

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600 THE RADIO TELESCOPE RATAN-600

ИТОГИ РАБОТЫ

В 2015 г. РАТАН-600 работал в полном объеме (см. табл. 6) в штатных режимах. Наблюдения проводились в соответствии с программами, принятыми КТБТ (табл. 8). Отмечается резкое увеличение количества наблюдений континуума с 2014 г. включительно (см. рис. 33), которое объясняется вводом в штатный режим трехчастотного комплекса «Эридан». В наблюдениях использовались северный и южный секторы антенны, плоский отражатель и вторичные зеркала: облучатель №1 (континуум), облучатель №2 (континуум), облучатель №3 (Солнце). В течение года проводились плановые работы по поддержанию основных параметров инструмента на уровне проектных, по совершенствованию режимов наблюдений и модернизации приемно-измерительной аппаратуры. Предел обнаружения на разных частотах РАТАН-600, а также другие параметры радиометров представлены в таблице 7.

Ю.В. Сотникова.

ACTIVITY RESULTS

In 2015 the radio telescope RATAN-600 was operating in full capacity (see Table 6) in normal operation modes. Observations were carried out in accordance with the program accepted by LTFC (Table 8). The number of continuum observations rose sharply starting from 2014 (see Fig. 33), due to the fact that the three-frequency complex “Eridan” was put in the standard operational mode. The observations involved the Northern and Southern Antenna Sectors, the Flat Reflector and secondary mirrors: Feed Cabins 1 and 2 (continuum), Feed Cabin 3 (the Sun). The scheduled work was done on the maintaining of main instrument parameters at the design level, the improvement of observational modes and the upgrading of measure-recvie equipment. The detection limit at different RATAN-600 frequencies and other radiometer parameters are listed in Table 7.

Yu. V. Sotnikova.

Таблица 6: Распределение наблюдательного времени между вторичными зеркалами РАТАН-600 в 2015 г.
Table 6: Observational time distribution between the secondary mirrors of RATAN-600 in 2015.

Вторичное зеркало Secondary mirror	Запланировано наблюдений Observations scheduled	Проведено наблюдений Observations made
№1	27435	25279
№2	25468	23469
№3	3078	2966
Итого / Sum	55981	51714

Таблица 7: Параметры комплексов широкополосных радиометров континуума облучателей №1 и №2 для средних углов.
Table 7: Parameters of continuum radiometers complexes of Feed Cabin No 1 and No 2 for middle angles range.

f_0 (ГГц) (GHz)		Полоса Δf_0 (ГГц) Frequency band (GHz)		Чувствительность по потоку (мЯн/луч) Sensitivity (mJy/beam)		AR (угл. сек) (arcsec)
1	2	1	2	1	2	
21.7	21.7	2.5	2.5	20	30	11
11.2	11.2	1.4	1.0	20	20	16
8.2	...	1.0	...	15	...	22
4.65	4.8	0.9	0.8	8	11	36
2.3	...	0.4	...	30	...	80
1.3	...	0.12	...	160	...	170

