

## РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600

В 2007-2008 гг. РАТАН-600 работал в полном объеме в основных штатных режимах. В наблюдениях использовались Северный и Южный сектора 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.

### ИТОГИ РАБОТЫ РАДИОТЕЛЕСКОПА РАТАН-600

В 2007-2008 гг. запрашиваемое в заявках время в ~2 раза превышало реальное наблюдательное время телескопа. Более всего заявок поступает на Северный сектор и облучатель №1. Результаты работы вторичных зеркал РАТАН-600 с различными комплексами приемной аппаратуры представлены в таблице 7. Общие потери наблюдательного времени составили ~5 %: аппаратурные потери и потери из-за энергоснабжения составили менее 2%; остальные потери – по погодным условиям, которые в отчетный период оказались большими, чем обычно.

Мы приступили к переоснащению приводной техники вторичных облучателей РАТАН-600 и созданию систем автоматизированного управления позиционированием облучателей.

С 2008 г. работает новая версия солнечного спектрально-поляризационного комплекса высокого разрешения (СПКВР-2). Для представления данных наблюдений Солнца на РАТАН-600 разработан интернет-ресурс, который в режиме реального времени выполняет сбор и анализ данных. Он имеет сервисы для поиска и анализа данных, включая сопоставление с данными других инструментов, получение спектров и других параметров локальных источников.

Продолжаются работы по использованию первичных облучателей с единым фазовым центром, что позволит «разгрузить» первичный фокус и проводить наблюдения в режиме многочастотного сопровождения (проект «Октава» для облучателей №№ 1 и 3).

Продолжались работы по мониторингу и исследованию внешних помех в дециметровом диапазоне с последующей доработкой приемных трактов по защите от электромагнитных помех радиометров этого диапазона.

В таблицах 8 и 9 приведен список научных программ, по которым работал радиотелескоп РАТАН-600 в 2007-2008 гг.

*М. Г. Мингалиев*

## RADIO TELESCOPE RATAN-600

In 2007-2008 RATAN-600 was operating in fullest measure in normal operation modes. Observations were involved the Northern and Southern Antenna Sectors, the Flat Reflector and secondary mirrors: the feed cabin №1 (continuum), the feed cabin №2 (radio lines), the 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.

### SUMMARY OF THE RADIO TELESCOPE RATAN-600 OPERATION

In 2007-2008 the requested time was about twice as long as the actual observational time of the telescope. Most of the requests are submitted for the Northern sector and feed cabin № 1. Results of operation of the RATAN-600 secondary mirrors with different complexes of receiving equipment are presented in Table 7. The total loss of observational time was ~5%: less than 2% of loss was caused by equipment and power supply failures; the remaining time loss was due to the weather conditions that were not much different than the usual annual weather conditions.

Massive work has been started on the modernizing of the RATAN-600 secondary mirrors drive equipment and on the development of the automatic control system of feed cabin stationing.

Since 2008 a new version of the Solar Spectral and Polarization Complex of High Resolution (SPCHR-2) is in operation. We have developed an internet-based resource in order to present the solar observational data from the RATAN-600. It operates in real time and performs operations on data acquisition and analysis. A web interface has services for the data search and analysis, including comparisons with the data from other instruments, acquisition of spectra and other parameters of local sources.

Work is ongoing on the use of primary feeds with a unified phase centre, which would allow to «unload» the primary focus and conduct observations in the multifrequency tracking mode (the Octava project for feed cabins №№ 1 and 3).

Work is ongoing on the monitoring and study of external interferences in decimeter range with further engineering follow-up of the receiving paths with regards to the protection from electromagnetic interferences of the radiometers of this range.

Tables 8 and 9 list the scientific programs the RATAN-600 radio telescope was serving in 2007-2008.

*M.G. Mingaliev*

Таблица 7. Распределение наблюдательного времени между вторичными зеркалами RATAN-600 в 2007-2008 гг.

Table 7. The observational time distribution between the secondary mirrors of RATAN-600 in 2007-2008.

Вторичное зеркало	Запланировано наблюдений	Проведено наблюдений	Secondary mirror	Observations scheduled	Observations made
N1: источники	36429	34590	№ 1: sources	36429	34590
N2: источники	883	815	№ 2: sources	883	815
N3: источники	2710	2560	№ 3: sources	2710	2560
Итого:	40022	37965	Total:	40022	37965

Таблица 8. Список проведенных на RATAN-600 наблюдательных программ в 2007 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
Богод В.В.	САО РАН	Исследования Солнца
Горшков А.Г.	ГАИШ МГУ	Исследование активности ядер внегалактических источников радиоизлучения в широком диапазоне временных масштабов
Госачинский И.В.	САО РАН	Исследование структуры и кинематики межзвездного газа в областях звездообразования
Дубрович В.К.	САО РАН	Спектральные исследования внегалактических прото-объектов
Кардашев Н.С.	АКЦ ФИАН	Исследование спектральных характеристик и переменности радиоисточников северной полярной шапки
Ковалев Ю.Ю.	МПИФР, АКЦ ФИАН	Поиск и исследование релятивистских струй в активных галактиках и квазарах
Парийский Ю.Н.	САО РАН	Космологический ген
Парийский Ю.Н.	САО РАН	Пробные наблюдения на MAPC-3
Рико Ж.	IFAE, Испания	Многоволновые наблюдения LSI+61 303
Торнианен И.	MRO, Финляндия	Исследование спектров и переменности GPS-источников
Торниковский М.	MRO, Финляндия	Одновременные спектры лацертид
Трушкин С.А.	САО РАН	Мониторинг микроквazarов

Table 8. List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2007.

