

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН–600

ИТОГИ РАБОТЫ

В 2010 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).

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

М. Г. Мингалиев.

RADIO TELESCOPE RATAN-600

SUMMARY OF OPERATION

In 2010 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 LTPTC (Table 8) and involved the Northern and Southern Antenna Sectors, the Flat Reflector and secondary mirrors: the Feed Cabin 1 (continuum), Feed Cabin 2 (radio lines), and Feed Cabin 3 (the Sun).

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.

M.G. Mingaliev.

Таблица 7. Распределение наблюдательного времени между вторичными зеркалами РАТАН–600 в 2010 г.

Table 7. Observational time distribution between the secondary mirrors of the RATAN-600 in 2010.

Вторичное зеркало	Запланировано наблюдений	Проведено наблюдений	Secondary mirror	Observations scheduled	Observations made
№ 1: источники	19165	17677	№ 1: sources	19165	17677
№ 2: источники	4752	4107	№ 2: sources	4752	4107
№ 3: источники	1346	1283	№ 3: sources	1346	1283
<i>Итого:</i>	<i>25263</i>	<i>22067</i>	<i>Total:</i>	<i>25263</i>	<i>22067</i>
№ 2: обзор (часы)	633	493	№ 2: survey (hours)	633	493

Таблица 8. Список проведенных на РАТАН–600 наблюдательных программ в 2010 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
А. Рейхоканен	Финляндия	Мониторинг ярких источников для миссии Планк
В.В. Богод	САО РАН	Исследования Солнца
В.В. Богод,	САО РАН	Антенные измерения
А.Г. Горшков	ГАИШ МГУ	Исследование активности ядер внегалактических радиоисточников в широком диапазоне временных масштабов
Ю.Ю. Ковалев	АКЦ ФИАН	Исследование релятивистских струй в АЯГ
Ю.Ю. Ковалев	АКЦ ФИАН	Исследование центральных областей ядер активных галактик
М.Г. Мингалиев	САО РАН	Исследование переменности радиоисточников на временных масштабах от дней до месяцев
М.Г. Мингалиев	САО РАН	Исследования переменности внегалактических объектов в приполярной области
М.Г. Мингалиев, С.А. Трушкин	САО РАН	Мониторинг микрокварзаров и АЯГ
В.К. Дубрович	САО РАН	Спектральные исследования внегалактических прото-объектов
Ю.Н. Парийский	САО РАН	Космологический Ген Вселенной
С.А. Трушкин	САО РАН	Мониторинг радиоперемениости микрокварзаров
С.А. Трушкин	САО РАН	Антенные измерения

Table 8. List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2010.

PI	Institution / Country	Short program title
A. Riehoainen	Finland	Bright Sources Monitoring during Planck Mission (Planck WG6n)
V.V. Bogod	SAO RAS	Investigations of the Sun
V.V. Bogod	SAO RAS	Measurements of the antenna
A.G. Gorskov	SAI MSU	Investigation of activity of the nuclei of extragalactic radio sources in a wide range of time scales
Yu.Yu. Kovalev	Astro Space Center	Study of relativistic jets in AGN
Yu.Yu. Kovalev	Astro Space Center	Study of central regions of AGN core
M.G. Mingaliev	SAO RAS	Investigation of variability of radio sources on the scale from days to months
M.G. Mingaliev	SAO RAS	Investigation of variability of extragalactic sources near the Polar Cape
M.G. Mingaliev, S.A. Trushkin	SAO RAS	Microquasar and AGN monitoring
Yu.N. Parijskij	SAO RAS	Cosmological Gene of the Universe
V.K. Dubrovich	SAO RAS	Spectral study of extragalactic proto-objects
S.A. Trushkin	SAO RAS	Microquasar variability monitoring
S.A. Trushkin	SAO RAS	Measurements of the antenna

ТЕХНИКА И МЕТОДЫ РАДИОАСТРОНОМИИ

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА РАДИОМЕТРОВ

По теме «Октава» (Отчет САО РАН 2009, с. 80) ведется разработка и реализация нового подхода к построению схемы радиометров сплошного спектра. Схема базируется на сверхширокополосной частотно-независимой антенне-облучателе «Eleven», разработанной в Швеции (Ун-т Чалмерс, Гетеборг), и следующего за ней сконструированного по оригинальной схеме сверхширокополосного входного приемно-усилительного блока. Для него завершены конструкторские, монтажные и наладочные работы в трех частотах дециметрового диапазона. Система «Октава» успешно прошла лабораторные испытания (рис. 47). В диапазоне 13 см обнаружены новые помехи на частотах 2.136 и 2.156 ГГц. Ведется проектирование и изготовление дополнительных фильтров для чистки этих помех, а также изготовление и наладка парциальных каналов для двух поляризаций на $\lambda 25$ см.



