on basis of the GPS receivers Trimble Resolution-T and the network time service based on the Network Time Protocol (NTP) were set and put into operation in all operating Feed Cabins 1, 2 and 3. «Consumers» of precise time at Feed Cabins are systems of data acquisition and control. Such an architecture allowed us excluding the transfer of precise time signals to Feed Cabins via long (~1 km) communication lines from the central time server of RATAN-600, which increases reliability and precision of the time supply during radio observations.

Coordinates of the RATAN-600 center were measured in the WGS84 system: the northern latitude $43^{\circ}49'33.7''\pm 0.2''$ and east longitude $41^{\circ}35'13.9''\pm 0.2''$.

A.B. Berlin, Yu.N. Konovalov, N.A. Nizhelsky, P.G. Tsybulev, D.V. Kratov, R.Yu. Udovitsky, B.I. Karabashev.

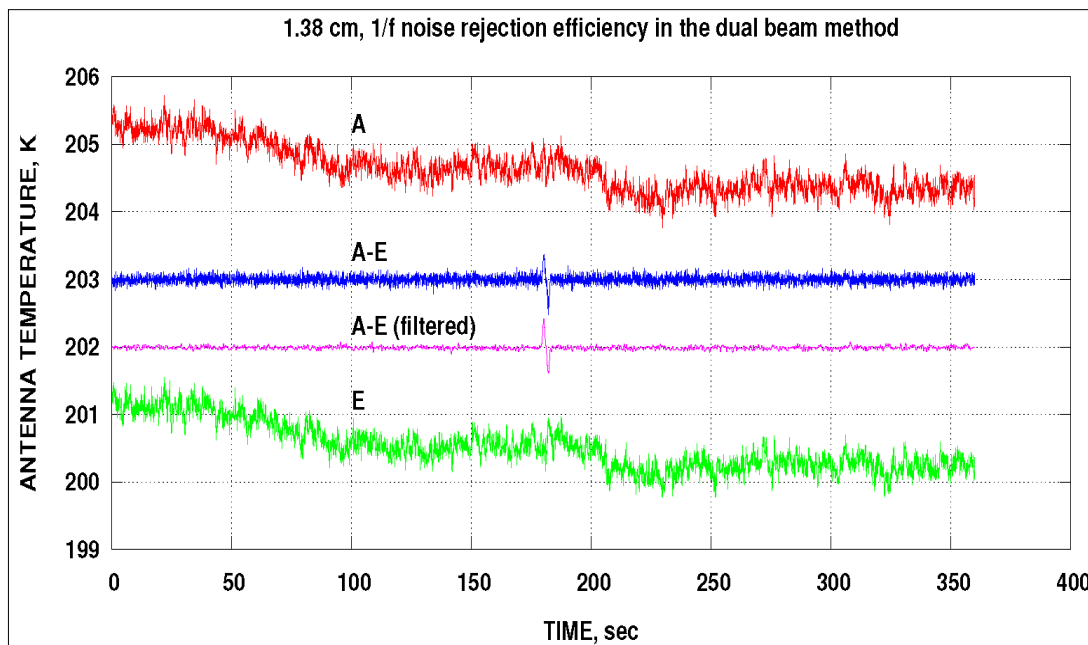


Рис. 40. Эффективность подавления шумов вида 1/f новой системой сбора при диаграммной модуляции (Эридан, длина волны 1,38 см, источник 2107+42).

Fig. 40. Efficiency of suppression of type 1/f noises by the new acquisition system with diagram modulation (Eridanus, the wavelength 1,38 cm, the source 2107+42).

Введена в эксплуатацию новая система сбора данных и управления радиотелескопом для проведения

To observe in continuum, a new system of data acquisition and radio telescope control was put into

наблюдений в континууме. Одним из «строительных блоков» системы является встраиваемая радиометрическая система сбора данных ER-DAS.

Эта измерительная система (Отчет САО РАН 2010, с. 70), предназначенная для оцифровки и обработки сигналов радиометров и передачи результата по сети, обладает низким уровнем собственных шумов и отсутствием шума вида $1/f$. На рисунке 40 показана эффективность системы при радиоастрономических наблюдениях.