PI	Institute / Country	Short program title
Bogod V.V.	SAO RAS	Investigations of the Sun
Gorshkov A.G.	SAI MSU	Research of activity of extragalactic radio sources nuclei in wide temporal ranges
Gosachinskij I.V.	SAO RAS	Study of structures and kinematics of interstellar gas in star formation regions
Dubrovich V.K.	SAO RAS	Spectral study of extragalactic protoobjects
Kardashev N.S.	ACC RAS	Study of spectra and variability of the North Polar Cape radio sources
Kovalev Yu.Yu.	MPIfR, ASC FIAN	Discovery and spectral study relativistic jets in active galactic nuclei and quasars
Parijskij Yu.N.	SAO RAS	Cosmological gene
Parijskij Yu.N.	SAO RAS	MARS-3 test observations
Rico J.	IFAE, Spain	Multiwavelength campaign on LSI+61 303
Torniaainen I.	MRO, Finland	Investigation of radio spectra and variability of GPS sources
Tornikoski M.	MRO, Finland	Simultaneous spectra of the BL Lacertae Object
Trushkin S.A.	SAO RAS	Monitoring of microquasars

Таблица 9. Список проведенных на РАТАН-600 наблюдательных программ в 2008 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
Андернах Х.	Мексика	Поиск ярких источников в мм-диапазоне
Горшков А.Г.	ГАИШ МГУ	Исследование переменности АЯГ в широком диапазоне временных масштабов
Госачинский И.В.	САО РАН	Структура и кинематика межзвездного газа в областях звездообразования
Ковалев Ю.Ю.	MPIfR, АКЦ ФИАН	Поиск релятивистских струй в активных галактиках и квазарах
Парийский Ю.Н.	САО РАН	Космологический Ген Вселенной
Торнианен И.	MRO, Финляндия	Исследование спектров и переменности GPS-источников
Торниковский М.	MRO, Финляндия	Одновременные спектры лацертид
Трушкин С.А.	САО РАН	Мониторинг микроквazarов

Table 9. List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2008.

PI	Institute/ Country	Short program title
Andernach H.	Univ.Guanajuato, Mexico	Search for mm-wavelengths bright sources
Gorshkov A.G.	SAI MSU	Research of activity of extragalactic radio sources nuclei in wide temporal ranges
Gosachinskij I.V.	SAO RAS	Structure and kinematics of interstellar gas in regions of star formation
Kovalev Yu.Yu.	MPIfR, ASC FIAN	Discovery and spectral study relativistic jets in active galactic nuclei and quasars
Parijskij Yu.N.	SAO RAS	Cosmological gene
Torniainen I.	MRO, Finland	Investigation of radio spectra and variability of GPS sources
Tornikoski M.	MRO, Finland	Simultaneous spectra of the BL Lacertae Objects
Trushkin S.A.	SAO RAS	Monitoring of microquasars

## АНТЕННА РАТАН-600

**Западный сектор.** Проведены работы на элементах антенны 303-487 по ремонту механических приводов элементов антенны, их электрической части и схем автоматики по трем координатам.

**Модернизация вторичных облучателей.** Приступили к переоснащению приводной техники вторичных облучателей РАТАН-600 и созданию систем автоматизированного управления позиционированием облучателей. Внедрены в эксплуатацию новые приводы главного движения облучателей №1 и №2, укомплектованные оборудованием SEW-Eurodrive.

**Модернизация программного обеспечения и электронного оборудования и АСУ антенны РАТАН-600.** Разработана архитектура АСУ IV для пяти типов облучателей. Основными компонентами архитектуры являются оборудование на базе программируемых контроллеров KONTRON и WAGO, приводной техникой SEW-Eurodrive, релейного оборудования OMRON, электротехнических компонентов Schneider Electric

## RATAN-600 ANTENNA

**The Western Sector.** Maintenance work was done on the antenna elements 303-487 with mechanical antenna drive mechanisms, repairs of the electrical section, and automation circuits in three coordinates thereof.

**Modernization of Secondary Feed Cabins.** Major works have been started to reequip the drive mechanisms of the secondary feed cabins of the RATAN-600 and on the development of the systems of automated control of the feed cabins positioning. New drives of primary motion of the feed cabins №1 and №2 are put into operation, featuring the SEW-Eurodrive equipment.

**Modernization of RATAN-600 Antenna Software, Automated Control System and Electronic Equipment.** Architecture of the automated control system IV for five types of feed cabins is engineered. The main component of the architecture is the equipment based on the KONTRON and WAGO programmable controllers, SEW-Eurodrive drive mechanisms, OMRON relay equipment, electro technical material by Schneider Electric and LEGRAND, and the network protocol CIP

и LEGRAND, а также сетевого протокола СІР (Common Industrial Protocol) для систем реального времени с распределенными вычислительными и исполнительными ресурсами.

На базе программируемого логического контроллера (ПЛК) KONTRON создан стенд для разработки программного обеспечения и проведения испытаний элементов системы управления приводами облучателей.

Приступили к разработке программного обеспечения для работы по протоколу СІР в ОС Linux. Продолжена разработка программного обеспечения для синхронизации распределенных систем реального времени и модернизации службы точного времени с использованием СІР.

**Модернизация локальных вычислительных сетей.** Проведен анализ оборудования и программного обеспечения для создания надежных, не создающих радиопомех вычислительных сетей, обеспечивающих работу облучателей. Начата прокладка оптоволоконной и монтаж оборудования.

**Учет помех.** Продолжены аппаратурно-методические работы (см. Отчет САО РАН 2006, с. 63) по исследованию и учету факторов, мешающих длительным наземным наблюдениям, а также систематических эффектов, затрудняющих выделение полезного сигнала (влияние метеорологических и атмосферных вариаций, электромагнитные помехи). Уточнены параметры электромагнитных помех в рабочих полосах частот РАТАН-600.