Рис. 47. Слева - лабораторные испытания системы «Октава»; справа – СВЧ-часть входного блока трехчастотной системы «Эридан» с малошумящими усилителями.

Fig. 47. Left: laboratory tests of the «Octave» system; right: the SHF part of the input unit of the three-frequency system «Eridanus» with low-noise amplifiers.

Завершена реконструкция и лабораторные испытания трехчастотного (диапазонов 4.8, 11.2 и 22 ГГц) широкополосного радиометра «Эридан» (рис. 48, справа), предназначенного для мониторинга электромагнитных помех в рабочих диапазонах РАТАН-600 (Отчет САО РАН 2009, с. 80). Вместо охлаждавшихся до азотного уровня (77К) усилителей на полевых транзисторах в нем установлены современные неохлаждаемые HEMT-усилители с предельно низкими шумами 17, 24 и 92 К, соответственно, изготовленные НПО «Микран» (Томск). Радиометр установлен на вторичном зеркале №2.

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

TECHNIQUES AND METHODS OF RADIO ASTRONOMY

UPGRADING THE RADIOMETER COMPLEX

Within the topic «Octave» (SAO Report 2009, p. 80) a new approach to the layout of continuum radiometers is being developed and implemented. The layout is based on a super wideband frequency-independent feeding antenna «Eleven» developed in Sweden (Chalmers University, Goteborg) and the successive super wideband input receiver-amplifier unit developed by an original layout.

The design, assembly and adjustment operations were completed in three frequencies of its decimeter range. The system «Octave» has successfully undergone laboratory tests (Fig. 47).

New interferences were detected in the range 13 cm at the frequencies 2.136 and 2.156 GHz. To reject these interferences, additional filters are being designed and produced; the partial channels for two polarizations at $\lambda 25$ cm are being produced and adjusted.



We completed reconstruction and laboratory tests of the three-frequency (of the ranges 4.8, 11.2 and 22 GHz) wideband radiometer «Eridanus» (Fig. 48, left) meant for the monitoring of electro-magnetic interferences in the RATAN-600 operational ranges of (SAO Report 2009, p.80).

Instead of FET amplifiers cooled to the nitrogen level (77 K) we set there modern noncooled HEMT amplifiers with the limit-low noise of 17, 24 and 92 K respectively, which were produced by the scientific production association «Mikran» (Tomsk). The radiometer was set at the secondary mirror 2.

**A.B. Berlin, Yu.N. Konovalov, N.A. Nizhelskij,
P.G. Tsybulev, D.V. Kratov, R.Yu. Udovitskij,
B.I. Karabashev.**

РАБОТЫ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ РАДИОТЕЛЕСКОПА

Создана оптоволоконная локальная сеть комплекса автоматизации радиотелескопа. Она обеспечивает работу подсистем реального времени, используемых в наблюдениях. Сеть состоит из 22-х узлов, расположенных на основных объектах радиотелескопа (лабораторный корпус, узлы управления антенной, узлы центра круга и облучатели). Завершены работы по созданию серверного комплекса РАТАН-600, включающего восемь серверов разного назначения (старый и новый серверы управления антенной, сервер сбора данных, старый и новый серверы банка наблюдательных данных, веб-сервер, Windows-сервер, сервер резервирования).

Г.В. Жеканис, И.В. Берлизев, В.М. Гурин, П.Г. Цыбулев.

