

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600

RADIO TELESCOPE RATAN-600

ИТОГИ РАБОТЫ

SUMMARY OF OPERATION

В 2014 г. радиотелескоп РАТАН-600 работал в полном объеме (табл. 8) в основных штатных режимах. В наблюдениях участвовали северный и южный секторы антенны, плоский отражатель и вторичные зеркала: облучатель №1 (континуум, табл. 9), облучатель №2 (табл. 10), облучатель №3 (Солнце).

In 2014 the radio telescope RATAN-600 was operating in full capacity (Table 8) in normal operation modes. The observations involved the Northern and Southern Antenna Sectors, the Flat Reflector and secondary mirrors: Feed Cabin 1 (continuum, Table 9), Feed Cabin 2 (Table 10), and Feed Cabin 3 (the Sun).

Наблюдения проводились в соответствии с программами, принятыми КТБТ (табл. 11).

The observations were carried out in accordance with programmes accepted by the LTPC (Table 11).

Потери наблюдательного времени из-за погодных условий и аппаратуры для облучателя №1, №2 и №3 составили 8.7%, 9.2% и 4.8% соответственно.

The lost of observational time due to weather conditions and equipment of Feed Cabins 1, 2 and 3 were 8.7%, 9.2% and 4.8% respectively.

Проводились работы по поддержанию основных параметров инструмента на уровне проектных, а также 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.

Мингалиев М. Г.

Mingaliev M. G.

Таблица 8. Распределение наблюдательного времени между вторичными зеркалами РАТАН-600 в 2014 г.

Table 8. Observational time distribution between the secondary mirrors of the RATAN-600 in 2014.

Вторичное зеркало Secondary mirror	Запланировано наблюдений Observations scheduled	Проведено наблюдений Observations made
№ 1	23979	21890
№ 2	20798	18876
№ 3	4977	4742
Σ	49754	45508

Таблица 9. Параметры основного комплекта радиометров континуума облучателя №1.

Table 9. Parameters of the main set of continuum radiometers of Feed Cabin №1.

λ , cm	ν_{center} , GHz	Полоса, ГГц Range, GHz	Чувствительность Sensitivity, mK/c ^{1/2}	$T_{sys, K}$
1.0	30.0	4.0	6	240
1.4	21.7	2.5	6	190
2.7	11.2	0.8	5	100
3.6	8.3	0.8	4.5	90
6.3	4.8	0.8	3.5	70
13	2.4	0.4	12	95
31	0.96	0.12	15	105
49	0.6	0.13	25	125

Таблица 10. Параметры основного комплекта радиометров континуума облучателя №2.

Table 10. Parameters of the main set of continuum radiometers of Feed Cabin №2.

λ , cm	ν_{center} , GHz	Полоса, ГГц Range, GHz	Чувствительность Sensitivity, mK/c ^{1/2}	$T_{sys, K}$
1.0	30.0	5.0	6	240
1.4	21.7	2.5	6	185
2.7	11.2	1.4	5	100
6.3	4.8	0.8	3.5	60

Таблица 11. Список проведенных на РАТАН-600 наблюдательных программ в 2014 г.

Заявитель	Институт/ страна	Краткое название программы
Александракис К.	Греция	Исследование многократной инверсии поляризации на частоте РАТАН-600
Алтынцев А.Т.	ИСЗФ СО РАН	Динамические процессы в солнечной атмосфере и нестационарные явления в околоземном космическом пространстве
Берлизев И.В., Жаров В.И.	САО РАН	Юстировка, антенные измерения
Богод В.М.	САО РАН	Исследование параметров антенной системы
Боровик В.Н.	ГАО РАН	Исследование особенностей микроволнового излучения АО накануне мощных эруптивных событий
Горшков А.Г.	ГАИШ МГУ, САО РАН	Исследование переменности блазаров на масштабах времени от нескольких дней до нескольких недель
Железняков В.В., Злотник Е.Я.	ИПФАН	Проведение исследований по поиску циклотронных линий в спектрах поляризованного излучения активных областей
Ковалев Ю.А.	АКЦ ФИАН	Исследование центральных областей ядер активных галактик
Лившиц М.А.	ИЗМИРАН	Анализ активных областей с высокоэнергичными явлениями во вспышках слабых и средних баллов в микроволновом диапазоне
Мингалиев М., Трушкин С.А.	САО РАН	Мониторинг переменности микрокварзов и внегалактических источников
Муфакхаров Т.В.	САО РАН	Эволюция синхротронных радиоспектров объектов типа BL Lacertae
Наговитсин Ю.А.	ГАО РАН	Мониторинг солнечной активности в максимуме 24 цикла
Ниепола Е.	Финляндия	Сейфертовские галактики Sy1
Парийский Ю.Н.	САО РАН; АКЦ ФИАН; Дания; Великобритания	Генетический код Вселенной
Сотникова Ю.В.	САО РАН	Многоволновое исследование GPS- источников и кандидатов
Столяров В.А.	САО РАН; Великобритания	Наблюдение излучения вращательной пыли в галактических облаках
Трушкин С.А.	САО РАН; США, Италия, Франция	Мониторинг радиопеременности микрокварзов
Трушкин С.А.	САО РАН	Антенные измерения