## ТЕХНИКА И МЕТОДЫ РАДИОАСТРОНОМИИ

### НАБЛЮДЕНИЯ С МАТРИЧНОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Проведены первые наблюдения в автоматическом режиме по заданному недельному расписанию с уникальной 16-канальной (32 входа) матричной радиометрической системой МАРС-3 (см. рис. 66 и Отчет САО РАН 2006, 61-63).

Разработана система сбора данных и управления облучателем № 5, позволяющая на программном уровне выбирать режимы наблюдений для МАРС-3. Она рассчитана на автоматический сбор информации и управление 24 независимыми радиометрами. Использование МАРС-3 в режиме прохождения радиостанций через неподвижную диаграмму антенны позволяет в 4 раза повысить чувствительность радиотелескопа по сравнению с одноканальным радиометром и в 16 раз сократить число дней для накопления сигнала от слабых объектов. Настоящая фокальная матрица по числу элементов не имеет аналогов в радиоастрономии. Она является основой исследования слабых фоновых

(Common Industrial Protocol) for real-time systems with distributed computational and execution resources.

Based on the KONTRON programmable logic controller (PLC), we designed a stand for software engineering and development testing of the feed cabin drive control system elements.

Work was started on the software development that would run the СІР protocol in Linux. Software engineering work is in progress to synchronise the distributed real-time systems and modernize the correct time service with the use of СІР protocol.

**LAN Modernization.** Analysis was done of the equipment and software for the development of robust, reliable, interference-free networks that ensure the operation of feed cabins. Optical fibre cabling and equipment erection is started.

**Adjustments for Interferences.** Instrumental-methodical works are ongoing (see SAO RAS Annual Report 2006, p.63) on the study of factors, interfering with the continuous ground-based observations, and the systematic effects, impeding the separation of friendly signal (meteorological conditions and atmospheric variability effects, electromagnetic interferences). We refined the parameters of electromagnetic interference in the РАТАН-600 operating frequency pass bands.

## RADIO ASTRONOMY TECHNIQUES

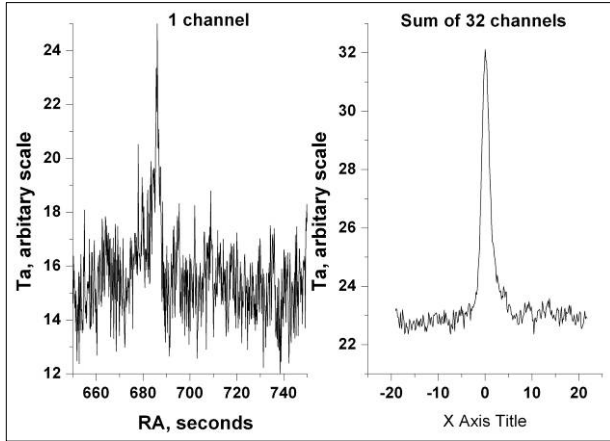
### OBSERVATIONS WITH MATRIX RADIOMETRIC SYSTEM

The first observations are conducted with the unique MARS-3 16-channel (32-input) matrix radiometric system (see Fig. 66 and SAO RAS Annual Report 2006, p. 61-63) in automatic mode on a given weekly schedule.

We engineered the data acquisition system and the feed cabin № 5 control system, allowing to choose the observational mode for MARS-3 on the software level. It is designed for automated data acquisition and control of 24 independent radiometers. The use of MARS-3 in the mode of radio source passage (transmission) through a stationary beam pattern allows enhancing the radio telescope sensitivity by 4 times as compared to the one-channel radiometer, and to scale down by 16 times the number of days required to accumulate the signal from faint objects.

The current focal matrix does not have analogues in radio astronomy with regards to the number of elements. It is the basis for the studies of faint background

излучений Вселенной на РАТАН-600 и других объектов со спектром излучения близким к «чернотельному», а именно, планет и спутников, активных ядер галактик, эффекта Сюняева-Зельдовича и другое.



emissions of the Universe and other objects with the spectra close to black body radiation, i.e., planets and companions, active galactic nuclei, Sunyaev-Zel'dovich effect etc. on the RATAN-600.



Рис. 66. Слева - запись радиисточника DR21 с одного входа системы МАРС-3 и просуммированные данные с 32 входов. Справа - система МАРС-3, установленная в фокусе специализированного облучателя №5 РАТАН-600 с увеличенной безабберационной зоной.

Fig. 66. Left: registration of the DR21 radio source from one input of the MARS-3 system and a sum of 32 inputs. Right: the MARS-3 system mounted in the focus of a specialized feed cabin № 5 of the RATAN-600 with an extended aberrationless zone.

А.Б. Берлин, П.Г. Цибулев, Н.А. Нижельский,  
М.Г. Мингалиев, Д.В. Кратов, В.В. Смирнов,  
А.М. Пилипенко, Р.Ю. Удoviцкий.

A.B. Berlin, P.G. Tsibulev, N.A. Nizhelskii,  
M.G. Mingaliev, D.V. Kratov, V.V. Smirnov,  
A.M. Pilipenko, R.Yu. Udovitskii.

#### Разработка широкополосных облучателей с единым фазовым центром для малощумящих радиометров

#### Development of Wide-Band Feeds with Single Phase Centre for Low-Noise Radiometers

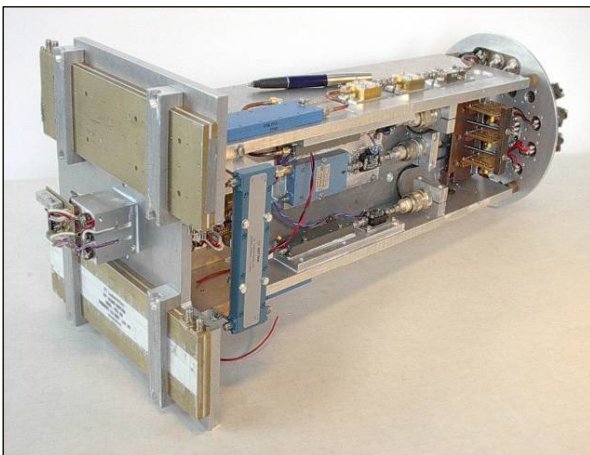


Рис. 67. Сверхширокополосный блок.