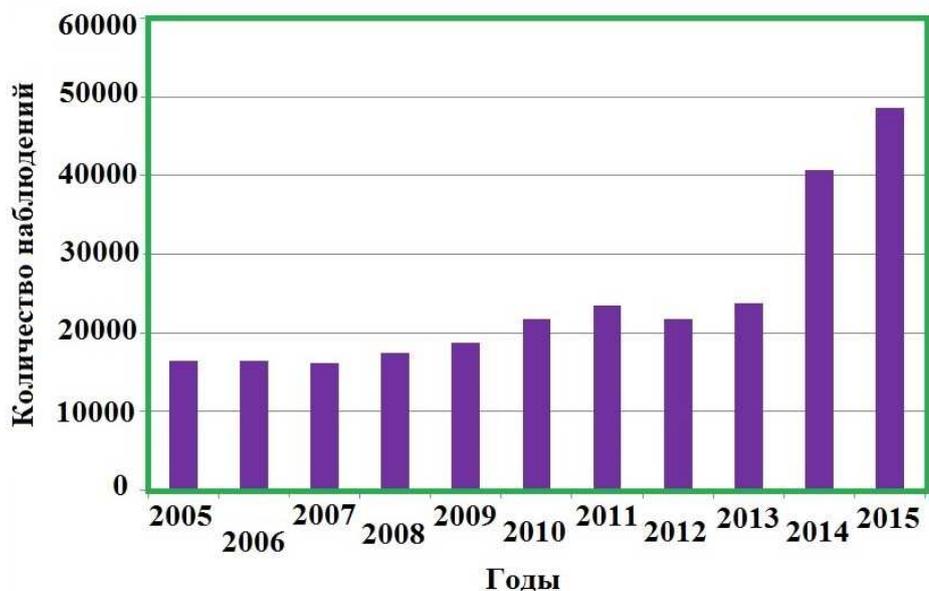


Рис. 33: Количество наблюдений в континууме на РАТАН-600 в период 2005–2015 гг.

Fig. 33: Amount of observations in continuum at RATAN-600 in the period 2005–2015.

Таблица 8: Список проведенных на РАТАН-600 наблюдательных программ в 2015 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
Е. Ниешола	Финляндия, Финский центр по астрономии ESO	Исследование галактик типа NLS1
В.М. Богод	САО РАН	Исследование особенностей циклотронного излучения пятенных радиоисточников на Солнце
В.М. Богод	САО РАН	Антенные измерения
А.Г. Горшков	ГАИШ МГУ	Исследование переменности блазаров на масштабах времени от нескольких дней до нескольких недель
Ю.А. Ковалев	АКЦ ФИАН	Исследование центральных областей ядер активных галактик
М.Г. Мингалиев	САО РАН	Мониторинг переменности микроквазаров и внегалактических источников
Т.В. Муфахаров	САО РАН	Эволюция синхротронных радиоспектров объектов типа BL Lacertae
С.А. Трушкин	САО РАН	Мониторинг радиоперменности микроквазаров
С.А. Трушкин	САО РАН	Антенные измерения
Ю.В. Сотникова	САО РАН	Многоволновое исследование GPS-источников и кандидатов
А.Т. Алтынцев	ИСЗФ СО РАН	Динамические процессы в солнечной атмосфере и нестационарные явления в околоземном космическом пространстве
В.Н. Боровик	ГАО РАН	Исследование особенностей микроволнового излучения АО накануне мощных эруптивных событий
Ю.А. Наговицын	ГАО РАН	Мониторинг солнечной активности в максимуме 24-летнего цикла
К. Алисандракис	Греция, Университет Иоаннина	Исследование множественной инверсионной поляризации Солнца на частотах РАТАН-600
А.Д. Панов	НИИЯФ МГУ	Мониторинг в континууме на РАТАН-600 астрономических объектов — кандидатов SETI

Table 8: List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2015.

PI	Institute/ Country	Short title of program
E. Nieppola	Finland, Finnish Centre of Astronomy with ESO	Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies
V.M. Bogod	SAO RAS	The study of peculiarities of cyclotron emission from spot radio sources in the Sun
V.M. Bogod	SAO RAS	Antenna measurements
A.G. Gorshkov	SAI MSU, SAO RAS	The study of blazars variability on the time scale from several days to several weeks
Yu.A. Kovalev	ASC FIAN	The study of central regions of active galactic nuclei
M.G. Mingaliev	SAO RAS	The monitoring of variability of microquasars and extragalactic sources
T.V. Mufakharov	SAO RAS	Evolution of synchrotron radio spectra of the type BL Lacertae objects
S.A. Trushkin	SAO RAS	The monitoring of radio variability of microquasars
S.A. Trushkin	SAO RAS	Antenna measurements
Yu.V. Sotnikova	SAO RAS	Multiwave study of GPS sources and candidates
A.T. Altynsev	ISTPh SD RAS	Dynamical processes in the solar atmosphere and non-stationary phenomena in the near-Earth space
V.N. Borovik	Pulkovo obs.	The study of peculiarities of microwave emission from active regions on the eve of powerful eruptive flares
Yu.A. Nagovitsyn	Pulkovo obs.	The monitoring of solar activity at maximum of the 24th cycle
C. Alissandrakis	Greece, University of Ioannina	The study of multiple inversion polarization of the Sun at RATAN-600 frequencies
A.D. Panov	MSU SINP	The continuum monitoring of astronomical objects — SETI candidates with RATAN-600