Table 11. List of observational programs carried out with RATAN-600 in 2014.

PI	Institute/Country	Short title of program
Aleksandrakis K.	Greece	Study of multiple polarization inversion at the RATAN-600 frequency
Altyntsev A.T.	ISTPh SD RAS	Dynamical processes in the solar atmosphere and non-stationary phenomena in the near-Earth space
Berlizev I.V., Zharov V.I.	SAO RAS	Antenna alignment and measurements
Bogod V.M.	SAO RAS	The study of antenna system parameters
Borovik V.N.	MAO RAS	The study of peculiarities of microwave emission of active regions on the eve of powerful eruptive flares
Gorshkov A.G.	SAI MSU, SAO RAS	The study of blazars variability on a time scale from several days to several weeks
Zheleznyakov V.V., Zlotnik E.Ya.	IAP RAS	The search for cyclotron lines in spectra of polarized emission of active regions
Kovalev Yu.A.	ASC FIAN	The study of central regions of active galactic nuclei
Livshits M.A.	IZMIRAN	Analysis of active regions with high-energy phenomena in flares of weak and intermediate points in the microwave range
Mingaliev M.G., Trushkin S.A.	SAO RAS	The monitoring of variability of microquasars and extragalactic sources
Mufakharov T.V.	SAO RAS	Evolution of synchrotron radio spectra of the type BL Lacertae objects
Nagovitsyn Yu.A.	MAO RAS	The monitoring of the solar activity at the maximum of the 24 th cycle
Niepolo E.	Finland	Seyfert galaxies Sy1
Parijskij Yu. N.	SAO RAS, ASC FIAN; Denmark; Great Britain	The cosmological gene
Sotnikova Yu.V.	SAO RAS	Multiwave study of GPS sources and candidates
Stolyarov V.A.	SAO RAS; Great Britain	Observations of emission of rotatory dust in galactic clouds
Trushkin S.A.	SAO RAS; USA, Italy, France	The monitoring of radio variability of microquasars
Trushkin S.A.	SAO RAS	Antenna measurements

ТЕХНИКА И МЕТОДЫ РАДИОАСТРОНОМИИ

TECHNIQUES AND METHODS OF RADIO ASTRONOMY

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ РАДИОПРИЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ

DIRECTIONS OF THE UPGRADE OF RADIO RECEIVING COMPLEXES

В связи с многократным превышением ресурса микрокриогенных систем и невозможностью массового приобретения новой криогенной техники из-за финансовых ограничений охлаждаемые до водородного уровня температур малошумящие усилители (МШУ) в радиометрах заменялись на «теплые», т.е. работающие без охлаждения.

Since the resource of micro cryogenic systems was exceeded many times and it was impossible to acquire new cryogenic equipment because of financial restrictions, the low-noise amplifiers (LNA) in radiometers cooled to the hydrogen temperature level were substituted by “warm” ones, i.e. operating without cooling.

Основные усилия были направлены на создание новых систем сбора и управления комплексами радиометров с применением современных схем построения приемной аппаратуры с целью достижения более высокой чувствительности (табл. 10, 11).

The main efforts were directed to creation of new gathering and control systems of radiometer complexes with application of modern layouts of receiving equipment with the aim of achieving a higher sensitivity (Tables 10, 11).