Fig. 67. Superwide-band unit.

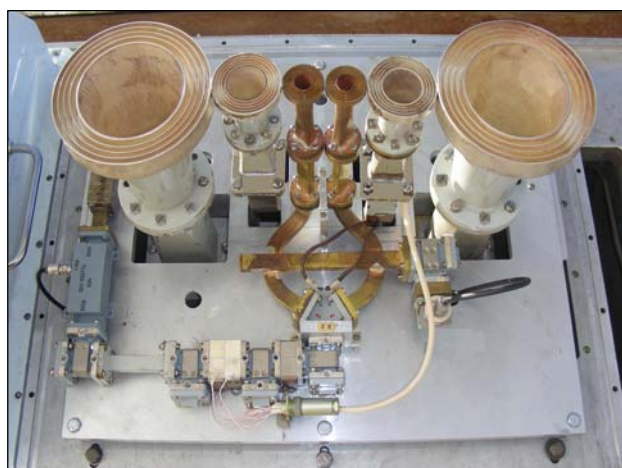
Продолжены работы по проекту «Октава» (см. Отчет САО РАН 2004-2005, с. 82), в рамках которого реализуется новый подход к построению схемы радиометров сплошного спектра на основе сверхширокополосной частотно-независимой антенны-облучателя и сверхширокополосного входного приемно-усилительного блока (рис. 67).

The work is in progress on the Octave project (see the SAO RAS Annual Report 2004-2005, p. 82). Within the framework of the Octave a new approach is realized with regards to the construction of the circuit of continuum radiometers based on a superwide-band all-pass feed antenna and a superwide-band input receiving-amplifying unit (Fig. 67). Engineering of the input

Ведется конструирование элементов входного СВЧ блока и разработка электронных схем. Изготовлены элементы механической конструкции и печатные платы. Приступили к монтажу СВЧ блока. Параллельно начата разработка выходных блоков системы, определяющих частотный диапазон каждого конкретного («парциального») радиометрического канала. Для канала на  $\lambda 13$  см ведется разработка схем и конструкций.

*А.Б. Берлин, Ю.Н. Парийский, М.Г. Мингалиев, Н.А. Нижельский, Г.М. Тимофеева, Д.В. Кратов.*

#### Мониторинг электромагнитных помех



Для технической поддержки мониторинга электромагнитных помех в рабочих диапазонах радиотелескопа на облучателе № 5 введен в строй неохлаждаемый вариант трехчастотного (4.8, 11.2 и 21.7 ГГц) радиометрического комплекса «Эридан» (рис. 68), в котором вместо  $\lambda 1.0$  см установлен радиометр диапазона  $\lambda 1.38$  см для контрастного наблюдения в максимуме излучения атмосферы (водяного пара).

Пробные наблюдения показали недостаточную для данной задачи чувствительность в диапазоне  $\lambda 1.38$  см и необходимость дальнейшей модернизации данного радиометра с применением новой современной элементной базы.

*Д.В. Кратов, Р.Ю. Удовичкий, Б.И. Карабашев.*

#### МЕТОДЫ ФИЛЬТРАЦИИ И ЧИСТКИ АТМОСФЕРНОГО ШУМА

Рассмотрены методы чистки атмосферного шума с помощью вейвлет-анализа (частотно-временная чистка), «медианного» метода и многочастотной фильтрации (рис. 69). Глубина чистки определяет процент реально используемых сканов в обработке. Многочастотная фильтрация при хороших атмосферных условиях не эффективна. На рис. 69 (слева) показан процент удаленных

microwave unit elements and development of electronic circuits is in progress. The elements of the unit's mechanic construction and circuit boards are fabricated; its installation is being done.

Development of the output units of the system, determining the frequency range of each specific (partial) radiometric channel is as well in progress. We are as well currently developing the circuits and constructions for the  $\lambda 13$  cm channel.

*A.B. Berlin, Yu.N. Parijskiy, M.G. Mingaliev, N.A. Nizhelskiy, G.M. Timofeeva, D.V. Kratov.*

#### Monitoring of Electromagnetic Interferences

*Рис. 68. Модернизированный трехчастотный радиометрический комплекс «Эридан» (4.8, 11.2 и 21.7 ГГц).*

*Fig. 68. Modernized three-frequency radiometric complex ERIDAN (4.8, 11.2 and 21.7 GHz).*

An uncooled release of the ERIDAN three-frequency (4.8, 11.2 and 21.7 GHz) radiometric complex (Fig. 68) is put into operation to provide the technical support of monitoring of electromagnetic interferences in the operating band of the radio telescope. Here instead of a  $\lambda 1.0$ -cm band radiometer, a radiometer with the band of  $\lambda 1.38$  cm is mounted to make possible the contrast observations in the maximum of atmospheric emission (water vapour).

Pilot observations have shown an insufficient for this task sensitivity in the  $\lambda 1.38$  cm band and a need for further modernization of this radiometer with the use of new high-end elemental base.