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ В КONTИНУУМЕ

Внедрена новая система сбора данных и управления для наблюдений в континууме ER-DAS (Embedded Radiometric Data Acquisition System). Система является «строительным блоком» для создания распределенных сетевых измерительных радиометрических комплексов (рис. 48, вверху). Она состоит из двух гальванически изолированных подсистем: прецизионной аналоговой измерительной подсистемы с цепями нормирования сигналов и АЦП, и подсистемы цифровой обработки сигналов (ЦОС) с коммуникационным и ЦОС микропроцессорами. Такая архитектура определяется необходимостью встраивания аналоговой подсистемы в радиометр для измерения сигналов непосредственно на его выходе. Применение современных прецизионных усилителей постоянного тока (УПТ), работающих по схеме непрерывной автокалибровки нуля, позволило получить измерительную систему (ИС) с высокой стабильностью нуля. При таком решении отпадает необходимость в постоянных калибровках, при этом ИС не вносит в измеряемый сигнал шума со спектром вида $1/f$. Подсистема ЦОС обрабатывает потоки данных от АЦП по алгоритму, определяемому схемой радиометра, и выполняет передачу результата по сети. Радиометр с такой ИС становится интеллектуальным сетевым радиометром с функцией обработки сигнала и обмена информацией. Коммуникационный процессор работает под управлением ОС uClinux, которая вместе с ПО для процессора ЦОС хранится в энергонезависимой памяти и загружается при подаче питающего напряжения автоматически.

Алгоритм обработки сигналов модуляционных радиометров (рис. 48, внизу) в ER-DAS Radiometric Digital Lock-In (RDL) производит синхронное детектирование модулированного сигнала радиометра, цифровую фильтрацию и децимацию сигналов и, если необходимо, подавление импульсных помех. При этом для радиометра

WORK ON AUTOMATION OF THE RADIO TELESCOPE

Creation of the fiber-optic network of the radio telescope automation complex was completed. The network provides operation of the real-time subsystems used in observations.

It consists of 22 units distributed among main bodies of the radio telescope (the laboratory building, the antenna control assemblies, the assemblies of the circle center, and the feed cabins). We completed the work on the RATAN-600 server complex including eight servers of different purposes (the old and new servers of antenna control, the data acquisition server, the old and new servers of observational database, the web server, the Windows server, and the backup server).

G.V. Zhekanis, I.V. Berlizev, V.M. Gurin, P.G. Tsybulev.

THE CONTROL AND DATA ACQUISITION MODULE SYSTEM FOR CONTINUUM OBSERVATIONS

A new data acquisition and control system ER-DAS (Embedded Radiometric Data Acquisition System) for continuum observations was put into operation. The system is a block for creation of distributed network measuring radiometric complexes (Fig. 48, top).

It consists of two galvanically isolated subsystems: an analog high-precision measuring subsystem with circuits of signal normalization and ADC, and a subsystem of digital signal processing (DCP) with communication and DCP microprocessors.

Such architecture is determined by a necessity to embed an analog subsystem in the radiometer to measure signals directly at its input. Application of modern high-precision direct-current amplifiers (DCA) operating in the circuit of continuous auto calibration of zero allowed us obtaining a measuring system (MS) with a high stability of zero.

With this solution there is no necessity to make constant calibrations and the MS does not introduce noise with the spectrum of the form $1/f$ into the measured signal. The DCP subsystem processes data fluxes from ADC according to the algorithm determined by the radiometer layout and transfers results via the network.

A radiometer with such an MS becomes an intellectual network radiometer with the function of signal processing and information interchange. The communication processor is controlled by the OS uClinux, which is stored in the nonvolatile memory together with software for the DCP processor and is downloaded automatically when voltage is applied.

The algorithm of processing signals from modulated radiometers (Fig. 48, bottom) produces a synchronous detecting of modulated signal of the radiometer, digital filtration and decimation of signals and, if necessary, suppresses pulse interferences.

Two modes of simultaneous measurements are

впервые возможны два режима измерения одновременно - режим модуляционного радиометра и режим радиометра полной мощности.

accessible in the radiometer for the first time: the mode of modulated radiometer and the mode of full-power radiometer.

