

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА КРУГОВОГО ОТРАЖАТЕЛЯ РАДИОТЕЛЕСКОПА РАТАН-600

*А. Н. Ангельский,\* Г. С. Голубчин, Ю. К. Постоенко,\*\*  
В. Д. Бармасов,\* А. М. Бечаснов,\*\* Г. В. Жеканис*

Приводится описание системы автоматизированного управления Западного сектора кругового отражателя радиотелескопа РАТАН-600, выполненной в стандарте КАМАК. Рассматривается работа автоматизированного Западного сектора в режиме позиционирования. Результаты испытаний качества установки Западного сектора свидетельствуют о возможности наблюдений на волне 1 см.

A description of automatic control system for the West sector circular mirror of the radio telescope RATAN-600 in CAMAC standard is presented. The operation of the automatic control system for the West sector in regime of positioning is considered. Test results of the quality of the West sector setting testify to the possibility of observations at a wavelength of 1 cm.

### Введение

Повышение эффективности работы радиотелескопа РАТАН-600 проводится за счет улучшения качества отражающей поверхности элементов кругового отражателя, параметров радиоприемной аппаратуры, автоматизации управления и сбора данных.

Рассмотрим один из факторов повышения эффективности работы радиотелескопа — автоматизацию управления круговым отражателем на примере автоматизации управления Западным сектором, результаты и выводы о которой можно в дальнейшем распространить на автоматизацию управления остальных секторов.

Западный сектор является частью кругового отражателя и состоит из 195 элементов, разбитых на 8 групп (семь групп — по 25 элементов, одна группа — 20 элементов). Каждый элемент имеет три степени свободы:

- поступательное перемещение (радиальное);
- угломестное перемещение;
- азимутальное перемещение.

Параметры перемещений элементов даны в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Вид перемещения	Диапазон перемещения	Скорость перемещения (средняя)	Максимальное время перемещения, мин	Точность установки (среднеквадратическая)
Радиальное	0—1080 мм	1.35 мм/с	13.4	± 0.1 мм
Угломестное	—2—53°	3.48 угл. мин/с	15.8	± 0.5 угл. мин
Азимутальное	± 6°	1.45 угл. мин/с	8.15	± 1 угл. мин

\* Сотрудник Специального конструкторского бюро научного приборостроения СО АН СССР.

\*\* Сотрудник Института прикладной физики АН СССР.

До сих пор управление элементами Западного сектора, как и остальных секторов, осуществлялось полуавтоматической системой управления [1], в основу которой положена двухотсчетная сельсинная линия, работающая в трансформаторном режиме. В качестве датчиков и задатчиков положения использованы бесконтактные сельсины типа БД-404А.

При работе в полуавтоматическом режиме заранее вычисляются таблицы уставок (заданий) координат элементов по задаваемым координатам наблюдаемого небесного объекта. Таблицы уставок передаются бригаде операторов, которые в назначенное время вводят вручную эти уставки (1170 штук) в сельсины-задатчики. Обработка введенного задания производится подачей электропитания на приводы и схемы управления элементами нажатием групповых кнопок (одна кнопка на 25 элементов). Средняя производительность бригады операторов по многолетним данным соответствует одной перестановке в час (полный цикл ввода и отработки задания).

В режиме прохождения «точечного» источника через первый вертикал длительность контакта телескопа с объектом исследования составляет 1 с—2 мин («скольжение» вторичным зеркалом), при этом телескоп 97—99% времени находится в процессе переустановки и только в течение нескольких процентов времени получает полезную информацию. Кроме того, изучен «шум» ввода операторами задания, который зависит от климатических условий и времени суток и составляет  $\pm 0.5^\circ$  по шкале точного отсчета для радиального перемещения (среднеквадратическое отклонение).

При начальном проектировании радиотелескопа задача полной автоматизации радиотелескопа не ставилась из-за отсутствия данных по кинематической стабильности механических узлов и подвижки фундаментов элементов, а также отсутствия проведенного НИРа по возможности автоматизации. Исследование долговременной стабильности зеркала автоколлимационным методом [2] показало, что нарастание деформаций со временем происходит приблизительно линейно со скоростью около 0.3 мм/год (рис. 1). Проведение ежегодных юстировок позволяет исключить влияние возрастающих деформаций.