*D.V. Kratov, R.Yu. Udovitskii, B.I. Karabashev.*

#### TECHNIQUES OF FILTERING AND CLEANING THE ATMOSPHERIC RADIATION

We examined the methods of atmospheric noise cleaning using the wavelet analysis method (time-and-frequency cleaning), the median method and the multifrequency filtration method (Fig. 69). The depth of cleaning determines the percentage of the scans truly used in reduction. The multifrequency filtration in good atmospheric seeing conditions is not efficient. Figure 69 (left) demonstrates the percentage of eliminated records

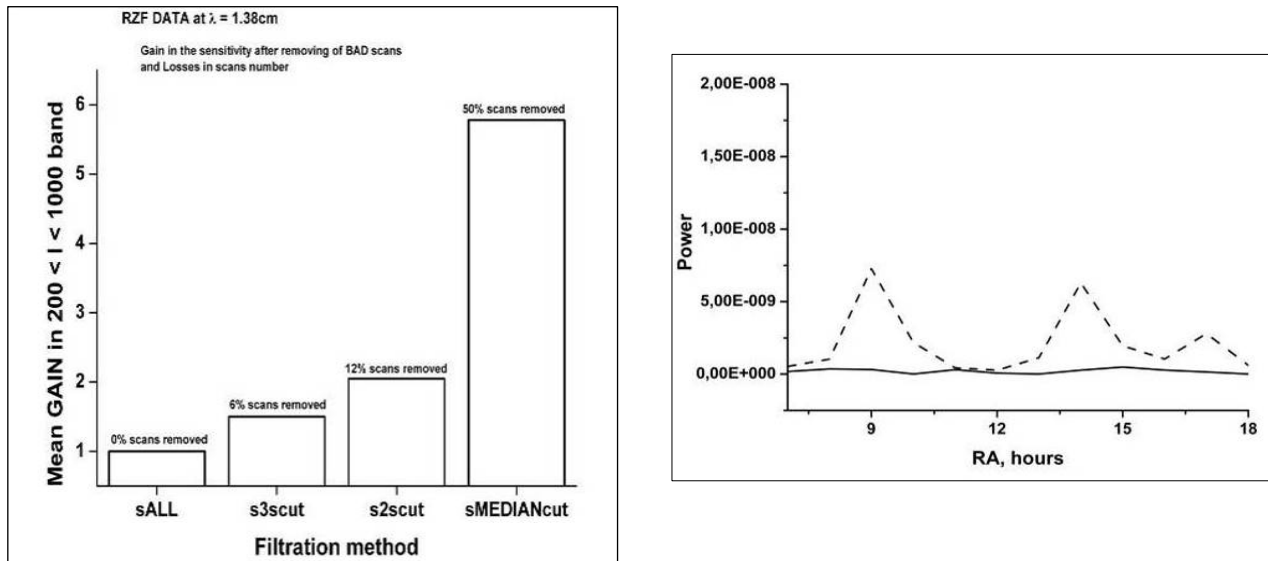


Рис. 69. Слева - эффективность различных методов чистки атмосферного шума. sALL - дисперсия атмосферного шума при использовании всего массива без исключения принята за единицу; s3scut - улучшение чувствительности при исключении записей с шумами более  $3\sigma$ ; s2scut -  $2\sigma$ . sMEDIANcut - выигрыш в чувствительности при удалении 50% записей, после их сортировки по уровню шума. Справа - суммарные сканы до и после чистки атмосферного шума методом вейвлет-анализ на масштабах  $l = 40$ . Целесообразность такой чистки кажется очевидной. Удаление 30% плохих данных на плоскости  $(l, t)$  привело к снижению мощности атмосферного шума более чем на порядок.

Fig. 69. Left: efficiency of different methods for atmospheric noise cleaning. sALL is the dispersion of atmospheric noise using the entire array, adopted as a unity; s3scut is - sensitivity gain dropping the recordings with noises over  $3\sigma$ ; s2scut -  $2\sigma$ . sMEDIANcut - sensitivity gain with a dropout of 50% of recordings after the noise-level sort. Right: overall scans before and after the atmospheric noise cleaning using the wavelet analysis method at the scales of  $l = 40$ . Practicability of such cleaning seems obvious. Elimination of 30% of incorrect data on the plane  $(l, t)$  led to the atmospheric noise power reduction by more than one order of magnitude.

записей из суммарного числа сканов, при использовании разных методов чистки. В статистике обрабатывалось около 90 24-х часовых записей из массива RZF-обзора на  $\lambda 1.38$  см. Так же на данном рисунке показана оценка потерь при «медианной» чистке, при которой отбрасывается 50% массива. Чистка дает ощутимый выигрыш в чувствительности при сравнительно небольших потерях данных. На рисунке 69 (справа) представлены суммарные сканы до и после чистки атмосферного шума для разных масштабов. Видно, что эффективность высокая для крупных масштабов ( $l \sim 40$ ) и резко снижается для мелких масштабов при приближении характера флуктуаций к «белому» шуму.

Н.Н. Бурсов.

## ЦИФРОВОЙ СПЕКТРОАНАЛИЗАТОР АС-60/2048

Разработан и изготовлен новый спектрограф на 2048 спектральных канала с полосой анализа 60 МГц (рис.70, слева). Прибор предназначен для регистрации спектров сигнала в режиме реального времени. Получение информации о сигнале в пространстве «время-частота-мощность» позволяет проводить анализ сигналов, быстро меняющихся во

from the total number of scans using the different methods. In the statistics we processed about 90 24-h recordings from the array of the RZF survey at  $\lambda 1.38$  cm. The figure above as well shows the loss evaluation using the median cleaning, where 50% of the data array is eliminated.

The cleaning yields a tangible gain in sensitivity with comparatively small data losses. Figure 69 (right) shows total scans before and after the atmospheric noise cleaning for different scales.

It is apparent that the efficiency is high at large scales ( $l \sim 40$ ) while it quickly decreases at small scales where the fluctuation character approaches the «white» noise.

N.N. Bursov.