ТЕХНИКА И МЕТОДЫ РАДИОАСТРОНОМИИ

МОДЕРНИЗАЦИЯ АНТЕННЫ РАТАН-600: ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Предложен способ измерения фокального поля (ФП), диаграммы направленности (ДН) антенной системы «Юг+Плоский» (АС «Ю+П») РАТАН-600 в многоазимутальном режиме работы, а также КПД щитов по сигналу геостационарных спутников Земли (ГСЗ). С этой целью ось АС последовательно наводится на заданный ГСЗ по азимуту и углу места до получения максимального отклика и достижения минимального уровня внеосевых aberrаций. Измерения характеристик выполняются с помощью штатных приемников и автоматического сканирования ГСЗ кареткой облучателя, продольного смещения облучателя (ФП) или наклона Плоского отражателя (ДН). Для измерения КПД вклад каждого щита сравнивается с опорным. Измерены двухмерные ДН АС «Ю+П» на частотах 4–15 ГГц во всех доступных азимутах АС с высоким отношением сигнал/шум и выполнено сравнение реальных ДН с электродинамическим расчетом. Найдены фокусные расстояния парабол АС «Ю+П» в десяти азимутах по максимуму сигнала от ГСЗ. Впервые по сигналу от ГСЗ в автоматическом режиме был измерен вклад (КПД) каждого элемента южного сектора при наблюдениях в меридиане на АС «Ю+П». По результатам антенных измерений выработаны рекомендации по повышению эффективности АС «Ю+П» в многоазимутальном режиме наблюдений.

EQUIPMENT AND METHODS OF RADIO ASTRONOMY

UPGRADE OF THE RATAN-600 ANTENNA: INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES AND OBSERVATIONAL METHODS

A method was suggested for measuring the focal field (FF), the directional diagram (DD) of the RATAN-600 antenna system “South+Flat” (AS “S+F”) in the multi-azimuth operational mode, and efficiency of panels by a signal from geostationary Earth satellites (GES). For this purpose, the AS axis is sequentially directed to a given GES by azimuth and elevation angle until achieving the maximal response and minimal off-axis aberrations. The characteristics were measured with authorized receivers and automatic scanning of the GES by the feed cabin carriage, a longitudinal displacement of a feed cabin (FF) or by inclination of the flat reflector (DD). To measure efficiency the contribution of each panel was compared with that of a reference one. One-dimensional and two-dimensional DDs and FFs of AS “S+F” were measured with high signal/noise ratio at the frequencies 4–15 GHz in all azimuths available. The results were compared with electrodynamic model. The focus ratio of AS “S+F” was determined in ten azimuths by GESs’ signal maximum. Efficiency of all panels of AS “S+F” was first measured in the automatic mode in meridian by a GES signal. From results of antenna measurements, the recommendations were provided for enhancement of AS “S+F” efficiency in multi-azimuth operational mode.

Выполнены многоазимутальные антенные измерения на АС «Юг+Плоский» РАТАН-600 по ГСЗ. Получен оптимальный продольный фокус облучателя №3 в различных азимутах и по нему проведены пробные наблюдения источника 3С84. В результате получено увеличение антенной температуры в 1.5–2 раза на волне 1.9 см в восточных азимутах. Выполнены измерения КПД (вклада) щитов в меридиане, а также симметричных частей АС «Юг+Плоский» в азимутах по ГСЗ и проведен их анализ.