Таблица 12. Технические характеристики используемых усилителей НПФ «Микран».

Table 12. Technical characteristics of used amplifiers of the Research and Production Company «Mikran».

Диапазон, ГГц Range, GHz	Наименование Name	Шумовая температура, дБ (К) Noise temperature, dB (K)	Усиление, дБ Gain, dB
4.4-5.0	MALN4450-11	0.25 (17)	35
7.9-8.7	MALN7984-12	0.3 (21)	30
10.9-11.7	MALN109117-12	0.4 (28)	36-38
21.0-23.5	MALN210235-11	1.2 (92)	28-30



Рис. 41. Слева - линейка неохлаждаемых МШУ, внедренных на радиотелескопе РАТАН-600; справа – комплекс радиометров облучателя №2.

Fig. 41. Left – a line of uncooled LNAs embedded in the radio telescope RATAN-600; right – the radiometer complex of Feed Cabin 2.

По рабочим характеристикам (табл. 12) наиболее подходящими для радиометров сплошного спектра оказались МШУ НПФ «Микран» (рис. 41, слева). Используемый на РАТАН-600 метод исследования шумовых характеристик и долговременной стабильности параметров малошумящих усилителей заинтересовал специалистов «Микрана». Планируется разработка для радиотелескопа усилительных устройств нового поколения (модульного типа, т.е. представляющих собой полноценный миниатюрный радиометр) на отечественных микрочипах.

Нижельский Н.А.

In most operational characteristics (Table 12) the LNAs by RPC «Mikran» (Fig. 41, left) were accepted as the most suitable for the continuum radiometers. Mikran’s experts became interested in the method developed and applied at RATAN-600 for investigation of noise characteristics and long-term stability of LNA parameters.

It is planned to develop for the radio telescope the new-generation amplifiers (of modular type, i.e. representing a fully-featured miniature radiometer with all its elements) based on domestic microchips.

Nizhelsky N.A.

РАДИОМЕТРЫ В РЕЖИМЕ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ

Внедрение системы сбора данных и управления радиометрами континуума, а также эксперименты по исследованию составляющих шумов и нестабильности радиометрических устройств дали возможность реализовать новый режим работы радиометров – режим полной мощности. Он позволил вдвое повысить флуктуационную чувствительность по сравнению с модуляционным режимом, что ранее не было реализовано из-за несовершенства элементной базы. Применение СВЧ-детекторов на основе туннельных обращенных диодов вместо детекторов на диодах Шоттки резко снижает шум вида $1/f$.

Впервые на практике реализована чувствительность идеального радиометра полной мощности на типовых для РАТАН-600 масштабах времени (~ 10 с). При этом она остается выше, чем у модуляционного радиометра на масштабах времени до 100 с.

Результаты успешно внедряются в работу комплекса высокочувствительных радиометров континуума. Так в 2014 г. в целом завершен перевод всех семи криогенных радиометров на «теплые» входные МШУ в режиме однолучевого приема.

В диапазонах волн 6.2 см, 3.5 см и 2.6 см отличие по шумам от криогенных усилителей составляет всего от 7° до 16°K , однако, с учетом же дополнительных потерь, неизбежных при вводе принимаемых сигналов в криостаты (гермовводы, теплоразвязывающие волноводы), оно вдвое меньше. В самом коротковолновом диапазоне 1.4 см заметная потеря в чувствительности будет скомпенсирована применением схемы полной мощности и двухканального приема.

Цыбулев П.Г., Нижельский Н.А.

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

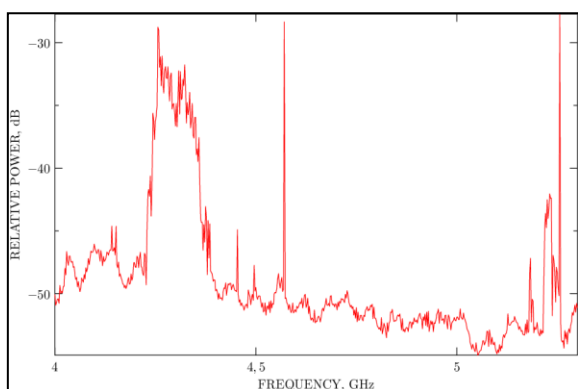


Рис. 42. Слева - электромагнитная обстановка в диапазоне 4.0-5.5 ГГц, где присутствуют помехи от радиовысотометров и космической связи. Справа - запись электромагнитной обстановки на РАТАН-600 в диапазоне частот 0.3-3.0 ГГц.