## AS-60/2048 DIGITAL SPECTRUM ANALYZER

A new 2048 spectral channel spectrograph with the 60 MHz analysis band is engineered and manufactured (Fig. 70, left). The instrument is designed for acquiring the signal spectra in real time. Data acquisition on the signal in the «time-frequency-power» space allows making analyses of signals with fast temporal variability. Registration of a wide-band signal, separated in a big

времени. Регистрация широкополосного сигнала, разделенного на большое количество узкополосных участков, позволяет исключать искажения, вносимые стабильными по частоте помехами, такими как помехи от гетеродинов, колец ФАПЧ, комбинационными помехами от радио и телевизионных станций, помехами от радиолокаторов. В простейшем случае чистка от помех такого типа производится удалением при анализе подозрительных участков спектра.

number of narrow-band regions allows eliminating the distortions brought in by frequency-stable interferences, e.g. local heterodynes, phase-locked loops, combination interferences from radio and television stations, radio locator interferences.

In simplest cases, cleaning of this kind of interferences is done via deletion of suspicious regions of the spectrum during the analysis.

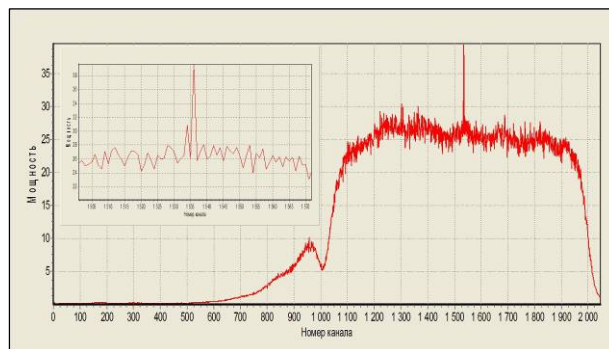
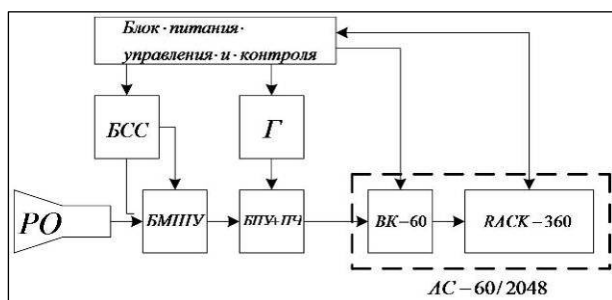


Рис. 70. Слева - блок-схема приемного устройства для спектральных исследований на РАТАН-600. Обозначения: РО – рупорный облучатель, БСС – блок служебных сигналов, БМШУ – блок малошумящего усилителя, Г – стабильный гетеродин, БПУ+ПУ – блок преобразовательного устройства и предварительный усилитель промежуточной частоты, ВК-60 – видеоконвертор для преобразования к нулевой частоте, РАСК-360 – промышленный компьютер со встроенной процессорной платой Фурье спектроанализатора, АС-60/2048 – спектроанализатор в комплексе. Справа - пример записи гармонического сигнала.

Fig. 70. Left: a flow chart of the receiving device for the spectral studies on the RATAN-600. Legend: РО – feed horn, БСС – service signal unit, БМШУ – low-noise amplifier unit, Г – stable local oscillator, БПУ+ПУ – converter installation unit and preliminary amplifier of intermediate frequencies, ВК-60 – video converter for zero frequency conversions, РАСК-360 – industrial computer with an inbuilt Fourier spectrum analyser processor chip, АС-60/2048 – spectrum analyser as a whole. Right: an example of a harmonic wave recording.

Наличие в регистрируемом сигнале информации о моменте записи позволяет исключать кратковременные широкополосные помехи искрового типа (помехи от работы двигателей, грозовые помехи).

The presence of the acquisition time data in the registered signal allows eliminating the short-term wide-band spark interferences (interferences from engines, thunderstorms).

Основные параметры анализатора спектра АС 60/2048:

Principal parameters of the AS 60/2048 spectrum analyser:

- полоса регистрируемого сигнала - 60 МГц;
- способ формирования спектра – БПФ с накоплением без пропусков по времени;
- число спектральных каналов – 2048;
- минимальное временное разрешение - 34.13 мкс;
- минимальное временное разрешение в режиме записи на диск - 1024 мкс;
- Максимальное время аппаратного накопления спектра - 2 236. 9621(3) мс.

- band of the registered signal - 60 MHz;
- spectrum formation method – FFT with accumulation without temporal dropouts;
- 2048 spectral channels;
- minimum temporal resolution - 34.13 microseconds;
- minimum temporal resolution in disk write mode - 1024 microseconds;
- maximum time of instrumental spectrum acquisition - 2 236. 9621(3) msec.

Анализатор работает в комплекте с видеоконвертером типа ВК-60, который обеспечивает преобразование с входной частоты 15030 МГц до 0 – 60 МГц на выходе и сопряжение по мощностям. Проведено лабораторное тестирование АС 60/2048, которое показало соответствие полученных параметров техническому заданию.

The analyser operates as a unit with the VK-60-type video converter, which ensures conversion from the input frequency of 15030 MHz to 0 - 60 MHz at the output and power conjugation.

Laboratory testing of the AS 60/2048 was done, demonstrating that the obtained parameters fit the requirements specification.

Новый спектроанализатор установлен на

A new spectrum analyser was mounted in the feed cabin



облучателе № 2 и внедрен в существующий спектральный комплекс. АС 60/2048 может работать совместно с любым приемным устройством комплекса параллельно с существующим фильтровым спектроанализатором. На базе промышленного компьютера RACK-360 модернизирована система сбора и управление спектральным комплексом. Разработан программный комплекс регистрации и обработки данных в 2048 каналах Фурье-анализатора.