Выполнено моделирование радиологического сигнала АС «Юг+Плоский» по космическому источнику, получены пробные записи радиологического сигнала по ГСЗ АС «Юг+Плоский» и восстановлено амплитудно-фазовое распределение поля в раскрыве антенны с идентификацией контрольных щитов. Выполнены многократные измерения автоколлимационного КПД Северного сектора на волне 8 мм, выявлены элементы с КПД менее 50% и элементы с противофазой вклада со всей антенной, что может быть вызвано плохой выборкой люфта и другими ошибками установки щитов. После исправления ситуации СЭК РАТАН-600 повторные измерения показали, что число щитов с низким АК КПД снизилось на порядок.

В.Б. Хайкин, А.В. Шендрик, Н.Н. Бурсов, М.К. Лебедев, А.А. Стороженко, С.Х. Токчукова, В.М. Богод. Журнал радиоэлектроники, 7, 13 (2015).

АНТЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В 2015 г. доработана методика измерения отражающей поверхности отдельного элемента и проведены измерения на элементах Южного сектора, имеющих слабый отклик при предыдущей автоколлимационной (АК) юстировке. Проводятся дополнительные исследования элементов с большими ошибками отражающей поверхности.

Отработана методика повышения точности и скорости юстировки отражающей поверхности. Для привязки представительных площадок и отражающей поверхности разработан метод измерений, позволяющий учитывать разворот и наклон отражающей поверхности относительно представительных площадок. На рис. 34 представлено состояние отдельно взятого элемента до и после корректировки.

Измерения отражающей поверхности элементов плоского отражателя, сравнение отклонений от плоскости и анализ векторной группы показали наличие деформаций на краях отражающей поверхности. Оценены значения отклонений представительных площадок от отражающей поверхности.

В результате предыдущей АК юстировки была выявлена группа элементов, требующих дополнительной профилактики датчиков угломестных приводов. Проведены работы по устранению неисправностей и повышению точности установки элементов антенны.

Multi-azimuth antenna measurements were carried out at the RATAN-600 AS “South+Flat” by GESs. The optimal longitudinal focus of Feed Cabin 3 in different azimuths was obtained, which was used in trial observations of the source 3C84. It resulted in the increase of antenna temperature 1.5–2 times at the wavelength 1.9 cm in eastern azimuths. Efficiency (contribution) of panels in meridian and of symmetric parts of AS “S+F” in azimuths were measured by GES and analyzed.

The radio holographic signal of AS “S+F” was modeled by a space source, test records of the radio holographic signal of AS “S+F” by GES were obtained, and the amplitude-phase distribution of field in the antenna opening with identification of control panels was restored. Multiple measurements of autocollimation efficiency of the Northern sector at the wavelength 8 mm were carried out. We revealed elements with an efficiency of less than 50% and elements with a contribution antiphase of the whole antenna, which can be caused by bad backlash takeup and other errors in the setting of panels. After the RATAN-600 Maintenance Service corrected the situation, the repeated measurements showed that the number of panels with low autocollimation efficiency decreased by an order.

V.B. Khaikin, A.V. Shendrik, N.N. Bursov, M.K. Lebedev, A.A. Storozhenko, S.Kh. Tokchukova, V.M. Bogod. Journal of radio electronics, 7, 13 (2015).

ANTENNA MEASUREMENTS

In 2015 the method of measuring the reflecting surface of a separate element was completed, and the measurement was made at elements of the Southern sector which had faint response during previous autocollimation (AC) alignment. Additional study of elements with large errors of their reflecting surface is being fulfilled.

The method of increasing precision and rate of alignment of the reflecting surface was fine-tuned. To bind representative areas and the reflecting surface a method of measurement was elaborated allowing us taking into consideration the angle and inclination of the reflecting surface to representative areas. Fig. 34 shows the state of an individual element before and after correction.

Measurements of the reflecting surface of flat-reflector elements, the comparison of deviations from a plane and analysis of the vector group showed that there are deformations at edges of the reflecting surface. Deviations of representative areas from the reflecting surface were estimated.

As a result of previous AC collimation, a group of elements was revealed which demand additional preventive maintenance of sensors of elevation drives. The work was done on elimination of defects and the increasing of precision of antenna element settings.