П.Г. Цыбулев.

БОРЬБА С ПОМЕХАМИ

Продолжались работы по исследованию помех в рабочем диапазоне РАТАН-600 и разработке методов борьбы с ними (Отчет САО РАН 2009, с. 81). На рисунке 41 (слева) представлено азимутальное распределение мощности электромагнитного излучения, приходящего от ст. Зеленчукской – основного источника помех (более 80%).

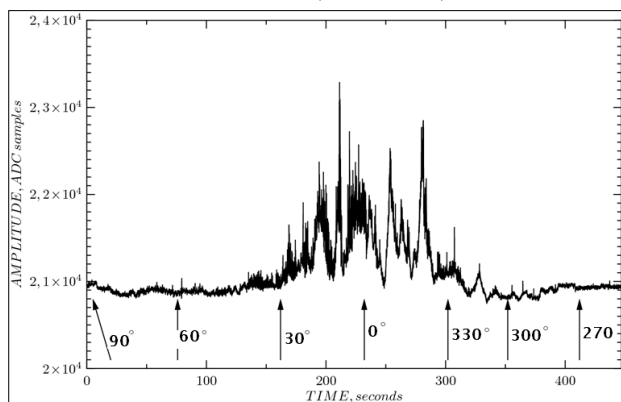


Рис. 41. Слева – уровень помех от ст. Зеленчукской. Справа – блок-схема адаптивного фильтра.

Fig. 41. Left – the level of interference from st. Zelenchukskaya. Right – the block diagram of an adaptive filter.

Одним из возможных решений, позволяющих защитить рабочие полосы радиометров, является применение экрана. Были проведены расчеты размеров экрана и варианты его крепления.

Другая возможность борьбы с помехами – метод адаптивной фильтрации. На рисунке 41 (справа) приведена блок-схема адаптивного фильтра. При этом для достижения наилучших результатов необходимо чтобы «канал помехи» был не хуже по шумам штатных радиометров. На основе совмещенного облучателя с единым фазовым центром «Eleven» (рис. 39, слева), установленного на облучателе №1, будет работать несколько радиометров в дециметровом диапазоне длин волн. Широкая безаберрационная зона облучателя позволяет установить в фокус радиотелескопа предыдущий комплект радиометров с первичным облучателем Дикого, который предполагается использовать как канал помехи (рис. 39, слева). При этом диаграммы направленности обоих дециметровых приёмников будут разные при одинаковой эффективной площади телескопа.

М.Г. Мингалиев, А.Б. Берлин, Н.А. Нижельский, П.Г. Цыбулев.

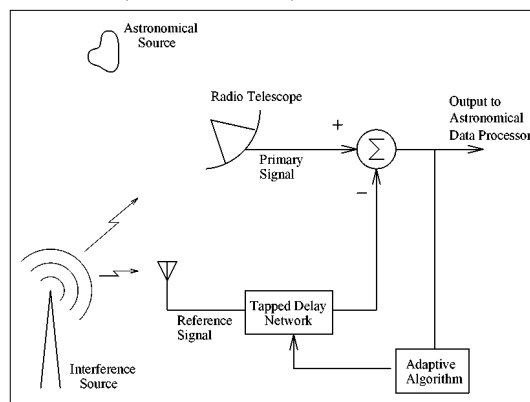
operation. One of the “building blocks” of the system is the Embedded Radiometric Data Acquisition System (ER-DAS).

This measuring system (SAO RAS Report 2010, p. 70) is meant for digitization and processing of signals and for transfer of results via network. It is characterized by low level of proper noise and absence of type $1/f$ noise. Fig. 40 shows efficiency of the system in radio astronomical observations.

P.G. Tsybulev.

INTERFERENCE SUPPRESSION

The work on study of interference in the RATAN-600 operating band and development of methods to suppress them was continued (SAO RAS Report 2009, p. 81). Figure 41 (left) represents azimuthal distribution of electromagnetic radiation power coming from st. Zelenchukskaya – the main source of interference (more than 80%).