Fig. 42. Left – the electromagnetic situation in the range 4.0-5.5 GHz with presence of interferences from radio altimeters and space link. Right – the record of electromagnetic situation at RATAN-600 in the frequency range 0.3-3.0 GHz.

RADIOMETERS IN THE TOTAL-POWER MODE

Introduction of a data-gathering and control system of continuum radiometers, and also experiments on investigation of noise components and instability of radiometric devices enabled us implementing a new mode of radiometers operation – the total-power mode. It allowed us twice increasing their fluctuation sensitivity as compared with the modulation mode, which could not be implemented previously because of imperfection of the element base. The application of super-high frequency detectors based on tunnel backward diodes instead of detectors on Schottky diodes sharply decreases the $1/f$ -shaped noise.

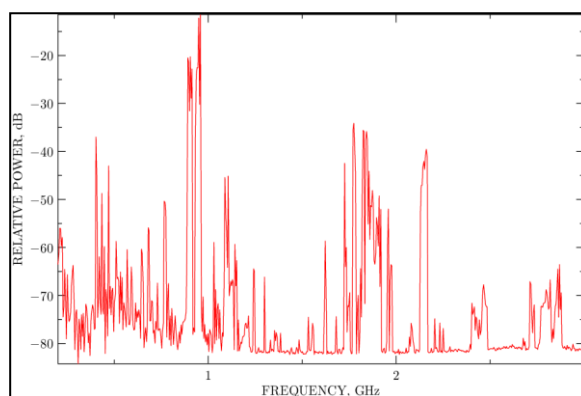
The sensitivity of an ideal total-power radiometer was first implemented in practice on the time scales (~ 10 s) typical for RATAN-600. In so doing, it remains being higher than that in the modulation radiometer on the time scales up to 100 s.

The results are successfully introduced to the operation of the complex of high-sensitive continuum radiometers. The change-over of all seven cryogenic radiometers to «warm» input LNAs was completed on the whole in the single-beam receiving mode.

In the wavelength ranges 6.2 cm, 3.5 cm and 2.6 cm the noise difference from cryogenic amplifiers is only from 7° to 16°K , but, taking into account additional lost which is inevitable when inputting the received signals to cryostats (feed through, waveguides with thermal decoupling), it is twice less. In the shortest wavelength range 1.4 cm the noticeable lost in sensitivity will be compensated by application of the total-power layout and two-channel receiving.

Tsybulev P.G., Nizhelsky N.A.

THE MONITORING OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE



Мониторинг электромагнитных помех на радиотелескопе показывает, что обстановка остается весьма сложной и касается практически всех диапазонов частот, кроме 30 ГГц. В диапазоне длин волн 3-4 см рабочую полосу (изначально 7.3-8.2 ГГц) пришлось неоднократно перестраивать вверх (7.74-8.71 ГГц) из-за помех от радиорелейных линий сотовых операторов.

В диапазоне 6.2 см на частоте 5.2 ГГц работает спутниковый канал связи, а на частотах 4.2-4.4 ГГц авиационные импульсные радиовысотометры (рис. 42, слева). Особенно сложной остается электромагнитная обстановка в дециметровом диапазоне 0.6-3.0 ГГц (рис. 42, справа). Следует отметить максимальное превышение уровня помех по отношению к нулевому уровню более чем на 70 дБ (в 100 раз по мощности!). Отыскать частотные промежутки в несколько десятков мегагерц, свободные от помех, становится чрезвычайно трудной задачей.

Мингалиев М.Г.

ЮСТИРОВКА ПО ГЕОСТАНЦИОНАРНОМУ СПУТНИКУ

The monitoring of electromagnetic interference at the radio telescope shows that the situation remains rather difficult and it concerns practically all frequency ranges except 30 GHz. In the wavelength range 3-4 cm we had to switch the initial operational range of 7.3-8.2 GHz upwards to 7.74-8.71 GHz because of interference from radio relay lines of mobile phone operators.