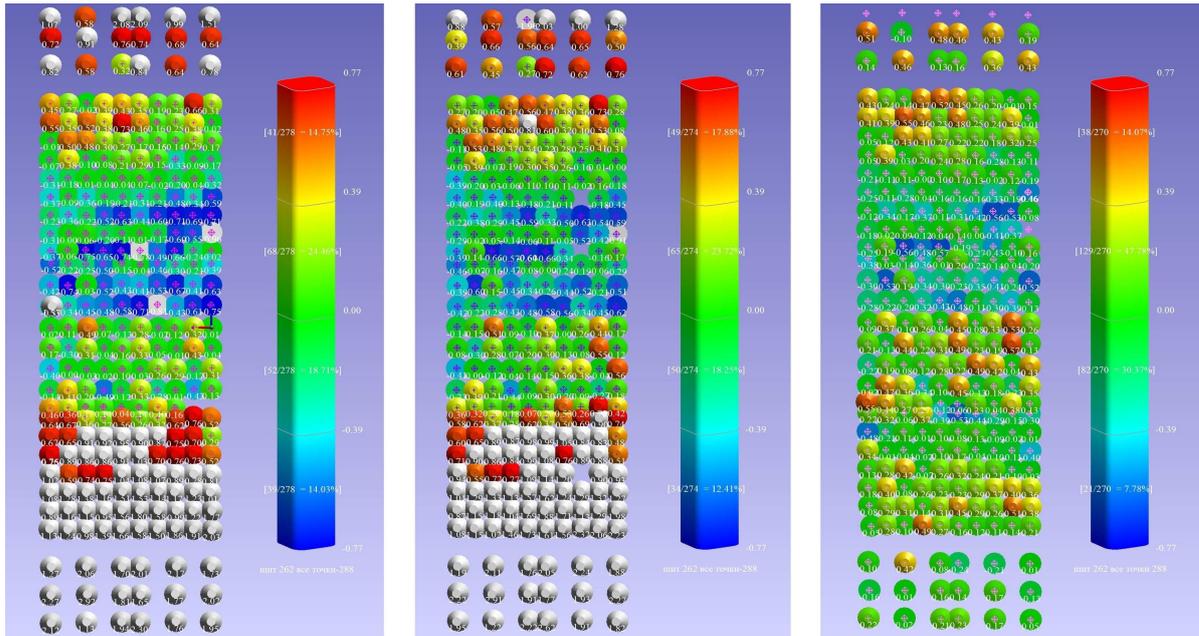


Рис. 34: Состояние поверхности элемента №262 до и после корректировки

Fig. 34: Element #262 surface state before and after correction

Продолжены работы по калибровке угломестных винтов Южного сектора. Доработана методика измерений с использованием лазерного трекера Leica AT402 и проверена сходимость результатов с измерениями по старой методике с использованием квадрата оптического КО-10. Проверка показала повышение скорости проведения работ и высокую точность измерений.

Лазерным трекером проведены измерения положения знаков северного радиального пути. Обнаружены расхождения в пределах 3 мм по сравнению с измерениями тахеометром Zeiss Rec Elta 2, полученные значения введены в счет фокуса и используются при расчете установки облучателя. Для привязки опорных щитов перед автоколлимационной юстировкой трекером Leica AT402 проведены измерения опорной плановой сети радиотелескопа.

Проведены измерения траектории движения облучателя №1 по северному радиальному пути. Выявлены расхождения при движении прямо и обратно. Полученные значения учитываются в счете антенны.

Проведена плановая автоколлимационная юстировка элементов Северного и Южного сектора. При юстировке впервые применена новая методика компенсации влияния паразитного фона и использована заложенная возможность системы управления элементами по позиционированию до долей единицы точно го отсчета.

The works of Southern sector elevation drives calibration continued. The method of measurement with the laser tracker Leica AT402 was finished, and the results were compared with those obtained with the previous method using the quadrant of optical KO-10. The check shows increased rate of the accurate measurements.