В 1974 г. работа по исследованию возможности автоматизации была завершена [3] с разработкой предложений по техническому решению этой задачи. В дальнейшем были разработаны структурные и схмотехнические решения системы управления Западного сектора (рис. 2), а также системы управления всего радиотелескопа с использованием принципов международного стандарта КАМАК, который обеспечивает долговременную перспективу развития комплекса при минимальных затратах.

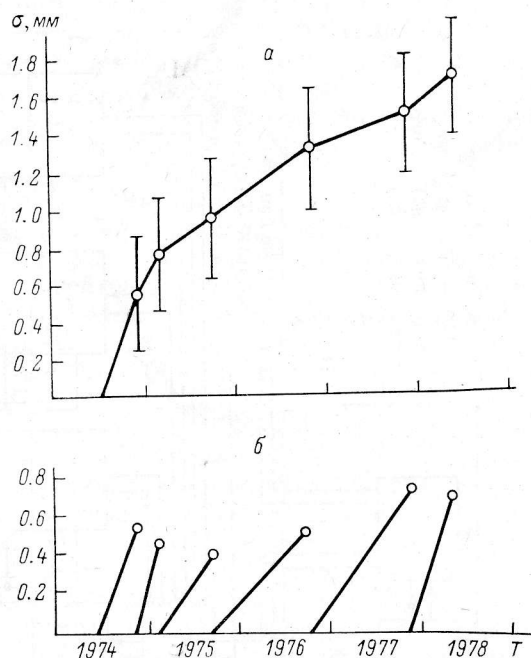


Рис. 1. «Старение» кругового отражателя Северного сектора:

*a* — по отношению к 1974 г.; *б* — за период между юстировками.



## Описание системы автоматизированного управления Западного сектора

Система автоматизированного управления Западного сектора кругового отражателя (САУЗС) состоит из двух помещений (узлов) для размещения оборудования управления элементами кругового отражателя *1a* и *2a* (рис. 3) и помещения (узла) для размещения оборудования автономного центрального управления элементами *10a* (рис. 4). Положение узлов *1a*, *2a*, *10a* показано на плане радиотелескопа РАТАН-600 (рис. 5).

Узел *1a* (*2a*) предназначен для: а) управления 100 элементами кругового отражателя по трем координатам, б) измерения положения 100 элементов по трем координатам, в) получения статусной информации о состоянии оборудования, г) передачи и приема информации из линии связи с узлом *10a*.

В узле *1a* (*2a*) установлены четыре стойки (рис. 2) в стандарте КАМАК. В каждой стойке имеется базовый набор крейтов, состоящий из двух крейтов управления координат (КУК) и одного крейта «Преобразователь угол—код» (ПУК). Базовый набор крейтов предназначен для управления и измерения положения по трем координатам 25 элементов кругового отражателя, а также контроля состояния магнитных пускателей, управляющих электродвигателями. В одной из стоек дополнительно имеются крейт управления узлом (КУУ), управляющий работой всех крейтов узла, и крейт дистанционного управления (КДУ), предназначенный для дистанционного включения электропитания узла и стоек, а также групповых шкафов ШУ1 элементов кругового отражателя, кроме того, в одной из стоек располагается крейт аварийных статусов (КАС), предназначенный для фиксации состояния остального электрооборудования (КДУ и КАС условно не показаны на рис. 2). В состав КАМАК-оборудования узла также входит крейт с комплектом ЗИП, крейт комплекта принадлежностей и функциональная клавиатура, которые предназначены для проведения ремонта, профилактических и отладочных работ. Расположение крейтов в стойках узла показано на рис. 6. В состав узла *1a* (*2a*) входят также кроссовые стойки и электрооборудование.

Модули крейтов КУК и ПУК связаны с элементами отражателя через разъемы, жгуты, кроссовые телефонные стойки, телефонные 20-парные кабели и коаксиальные кабели (рис. 7).