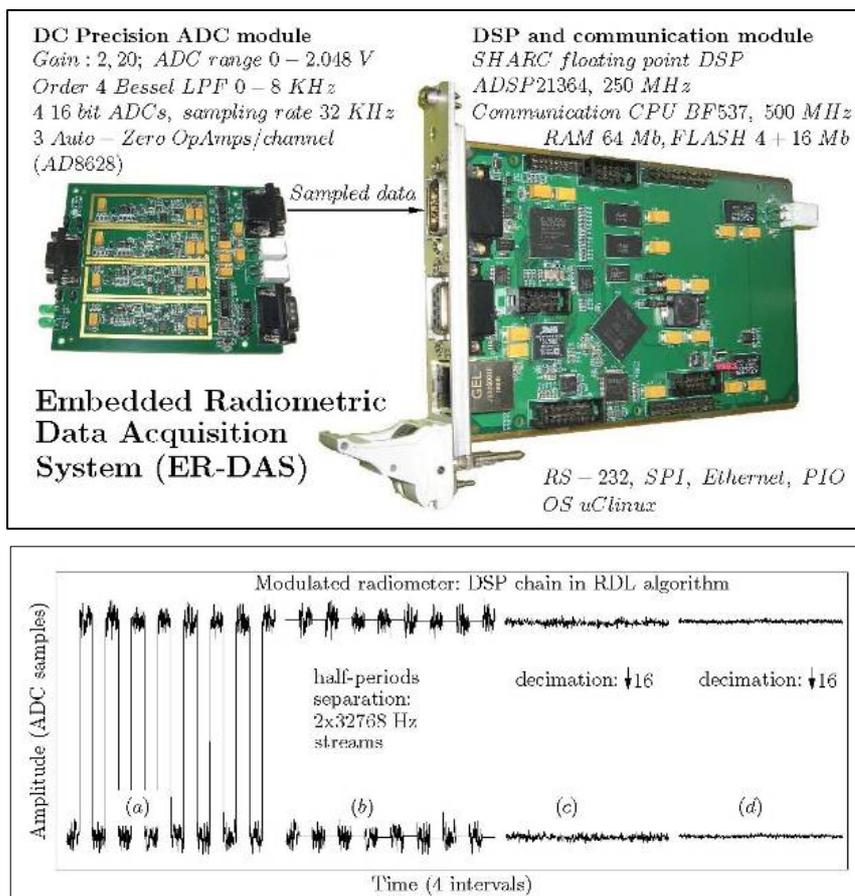


Рис. 48. Вверху - модули системы сбора данных и управления для прецизионных наблюдений в континууме ER-DAS; внизу – работа алгоритма RDL (Radiometric Digital Lock-In) обработки сигналов модуляционных радиометров в ER-DAS.

Fig. 48. Top: modules of the data acquisition and control system for high-precision observations in continuum ER-DAS; bottom: operation of the RDL (Radiometric Digital Lock-In) algorithm of processing of signals from modulated radiometers in ER-DAS.

ИС может применяться не только в радиометрии, но и в любых задачах прецизионного измерения сигналов датчиками с полосой от 0 до 8 КГц в диапазоне напряжений от 0 до 1.024 Вольт. Алгоритмы ЦОС могут быть любыми, соответствующими задаче. ER-DAS работает в составе комплекса МАРС-3 по программе «Космологический Ген Вселенной». Система демонстрирует высокую стабильность и точность измерений с предельно низким уровнем собственных шумов.

П.Г. Цыбулев.

The MS can be applied not only in radiometry, but also in any tasks of high-precision measurement of signals by detectors with the band from 0 to 8 kHz within the voltage range from 0 to 1.024 V.

All DSP algorithms corresponding to the task are possible. ER-DAS operates as a part of the MARS-3 complex under the program «Cosmological Gene of the Universe».

The system demonstrates high stability and the precision of measurement with a limit-low level of self- noise.

P.G. Tsybulev.