In the range 6.2 cm a satellite communication channel operates at the frequency 5.2 GHz, and aviation pulse radio altimeters operate at the frequencies 4.2-4.4 GHz (Fig. 42, left). The electromagnetic situation remains especially complicated in the decimeter range 0.6-3.0 GHz (Fig. 42, right). One should note the maximum increase of the interference level with respect to the zero level by more than 70 dB (100 times in power!). The finding of interference-free frequency ranges of several tens of MHz becomes an extremely difficult task.

Mingaliev M.G.

ALIGNMENT BY A GEOSTATIONARY SATELLITE

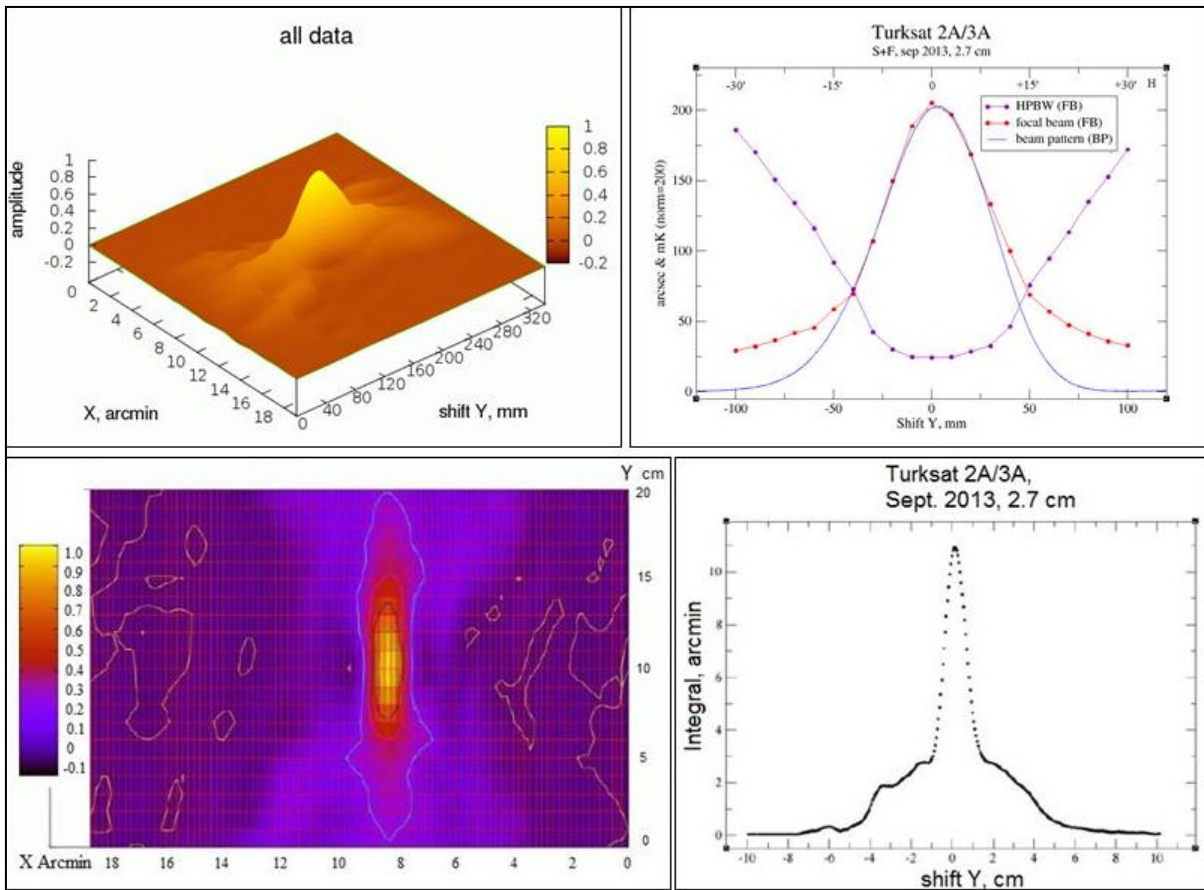
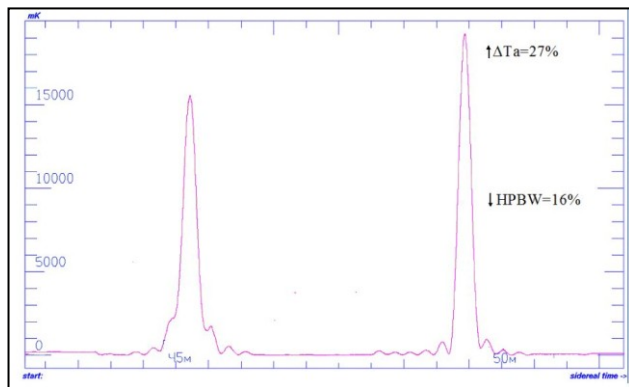