One possible solution permitting to defend the operating bands of radiometers is the application of a screen. Calculation of the screen size and variants of its fastening were carried out.

Another possibility of interference suppression is the adaptive filtration method. Figure 41 (left) shows the block diagram of an adaptive filter. To achieve the best results it is necessary that the noise of the “interference channel” was not worse than that of standard radiometers. Several radiometers will operate in the decimeter range on the basis of an associated feed cabin with the united phase center «Eleven» (Fig. 39 left) set on Feed Cabin 1.

A wide aberration-free zone of the feed cabin permits setting to the radio telescope focus a previous set of radiometers with the primary feed cabin of Dikiy which will be used supposedly as the interference channel (Fig. 39 left).

Directional diagrams of both decimeter receivers will differ for identical effective area of telescope.

M.G. Mingaliyev, A.B. Berlin, N.A. Nizhelsky, P.G. Tsybulev.

Продолжены работы по третичному зеркалу на облучателе №3 для расширения поля зрения РАТАН-600. Завершены испытания рупоров для работы в третичном фокусе, выполнена геодезическая юстировка третичного зеркала и его установка в фокус вторичного облучателя. Завершено моделирование трехмерных диаграмм направленности РАТАН-600 с третичным зеркалом, продолжена работа по расчету характеристик радиотелескопа методом быстрой физической оптики.

В.Б. Хайкин, М. Лебедев, В.И. Жаров, ИРЭ (Харьков).

УЛУЧШЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В режиме наблюдений проведены испытания новых кинематических механизмов на отражательных элементах Северного и Южного секторов РАТАН-600. Применение современных кинематических узлов (ШВП, ШРУСы, гибридные редукторы), шаговых серво-приводов, энкодеров повысило точность установки щита по радиусу, углу, азимуту в 6, 4, 2 раза соответственно при уменьшении в 2-4 раза люфтов, сокращении время установки щитов в 8-10 раз и достижении повторяемости установки щита в 20 микрон. Благодаря применению режима плавного безударного регулирования скорости, современных цифровых каналов связи и повышению КПД кинематической системы надежность работы кинематических механизмов и ресурс возрастают, а энергозатраты уменьшаются на порядок. Проведение модернизации Южного сектора и Перископа РАТАН-600 на новую кинематику позволит реализовать режим сопровождения радиоисточников в течении 4 часов., что важно для столь переменного объекта как Солнце.

В.М. Богод.

To enlarge the RATAN-600 field of view, the work on the tertiary mirror at Feed Cabin 3 was continued. The testing of horns operating in the tertiary focus was completed. Geodesic adjustment of the tertiary mirror and its setting in focus of the secondary feed cabin were carried out. The modelling of 3D directional diagrams of RATAN-600 with the tertiary mirror was finished. The work on calculation of radio telescope characteristics by the fast physical optics method was continued.

V.B. Khaikin, M. Lebedev (IRE, Kharkov), V.I. Zharov.

IMPROVEMENT OF KINEMATICS OF REFLECTING ELEMENTS

New kinematic mechanisms were tested on reflecting elements of the Northern and Southern Sectors of RATAN-600 in the observational mode. Application of modern kinematic units (ballscrews, CVDs, hybrid reducers), step-by-step servoactuators, encoders increased the precision of panel setting in radius, angle, azimuth 6, 4, 2 times respectively and decreased backlashes, time of panel setting 8-10 times. A repeatability of panel setting of 20 microns was achieved.

Thanks to application of the mode of smooth shockless adjustment of velocity, modern digital communication channels and the rise of kinematic system efficiency, the reliability of operation of the kinematic mechanisms increase, and the power inputs decrease by an order. Upgrade of the Southern Sector and Periscope of RATAN-600 to new kinematics will permit us implementing the mode of tracking radio sources during 4 hours, which is important for so variable object as the Sun.

V.M. Bogod.