Переключение с полуавтоматического режима на автоматический осуществляется с помощью разъемов в пультах отсчетно-установочных устройств (рис. 8) элементов кругового отражателя, а также с помощью пакетного переключателя (рис. 9) в шкафах ШУ-1 (для включения электропитания группы из 25 элементов).

Узел *10a* предназначен для: а) управления 5 узлами кругового отражателя (*1a—3a*, *8a*, *9a*) и 64 элементами плоского отражателя, б) передачи и приема информации из линии связи со зданием комплекса автоматизации радиотелескопа (центральное управление комплекса автоматизации), а также с узлом *11a* (автономное центральное управление, аналогичное узлу *10a*). В узле *10a* находятся две ЭВМ «Электроника-100И» с оперативной памятью 32К (для каждой ЭВМ) и стандартными устройствами ввода—вывода (ЭПМ «Консул-260», считывающее устройство СП-3, перфоратор ПЛ-150, дисплей «Видеотон-340»), стойка центрального управления

Рис. 2. Блок-схема автоматизированного управления Западным сектором.

1 — ЭВМ М-4030; 2 — ЭВМ «Электроника-100И»; 3 — крейт центрального управления (КЦУ); 4 — крейт магистральных связей (КМС); 5 — системный крейт; 6 — крейт управления узлом (КУУ); 7 — крейт управления координатами (КУК); 8 — крейт «Преобразователь угол—код» (ПУК); 9 — исполнительный механизм; 10 — усилитель мощности; 11 — нуль-орган; 12 — сельсин-датчик грубого отсчета; 13 — сельсин-датчик грубого отсчета; 14 — сельсин-датчик точного отсчета; 15 — сельсин-датчик точного отсчета; 16 — задание; 17 — управление; 18 — статусы.

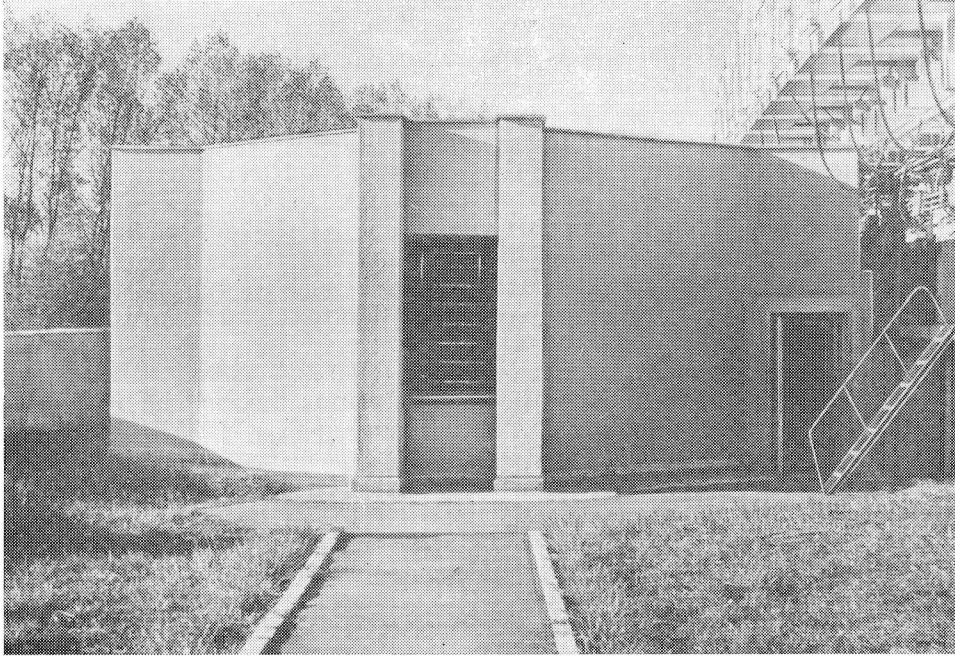


Рис. 3. Общий вид узла 1а (2а).