Рис. 43. Фокальное поле (ФП) 3-D вид (вверху слева), изофоты ФП 2-D вид (внизу слева). Измеренные вертикальные сечения ФП и диаграммы направленности (ДН), полуширина горизонтальных сечений ФП (вверху справа), интеграл по горизонтальным сечениям ФП (внизу справа).

Fig. 43. The focal field (FF): the 3D view (top left), the FF isophotes – the 2D view (bottom left). The measured vertical sections of FF and the directional diagram (DD), the halfwidth of horizontal sections of FF (top right), the integral of horizontal sections of FF (bottom right).

Предложен способ измерения фокального поля (ФП) и диаграммы направленности (ДН) радиотелескопа РАТАН-600 по геостационарному спутнику Земли Turksat 2A/3A. Впервые получено двумерное ФП антенной системы «южный сектор с плоским отражателем» (Ю+П) на волне 2.7 см с предельно высоким отношением сигнал/шум.

Измерения выполнялись сканированием спутника с помощью движения каретки и смещения облучателя №2. Результаты исследования ФП представлены на рисунке 43. Аналогично, движением каретки и наклоном плоского отражателя измерена ДН антенной системы «Ю+П».



В дальнейшем измерение ДН и ФП (рис. 44) в сравнении с моделированием позволит оценивать антенную эффективность радиотелескопа, ошибки установки элементов главного зеркала, ошибки фокусировки антенной системы в меридиане и азимутах, паразитные поляризационные эффекты.

Для снижения возможных фазовых ошибок в процессе юстировки из-за собственного движения спутника было реализовано автоматическое слежение кареткой облучателя максимума отклика антенны на ГСЗ в пределах $\Delta X = \pm 50$ мм, что соответствует азимутальному суточному движению спутника в пределах $\pm 0.05^\circ$.

**Хайкин В.Б., Бурсов Н.Н., Лебедев М.К.,
Стороженко А.А., Шендрик А.В., Курочкин Е.А.**

A method was suggested for measurement of the focal field (FF) and directional diagram (DD) of the radio telescope RATAN-600 by a geostationary satellite Turksat 2A/3A. The 2-dimensional FF of the antenna system «Southern Antenna Sectors with the Flat Reflector» (South+Flat) was first obtained at the wavelength 2.7 cm with a limit high ratio signal/noise. The measurement was made by scanning the satellite with the help of motion of a carriage and shift of feed cabin №2. The results of this study of FF are presented in Fig. 43. By analogy, the motion of the carriage and inclination of the flat reflector were used to measure the DD of the antenna system «South+Flat».

Рис. 44. Результаты проведения юстировки антенной системы «Ю+П», полученные в сентябре 2014г. Отъюстировано 25 щитов. Разница во времени между откликами около 1 часа.

Fig. 44. The results of alignment of the antenna system «South+Flat» obtained in September 2014. 25 panels were adjusted. The time difference between the responses is about 1 hour.

Hereafter, the measurement of DD and FF (Fig. 44) in comparison with modeling will allow us estimating the antenna efficiency of the radio telescope, errors of the setting of elements of the main mirror, errors of the focusing of the antenna system in meridian and azimuths, spurious polarization effects.

To reduce possible phase errors in the process of alignment due to the proper motion of the satellite, we implemented the automatic tracking of the maximum response of the antenna to the geostationary satellite by the carriage of the feed cabin within $\Delta X = \pm 50$ mm, which corresponds to the daily azimuth motion of the satellite within the limits $\pm 0.05^\circ$.

**Khaikin V.B., Bursov N.N., Lebedev M.K.,
Storozhenko A.A., Shendrik A.V., Kurochkin E.A.**