Проведен пробный цикл наблюдений на  $\lambda 6.2$  см. Прибор внедрен в плановые спектральные исследования на облучателе № 2. Применение АС 60/2048 позволяет существенно повысить предельную чувствительность при наблюдениях в спектре и континууме (рис. 70, справа). АС-60/2048 можно использовать для наблюдений пульсаров, радиотранзиентных источников и других, быстро меняющихся во времени процессов, а также для отделения полезного радиоастрономических сигналов от помех.

*А.П. Венгер, В.К. Дубрович, И.В. Госачинский совместно с С.В. Логвиненко (АКЦ ФИАН РАН), Г.Н. Ильиным (ИПА РАН), А.С. Морозовым (ОАО «НИИ Изотерм»).*

#### **СПЕКТРАЛЬНО-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

Проведена модернизация многоволнового комплекса для исследования солнечного радиоизлучения. Вдвое расширен частотный диапазон, который сейчас включает частоты с 3 ГГц по 18 ГГц. Частотное разрешение составляет около 100 МГц. Для регистрации параметров Стокса I и V используется 112 каналов.

В сочетании с большой эффективной площадью РАТАН-600 модернизированная аппаратура предоставляет новые возможности для исследования тонкой спектральной и поляризационной структуры радиоизлучения в зарождающихся активных областях на уровнях нижней и средней короны.

*В.М. Богод, С.В. Балдин, А.А. Пераков.*

#### **АППАРАТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ**

Исследованы возможности гетероструктурных квантово-туннельных детекторных диодов, позволяющих существенно снизить коэффициент усиления приемного тракта и фликкер-шум, а также повысить стабильность радиометра.

Для исследования спектров мощности шумовых дорожек радиометров в режиме полной мощности и в режиме модуляции изготовлены полосковые схемы импедансного согласования диодов в диапазонах 50-60 ГГц и 75-105 ГГц. Достигнута высокая чувствительность детекторных диодов (не хуже 15 мВ/микроВт на  $\lambda 5$  мм и 10 мВ/микроВт на  $\lambda 3$  мм)

№ 2, and its deployment was done in the existing spectral complex. AS 60/2048 may operate as a unit with any receiving device of the spectral complex in parallel with the existing filter spectral analyser.

Modernization of the data acquisition and control systems of the spectral complex was done based on the RACK-360 industrial computer. Bundled software was developed for the data registration and processing system in 2048 channels of the Fourier analyser.

A trial set of observations was run at  $\lambda 6.2$  cm. The device was implemented within the framework of planned spectral studies at the feed cabin № 2. The use of AS 60/2048 allows to considerably enhancing the limit sensitivity range during the spectral and continuum observations (Fig. 70, right). The AS-60/2048 may be used for observations of pulsars, radio transient sources and other processes with fast temporal variations, as well as to separate the friendly radio astronomical signals from interferences.

*A.P. Venger, V.K. Dubrovich, I.V. Gosachinskiy in collaboration with S.V. Logvinenko (Physical Institute of the RAS), G.N. Ilyin (Institute of Applied Astronomy of the RAS), A.S. Morozov (JSC Research Institute Izoterm).*

#### **HIGH RESOLUTION SPECTRUM-POLARISATION COMPLEX**

Modernization of a multiwavelength complex used for the studies of solar radio emission was done. The frequency range was expanded twice to contain the frequencies from 3 GHz to 18 GHz. Frequency resolution is around 100 MHz. To register the Stokes I and V parameters, 112 channels are used.

In combination with the large effective area of the RATAN-600 antenna, the modernized equipment opens new possibilities for the studies of the fine spectral and polarisation structure of radio emission at the level of lower and middle corona in the incipient active regions.

*V.M. Bogod, S.V. Baldin, A.A. Pervakov.*

#### **DEVICE AND METHOLOGICAL ENGINEERING FOR MILLIMETRE BAND OBSERVATIONS**

Capabilities of heterogeneous quantum-tunnel detector diodes are studied, allowing to substantially lower the amplification coefficient of the reception path and the flicker noise, and to enhance the radiometer's stability.

To study the power spectra of the radiometer noise tracks in the full capacity and modulation modes, the impedance diode matching line circuits are manufactured, operating within the ranges of 50-60 GHz and 75-105 GHz. High sensitivity of detector diodes is obtained (not lower than 15 mV/microW at  $\lambda 5$  mm and 10 mV/microW at  $\lambda 3$  mm) and the gain constant of LNA

и снижен коэффициент усиления МШУ с 55 до 35 дБ. При использовании для атмосферных задач InP МШУ чипов  $\lambda 3$  мм и GaAs МШУ чипов  $\lambda 5$  мм диапазонов получена шумовая температура приемника 350 и 400 К, соответственно. Снижение МШУ является одним из главных путей повышения стабильности, надежности и снижения стоимости многоэлементной приемной решетки миллиметрового диапазона.

Оптимизированы и исследованы характеристики эффективных широкополосных компактных рупоров с диэлектрическим стержнем (ДСР) и сплайно-профильных (СПР) диапазона 30 ГГц-40 ГГц. По сравнению с псевдоскалярным рупором у ДСР достигается 2-х кратное уменьшение размера и расширение полосы с 20% до 40%, а у оптимизированного СПР уменьшается размер на 30%-40% при увеличении полосы с 15% до 45%-50% в сравнении с гофрированным рупором. ДСР и СПР могут успешно применяться в плотноупакованных решетках  $\lambda 8$  мм диапазона.

Разработан компактный эффективный рупор  $\lambda 8$  мм диапазона для решеток во вторичном фокусе. Измерены его характеристики и проведены пробные наблюдения Солнца и Луны на РАТАН-600. Показана высокая антенная эффективность рупора и полное соответствие измеренных характеристик расчетным. Разработан вариант компактного гладкостенного сплайно-профильного рупора  $\lambda 8$  мм для решеточных применений в третичном фокусе с апертурной эффективностью более 98%.