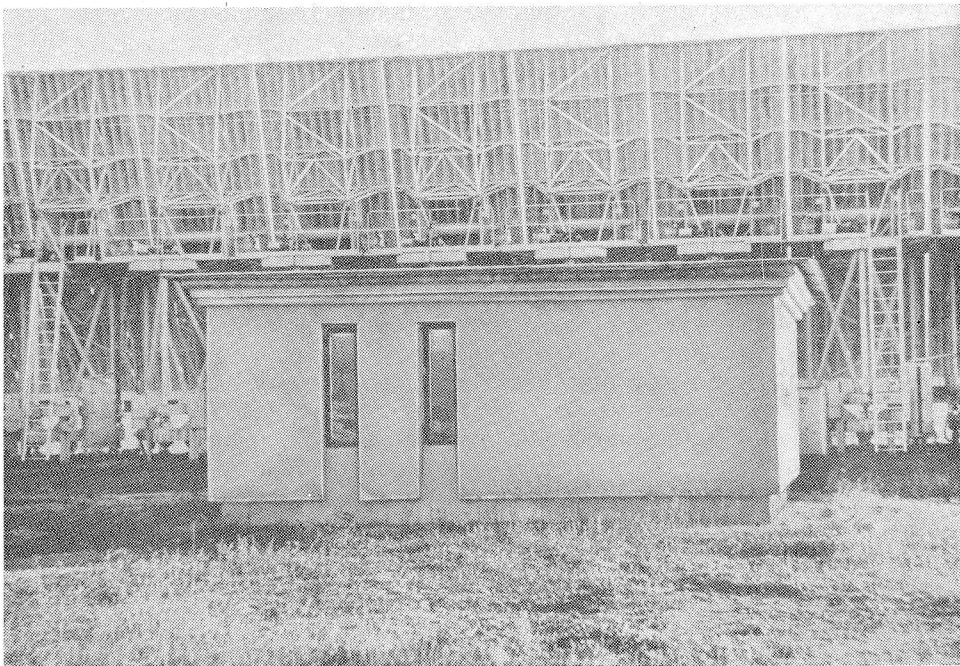


Рис. 4. Общий вид узла 10а (11а).

(рис. 2), стойка управления плоским отражателем, кроссовые стойки и электрооборудование узла.

Стойка управления плоским отражателем по своему составу и назначению аналогична стойке с базовым набором крейтов в узле 1а (2а). Стойка

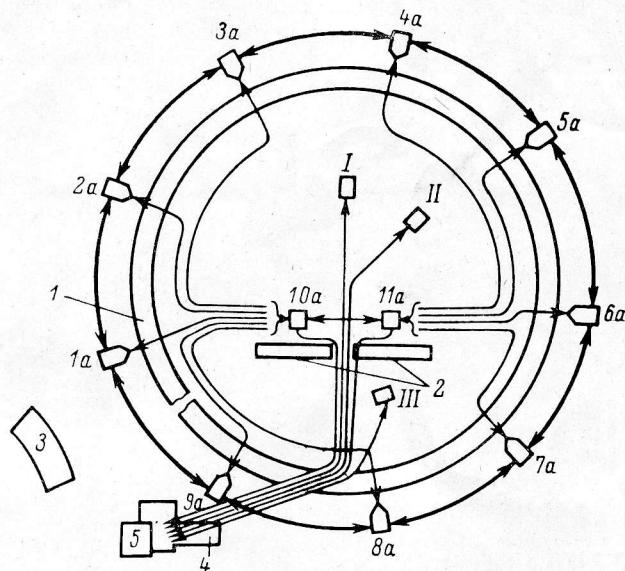


Рис. 5.

1 — круговой отражатель; 2 — плоский отражатель; 1а—9а — помещения (узлы) для размещения оборудования управления 100 элементами кругового отражателя; 10а, 11а — помещения (узлы) для размещения оборудования автономного центрального управления элементами; 3 — лабораторный корпус; 4 — корпус автоматики и электроники; 5 — центральное управление.