The laser tracker was used to measure locations of signs in the Northern radial way. We detected discrepancies within 3 mm as compared with measurements with the tachymeter Zeiss Rec Elta 2. The obtained values were inputted to calculation of focus and are used in computation of the feed cabin setting. To bind reference panels, before the autocollimation alignment with the laser tracker Leica AT402 the geodetic reference network of the radio telescope was measured.

Paths of motion of feed cabin 1 along the Northern radial way were measured. Discrepancies between direct and backward motions were revealed. The obtained values are used in the antenna calculation.

The planned autocollimation adjustment of elements of the Northern and Southern sectors was carried out. During the adjustment a new method of compensating for the influence of the parasitic background was first applied and the control system implicit ability of positioning up to fractions of the precise reading was used.

В.И. Жаров, И.В. Берлизев, В.Ф. Магаметов, Ю.К. Рябоконт, П.О. Фомин.

V.I. Zharov, I.V. Berlizev, V.F. Magametov, Yu.K. Ryabokon, P.O. Fomin.

**РАЗРАБОТКА И МОДЕРНИЗАЦИЯ
РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ РАТАН-600**

В результате регулярно проводящихся в последние годы работ по мониторингу электромагнитной обстановки на РАТАН-600 и поиску участков спектра, наименее подверженных помехам, удалось возобновить регулярные наблюдения в диапазоне 13 см (принимаемая полоса частот 2.20–2.32 ГГц, что соответствует центральной волне 13.2 см). Проведены работы по проектированию, изготовлению и настройке первичных облучателей с переходами на прямоугольное сечение тракта $45 \times 90 \text{ мм}^2$ (2 экз.), волноводных элементов, генераторов шума и полосно-пропускающих ВЧ фильтров на встречных штырях и микрополосковых линиях. Радиометр построен по схеме «полной мощности» с подачей калибровочного сигнала во входной тракт через микрополосковый направленный ответвитель. В качестве входных усилителей использованы малошумящие усилители WanTcom WBA 0235A, выходными усилителями служат специально разработанные для РАТАН-600 фирмой «Салют-25» (г. Нижний Новгород) устройства с высоким динамическим диапазоном (т.е. не искажающие сигнал помехи). Исследуется относительно свободный от помех участок электромагнитного спектра в диапазоне 1.17–1.29 ГГц (24.4 см). Ведутся разработки элементов для введения в строй второго радиометра дециметрового диапазона.

П.Г. Цыбулев, Д.В. Кратов, Р.Ю. Удовитский, Ю.П. Джаныбеков, Б.И. Карabashev, П.В. Призов, А.А. Хапаев, Ю.Н. Коновалов.

**ELABORATION AND UPGRADE OF
RADIOMETRIC COMPLEXES FOR
RATAN-600**

As a result of regular recent-years work on monitoring of electromagnetic situation at RATAN-600 and search for spectral ranges which are less prone to interference, we managed to resume regular observations in the range 13 cm (the received frequency band is 2.20–2.32 GHz, which corresponds to the central wavelength 13.2 cm). The work was done on designing, manufacturing and adjustment of primary feed antenna with transition to the rectangular path section $45 \times 90 \text{ mm}^2$ (2 items), waveguide elements, noise generators and band-transmitting high-frequency filters on opposed pins and microband lines. The radiometer is built on the layout of “total power” with the supply of calibration signal to the input path through a microband directed coupler. The low-noise amplifiers WanTcom WBA 0235A are used as input amplifiers; the output amplifiers are devices with a high dynamic range (i.e. not distorting the interference signal) specially developed for RATAN-600 by the company “Salut-25” (Nizhniy Novgorod). A relatively interference-free part of electromagnetic spectrum in the range 1.17–1.29 GHz (24.4 cm) is being studied. Elements for the second radiometer of decimetric waves are being elaborated.

P.G. Tsybulev, D.V. Kratov, R.Yu. Udovitsky, Yu.P. Dzhanybekov, B.I. Karabashev, P.V. Prikov, A.A. Khapaev, Yu.N. Kononov.