Проведены методические наблюдения Солнца, Луны, дискретных источников и атмосферы на  $\lambda 8.5$  мм на облучателях № 1, № 2 и № 3. Наблюдения показали высокую чувствительность приемников решетки на уровне  $4.5-5 \text{ мК} \cdot \text{с}^{1/2}$ . Корреляция сигнала в 3-х лучах составляет не менее 95%. Высокая корреляция атмосферных флуктуаций на  $\lambda 8.5$  мм и других волнах (1 см, 1.38 см, 2.7 см) позволяет использовать приемники данного типа для чистки многочастотных записей от атмосферных помех. При достигнутой частоте подъема спектра аномального шума (0.2 Гц -0.3 Гц) и малого времени прохождения дискретного источника ( $\sim 0.5$  сек) режим полной мощности можно использовать для наблюдения дискретных источников на РАТАН-600.

В октябре 2008 г проведены наблюдения атмосферы и Луны на облучателе № 5 на  $\lambda 8$  мм в режиме с модуляцией входного тракта однолучевого решеточного приемника. Корреляция по вариациям атмосферы на  $\lambda 8$  мм и  $\lambda 1$  см (МАРС-3) в условиях облачной атмосферы составила более 95%. Измерена долговременная стабильность приемника в режиме модуляции в условиях ясной атмосферы. Минимальные суточные тренды антенной температуры, включая медленные изменения температуры атмосферы ясного неба вблизи зенита, не превышали  $0.3^\circ\text{K}$ . Наблюдение Луны на однолучевом приемнике  $\lambda 8$  мм совместно с

is lowered from 55 to 35 dB.

Solving the atmospheric tasks, the use of InP LNA chips of  $\lambda 3$  mm and GaAs LNA chips of  $\lambda 5$  mm ranges, the detector noise temperatures of 350 and 400 K were obtained, respectively. Lowering the LNA gain coefficient is one of the main ways of the increasing stability and reliability and reducing the cost of the multi-element receiving array operating in the millimeter range.

We optimized and studied the characteristics of effective wide-band compact horns with a dielectric rod and spline-profile horns operating in the 30 GHz-40 GHz range. As compared to the pseudoscalar horns, the dielectric rod horns reach a double reduction in size and bandwidth broadening from 20% to 40%. Optimized spline-profile horns, as compared to corrugated feedhorns, reach a 30-40% reduction in size, broadening the bandwidth from 15% to (45-50)%. The dielectric rod horns and spline-profile horns may be successfully used in close-packed arrays of the  $\lambda 8$  mm range.

A  $\lambda 8$ -mm range compact effective horn was engineered for the use of arrays in the secondary focus. We measured its characteristics and conducted test observations of the Sun and the Moon on the RATAN-600. High antenna efficiency of the horn was demonstrated along with the full compliance of the measured characteristics with the designed ones. A release of a  $\lambda 8$  mm compact smooth-wall spline-profile horn for the use with arrays in the tertiary focus was engineered. Its aperture efficiency exceeds 98%.

Procedural observations of the Sun, the Moon, discrete sources and atmosphere were conducted at  $\lambda 8.5$  mm at the feed cabins № 1, № 2 and № 3. The observations have demonstrated high array receiver sensitivity at the level of  $4.5-5 \text{ мК} \cdot \text{с}^{1/2}$ . Signal correlation in 3 beams is not less than 95%. High correlation of atmospheric fluctuations at  $\lambda 8.5$  mm and other waves (1 cm, 1.38 cm, 2.7 cm) allows using the receivers of this type for cleaning the multifrequency recordings from atmospheric interferences. At the obtained frequency of the anomalous noise spectrum boost (0.2 Hz -0.3 Hz) and a short transit of discrete source ( $\sim 0.5$  s), the total capacity mode can be used for discrete source observations on the RATAN-600.

In October 2008, observations of the Moon were conducted on the feed cabin № 5 at  $\lambda 8$  mm in the input line modulation mode of the single-beam array receiver. The atmospheric variability correlation at  $\lambda 8$  mm and  $\lambda 1$  cm (MARS-3) in the conditions of cloudy atmosphere exceeded 95%. Long-term receiver stability was measured in the modulation mode in the conditions of clear atmosphere.

Minimal diurnal daily trends of the antenna temperature, including slow variations of the near-zenith clear sky atmospheric temperature did not exceed  $0.3^\circ\text{K}$ . Moon observations on the  $\lambda 8$ -mm single-beam receiver along with the multi-beam systems MARS-3 and

многолучевыми системами МАРС-3 и МАРС-2 на  $\lambda 1$  см показало наличие в антенной системе значительных aberrаций, вызванных как состоянием поверхности облучателя, так и недостаточно точной привязкой приемников к фокальной линии облучателя. Полученные результаты подтверждают, что волна 8 мм может быть рабочим диапазоном радиотелескопа.

*В.Б. Хайкин совместно с Ч. Гране (CSIRO, Австралия), ИПЭ (Харьков, Украина), ГНИЦ «Айсберг» (Киев) и ИФМ РАН (Нижний Новгород).*

MARS-2 at  $\lambda 1$  cm demonstrated the presence of significant aberrations in the antenna system, that were caused by both the state of the feed surface, and an insufficiently fine binding of the receivers to the feed's focal line. The results obtained confirm that the 8 mm wavelength may be used as an operating band of the telescope.

*V.B. Khaikin in collaboration with Ch. Grane (CSIRO, Australia), Institute of Radio Engineering and Electronics (Kharkov, Ukraine), State Research and Development Center Iceberg (Kiev, Ukraine) and Institute of Microstructure Physics of the RAS (Nizhni Novgorod).*