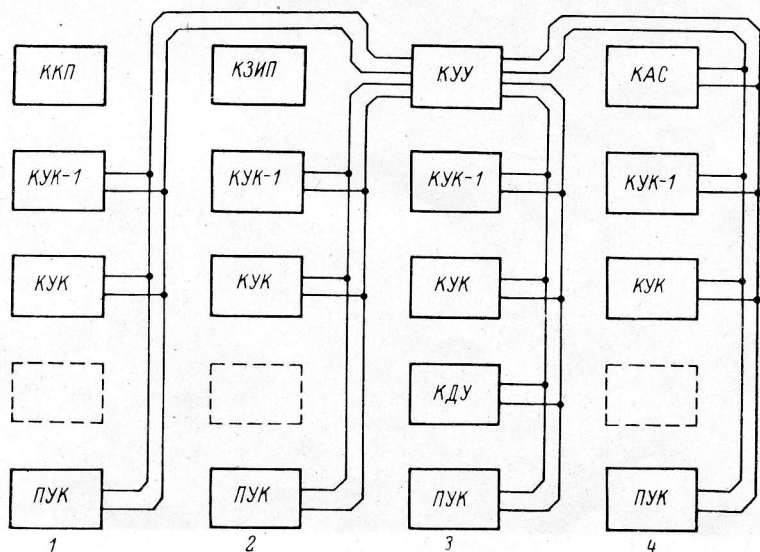


Рис. 6.

КУК — крейт управления координатами; ПУК — преобразователь угол—код; КУУ — крейт управления узлом; КДУ — крейт управления узлом; КДУ — крейт дистанционного управления; КАС — крейт аварийных статусов; ККП — крейт комплекта принадлежностей; КЗИП — крейт с ЗИПом; 1—4 — номера стоек КАМАК.

центрального управления состоит из крейта центрального управления (КЦУ) и двух крейтов магистральных связей (КМС), возможна установка еще двух крейтов в случае развития системы центрального управления. КЦУ обеспечивает задание команд управления и обмен данными между



Рис. 7. Вид на оборудование внутри узла 1а (2а).

модулями КАМАК-системы и ЭВМ «Электроника-100И» по программному каналу, управление вертикальными магистралями, согласование входных и выходных уровней ЭВМ «Электроника-100И», обработку запросов ошибок с установкой сигнала «прерывание», передачи усиленного по мощности выходного сигнала управления во внешнее устройство, управление семью драйверами ветви и системным крейт-контроллером. КМС осуществляет прием и передачу команд и данных, переданных параллельным кодом по кабелю связи. Один КМС обеспечивает связь узла 10а с тремя узлами кругового отражателя по 100-парным телефонным кабелям.