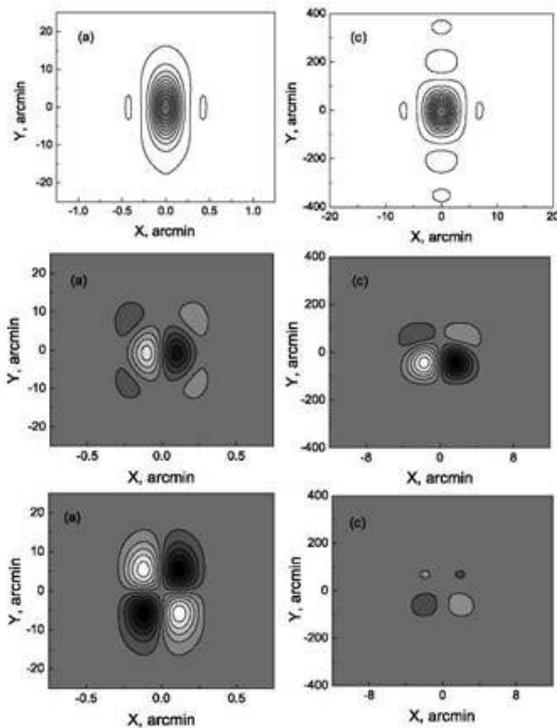
ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ И ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАТАН-600 В РЕЖИМЕ «ЮГ+ПЛОСКИЙ» С УЧЕТОМ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

Проведены исследования диаграммы направленности (ДН) и поляризационных характеристик радиотелескопа с учетом

BEAM PATTERN AND POLARIZATION CHARACTERISTICS OF RATAN-600 IN THE MODE «SOUTH+FLAT» WITH REGARD TO DIFFRACTION EFFECTS

We studied the beam pattern (DP) and polarization characteristics of the radio telescope with regard to diffraction effects in the space between the secondary,

дифракционных эффектов в пространстве между вторичным, главным и плоским зеркалами в режиме наблюдений «Юг+плоский», а также с одним сектором при установке антенны на горизонт. Произведен расчет элементов матрицы Мюллера M_{11} , M_{41} и M_{32} во всем рабочем диапазоне длин волн, как при сфокусированной антенне, так и при выносах первичного облучателя из фокуса. Исследовано поведение элементов в зависимости от угла наклона плоского отражателя (высоты источника).



Из-за дифракционных эффектов с ростом длины волны происходит сужение вертикальных размеров ДН и элементов матрицы Мюллера, кроме того, наблюдается смещение элементов в вертикальной плоскости и изменение их лепестковой структуры. Наибольшие изменения наблюдаются у элемента M_{32} . На $\lambda 37$ см происходит частичная деполаризация этого элемента с последующим изменением знака. В режиме «Юг+плоский» все изменения, вызванные дифракционными эффектами, начинаются на более коротких волнах, чем в режиме наблюдений с одним сектором на горизонте. Проведено сравнение рассчитанной с учетом дифракционных эффектов ДН (элемента M_{11}) с экспериментальными данными на $\lambda 7.6$ см. В диапазоне рассматриваемых высот 25° - 100° они показали хорошее совпадение (рис. 49).
Е.К. Майорова, Л.В. Опейкина.

МНОГООКТАВНЫЙ СПЕКТРАЛЬНО-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ПРИЕМНЫЙ КОМПЛЕКС

Завершено многооктавное перекрытие частотного диапазона РАТАН-600 с помощью комплекса с

main and flat mirrors in the observational mode «South+Flat», and with one sector when the antenna is directed to horizon.

Elements M_{11} , M_{41} and M_{32} of the Müller matrix were calculated in the whole operational wavelength range when the antenna is focused and when the primary feed cabin is carried out of focus.

Behavior of elements depending on slope angle of the flat reflector (altitude of a source) was investigated

Рис. 49. Двумерные ДН и элементы матрицы Мюллера M_{41} и M_{32} (сверху вниз) в режиме работы «Южный+плоский» на волнах 2 см (a) и 32 см (c). Нормировка осуществлялась к максимальному значению ДН. Изофоты ДН проведены с шагом 0.1, начиная с внешнего уровня 0.01, M_{41} - с шагом ± 0.006 , начиная с уровней ± 0.003 и M_{32} - с шагом ± 0.004 , начиная с уровней ± 0.002 .

Fig. 49. 2D beam patterns (BPs) and elements M_{41} and M_{32} of the Müller matrix (from top to bottom) in the operational mode «South+Flat» at the wavelengths 2 cm and 32 cm (c). Normalization was made to the maximum of BP. BP isophotes are drawn with the step 0.1 starting from the outer level 0.01, M_{41} - with the step ± 0.006 starting from the levels ± 0.003 and M_{32} - with the step ± 0.004 starting from the levels ± 0.002 .