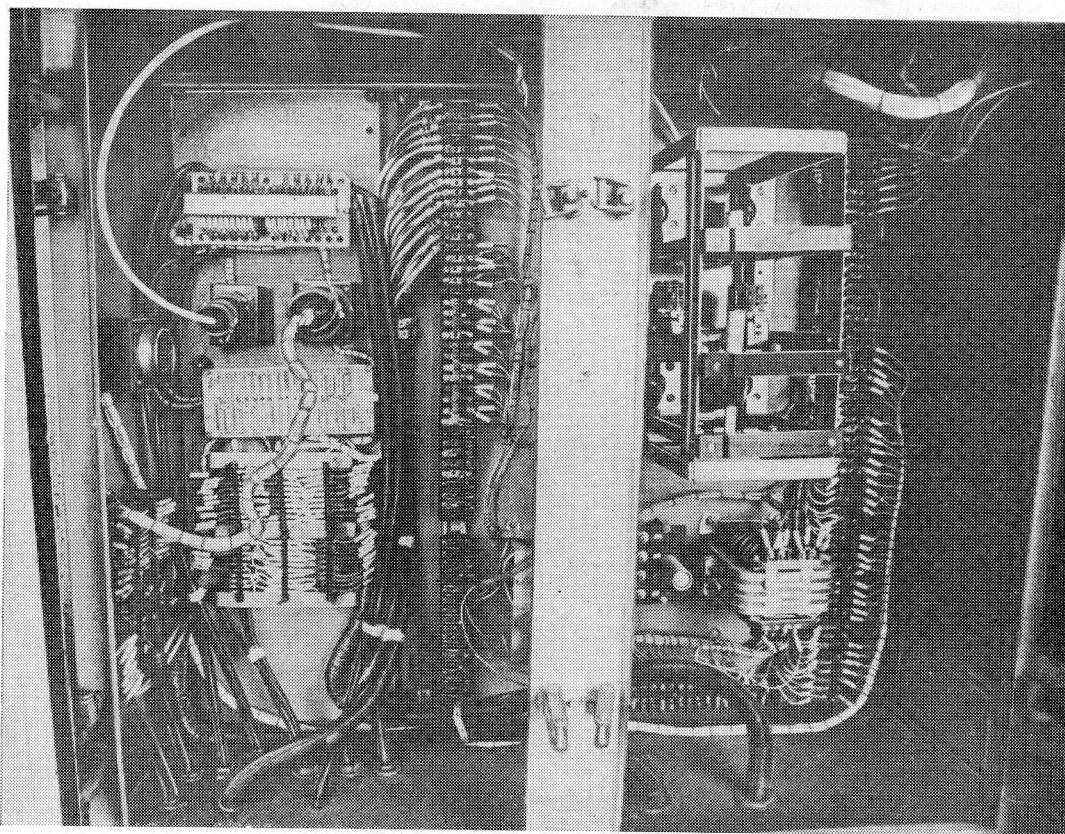


Рис. 8. Шкаф отсчетно-установочного устройства:

Для защиты от радиопомех вводов цепей питания ЭВМ «Электроника-100И» и стоек в стандарте КАМАК применяются сетевые помехоподавляющие фильтры типа ПФ, которые устанавливаются индивидуально для каждой единицы оборудования. Для уменьшения шумов и наводок в оборудовании узла разработана и применяется схема заземления узла (рис. 10). Она состоит из очага заземления и общей шины заземления с сопротивлением около 1 Ом, а также индивидуальных заземляющих шин корпусов стоек КАМАК, лабораторных щитков электропитания, вводного шкафа электропитания, нулевой шины входного силового кабеля, кроссовых стоек, заземляющей шины периферийного электрооборудования радиотелескопа и т. п., соединенных в одной эквипотенциальной точке с общей шиной заземления узла (система с отдельными землями) [4]. Таким образом, имеются как минимум три отдельные возвратные земли: «сигнальная» земля слаботочных электрических схем, шумящая земля (реле, электродвигатели, схемы с большим потреблением мощности)



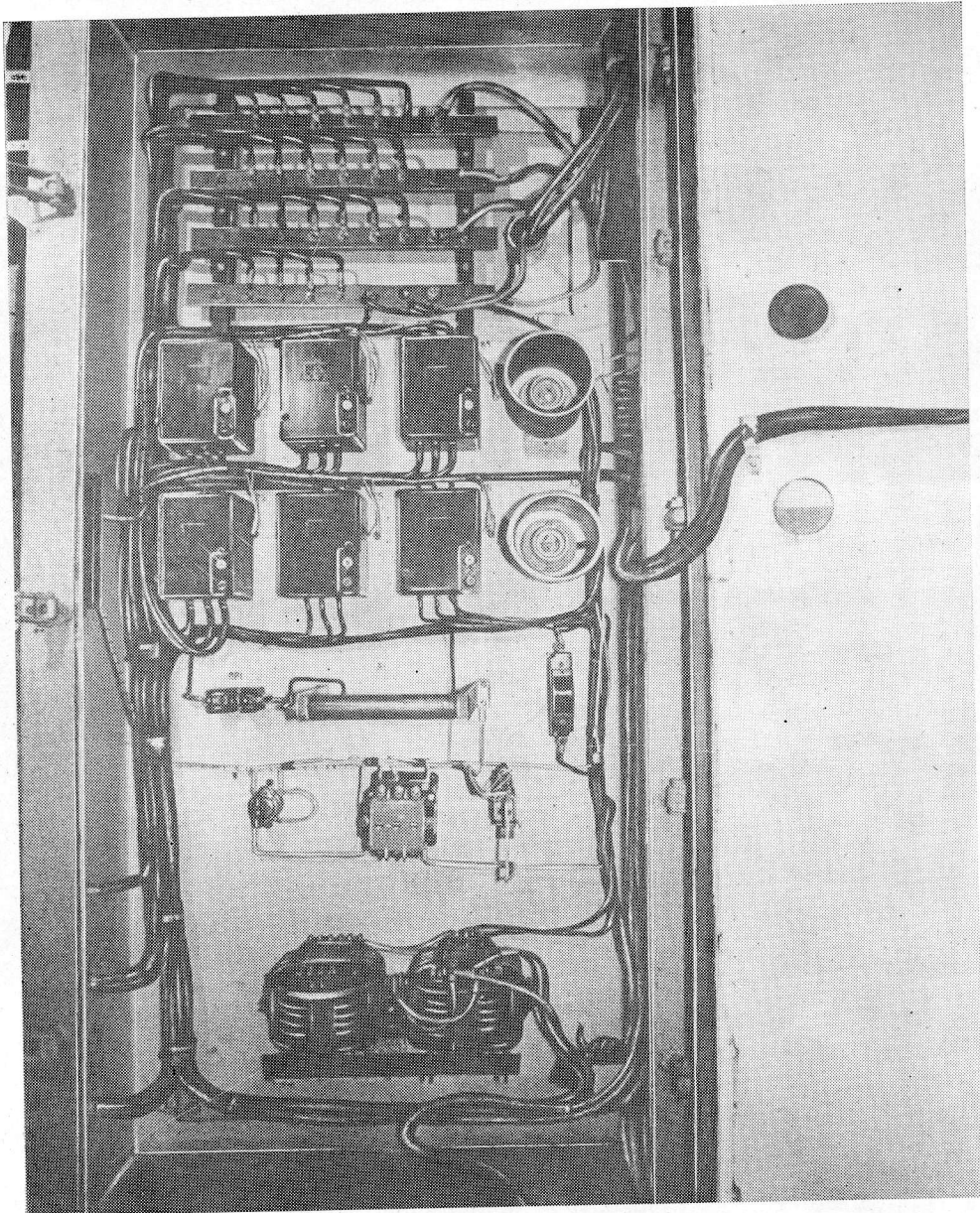


Рис. 9. Групповой шкаф электропитания ШУ-4.

и корпусная земля. Дистанционное включение электропитания узлов кругового отражателя производится по сигналам модуля «Устройство управления ввода, вывода» с помощью пульта дистанционного включения и привода пульта электропитания, установленного в узле 10а и соединенного с узлом 1а (2а) отдельным кабелем.

Для ускорения ввода в эксплуатацию САУЗС была предложена промежуточная конфигурация системы САУЗС с последующим переходом на описанную выше. САУЗС (промежуточный вариант) состоит из двух узлов 1а и 2а без использования центрального узла 10а (рис. 2). В каждый узел дополнительно установлено по одной ЭВМ «Электроника-100И»

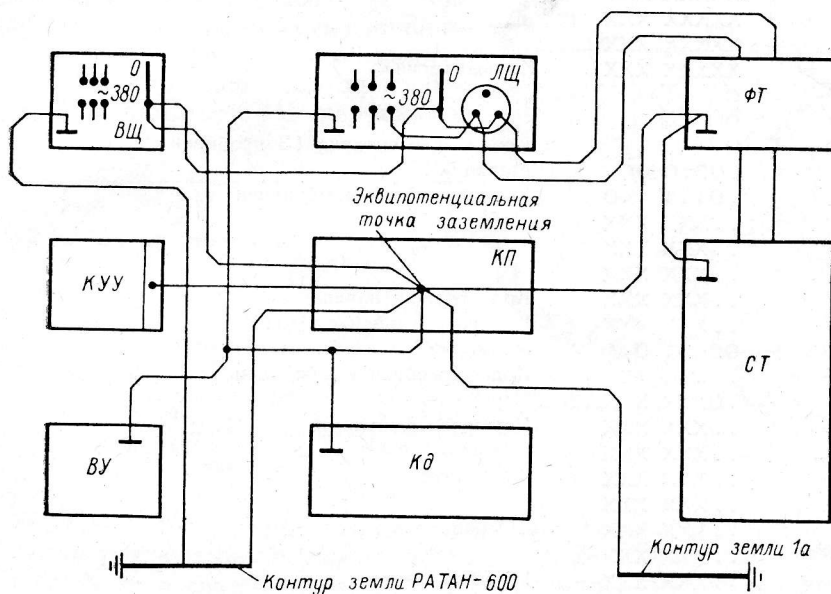


Рис. 10. Схема заземления узла 1а (2а).