Due to diffraction effects, the vertical size of BP and elements of the Müller matrix decrease as the wavelength increases; besides, the elements shift in the vertical plane and their lobe structure change.

The largest change is observed for the element M_{32} . At $\lambda 37$ cm this element is partially depolarized, and subsequently the sign changes. In the mode «South+Flat» all alterations caused by diffraction effects appear at shorter wavelengths than in the observational mode with one sector at horizon.

The BP calculated with regard to diffraction effects (the element M_{11}) was compared to experimental data at $\lambda 7.6$ cm.

They showed a good agreement within the considered altitude range 25° - 100° (Fig. 49).

Е.К. Майорова, Л.В. Опейкина.

MULTIOCTAVE SPECTRAL-POLARIZATION RECEIVER COMPLEX

The multioctave overlap of the RATAN-600 frequency range was completed with the help of a complex of

параллельным анализом спектра (Отчет САО РАН 2009, с. 83). Исследуемый микроволновый диапазон перекрыт по частоте от 0.75 ГГц до 18 ГГц с частотным разрешением 1%, что в сочетании с большой эффективной площадью радиотелескопа предоставляет новые возможности в исследованиях тонкой структуры радиоизлучения солнечной короны. Реализована регистрация мгновенного спектра во всем частотном диапазоне.

parallel analysis of spectrum (SAO RAS Report 2009, p. 83). The studied microwave frequency range is overlapped from 0.75 GHz to 18 GHz with the frequency resolution 1%, which, in combination with the large effective area of the radio telescope, provides new possibilities of studying the fine structure of radio emission of the solar corona.

The registration of instant spectrum in the whole frequency range was implemented.

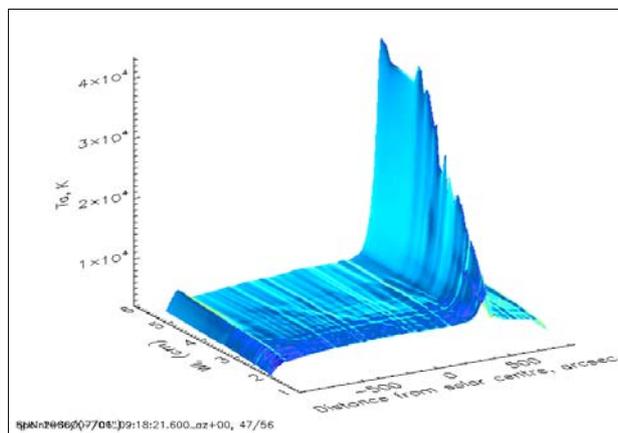
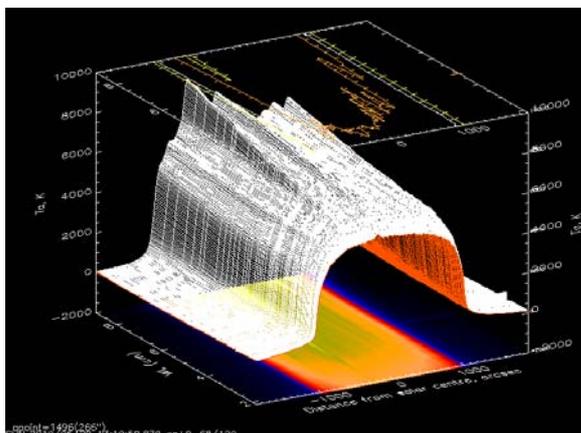


Рис. 50. Радиоспектры Солнца в 3-D формате. а) спектр Солнца со слабой активностью; б) то же , со вспышечной активной областью.

Fig. 50. 3D radio spectra of the Sun. a) the spectrum of the Sun with weak activity; b) that with a flaring active region.

На рисунке 50 представлены спектры радиоизлучения Солнца в широком диапазоне в 3D-формате. Регулярные наблюдения Солнца проходят автоматическую обработку и выставляются в сети Интернет на сайте <http://www.spbf.sao.ru/prognoz/> в оперативном режиме раз в 4 минуты.
В.М. Богод, С.В. Балдин, А.А. Перваков, С.Х. Тохчукова.

Fig. 50 presents 3D spectra of radio emission of the Sun in the wide range.

Regular observations of the Sun are processed automatically and are downloaded to the Internet site <http://www.spbf.sao.ru/prognoz/> every 4 minutes.

V.M. Bogod, S.V. Baldin, A.A. Pervakov, S.Kh. Tokhchukova.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ РАБОТ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ РАТАН-600

RESULTS OF PROSPECTING WORK ON RATAN-600 MODERNIZATION



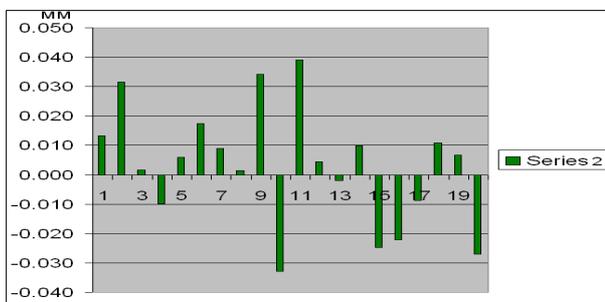
Рис. 51. Устройства, которые устранили люфты и повысить в десятки раз точность установки отражательных элементов радиотелескопа. Вверху: слева-винты на шариковинтовой передаче с гайками, справа - цифровой шаговый серводвигатель; внизу: слева-направо - безлюфтовой ЦРВС, подшипниковая опора, соединительное устройство.

Fig. 51. The use of these devices allowed us eliminating backlashes and increasing the setting precision of reflecting elements of the radio telescope tens of times. Top: left – ballscrew-driven screws with nuts, right – the digital stepping servomotor; bottom: from left to right – the backlash-free constant-velocity universal ball joint, the bearing support, the coupling arrangement.

Проведены поисковые исследования точности установок отражательных элементов (ОЭ) радиотелескопа для освоения миллиметрового

To master the millimeter wavelength range and improve RATAN-600 parameters, the exploratory study of the setting precision of reflecting elements (RE) of the radio

диапазона волн и улучшения параметров РАТАН-600. Проведены поисковые исследования точности установок отражательных элементов (ОЭ) радиотелескопа для освоения миллиметрового диапазона волн и улучшения параметров РАТАН-600. Эти изыскания показали, что при замене приводов на современные (рис. 51) достигается высокая точность и стабильность установок ОЭ до СКО 0.02 мм, а скорость их перемещения увеличивается в 6-10 раз. В сочетании с цифровым управлением ОЭ такие характеристики могут обеспечить высококачественную работу РАТАН-600 не только в сантиметровом, но и в миллиметровом диапазоне с реализацией точного сопровождения объектов. Благодаря применению режима плавного безударного регулирования скорости (рис. 52), многократно возросли надежность и ресурс и на порядок уменьшились энергозатраты.



**В.М. Богод, В.С. Рябуха, В.Б. Хайкин, М.К. Лебедев,
А.А. Стороженко, Ю.В. Рябуха, С.В. Шлензин,
П.В. Призов, В.А. Капранов, Е.К. Майорова.**

telescope was carried out.

To master the millimeter wavelength range and improve RATAN-600 parameters, the exploratory study of the setting precision of reflecting elements (RE) of the radio telescope was carried out.

This prospecting has shown that the replacement of drives by new ones (Fig. 51) allows achieving a high precision and stability of RE settings up to RMSE of 0.02 mm, and the velocity of their shifting increases 6-10 times. In combination with digital control of REs, such characteristics can provide the high-quality operation of RATAN-600 not only in the centimeter, but also in the millimeter wavelength range with implementation of precise tracking of objects. Thanks to application of the mode of continuous non-impact adjustment of velocity (Fig. 52) the reliability and resource increased manifold, and power inputs decreased by an order.

Рис. 52. Один из основных результатов проведенной модернизации со щитом №720. Повторяемость наведения щита на произвольно выбранную точку по радиусу составило 18 микрон.

Fig. 52. One of the main results of the modernization of panel 720. The repeatability of the panel pointing to an arbitrarily chosen point was 18 microns in radius.

**V.M. Bogod, V.S. Ryabukha, V.B. Khaikin, M.K. Lebedev,
A.A. Storozhenko, Yu.V. Ryabukha, S.V. Shlenzin,
P.V. Prizov, V.A. Kapranov, E.K. Majorova.**