ВЩ — вводной щит; ЛЩ — лабораторный щит; ФТ — фильтр сетевой; СТ — стойка КАМАК; Кд — кондиционер; КУУ — край управления узлом; ВУ — выпрямительное устройство; КП — клеммная панель.

со стандартными устройствами ввода—вывода, по одному системному крейту, отличному от КЦУ, и имитатору длинной линии. Системный край узла отличается от КЦУ составом модулей и возможностью работы только с одним узлом и одной ЭВМ «Электроника-100И».

Программные средства, обеспечивающие работу САУЗС (промежуточный вариант), включают в себя следующие программы:

- а) позиционирования элементов узла;
- б) ввода уставок с перфоленты для режима позиционирования;
- в) тестов аппаратуры узла управления;
- г) тестов модулей и крейтов с использованием машинного стенда.

Программа позиционирования элементов узла предназначена для организации управления перемещением элементов узла в заданное положение, измерения координат положения элементов, разрешения (запрета) управления координатами элементов узла, вывода поправок мест нулей координат элементов, а также положения элементов, которые не отработали с заданной точностью уставку (задание). Программа ввода уставок с перфоленты для режима позиционирования используется для ввода в память ЭВМ массива уставок (300 координат) для данного узла. Программа тестов аппаратуры узла обеспечивает диагностику работы отдельных модулей, коммуникаций и периферийного электрооборудования во время проведения профилактических и ремонтных работ с целью уменьшения простоев системы в результате отказов. Программы тестов модулей и крейтов

с использованием машинного стенда контроля используются при внешней приемке и ремонте модулей.

САУЗС (промежуточный вариант) работает следующим образом. Предварительно вычисляются уставки координат элементов на ЭВМ М-4030 в зависимости от небесных координат наблюдаемого источника,

87654 321	Номер дорожки на ленте
0	
0	
0	Признак начала-конца (60 пробивок)
XXXXX XXX	
XXXXX XXX	
XXXXX XXX	
XXXXX XXX	Комментарий
0	
0	
0	Конец комментария (3 пробивки)
000.0 00.	Метка "Н"
.0... .0	Код служебной комбинации
..XXX XXX	
..XXX XXX	
..XXX XXX	
..XXX XXX	Код времени начала
..XXX XXX	Код контрольной суммы
0000. 0.0	Метка "У"
.0... .0	Код служебной комбинации
.0XXX XXX	
..XXX XXX	Номер элемента
..XXX XXX	
..XXX XXX	ГО радиус
..XXX XXX	
..XXX XXX	ТО радиус
..XXX XXX	
..XXX XXX	ГО угол места
..XXX XXX	
..XXX XXX	ТО угол места
..XXX XXX	
..XXX XXX	ГО азимут
..XXX XXX	
..XXX XXX	ТО азимут
..XXX XXX	Код частной контрольной суммы.
...	
...	
...	
..XXX XXX	
..XXX XXX	Код общей контрольной суммы
0	
0	
0	
0	
0	Признак начала-конца (60 пробивок)

Рис. 11. Перфолента для вывода числовых и служебных данных.

например  $\alpha$  и  $\delta$ , к уставкам координат прибавляются поправки за кинематические погрешности элементов. Полученные уставки координат с учетом кинематических поправок умножаются на коэффициент масштабирования, равный 10, и выводятся на перфоленту в виде 12-разрядного кода для грубого и точного отсчета каждой координаты. В начале перфоленты располагается комментарий, в который входят название программы наблюдений, фамилия оператора, подготовившего числовые данные, номера элементов кругового отражателя, год, месяц и число, время наблюдения. Для повышения надежности каждому числовому массиву предшеств-

вует служебная информация, состоящая из метки и кода служебной комбинации, кроме того, кода времени, кода уставок по данному элементу, и в конце ленты выводятся коды контрольной суммы. Общий вид перфоленты для вывода массивов числовых и служебных данных показан на рис. 11; соответствие мест нулей шкал грубого и точного отсчета по каждой координате, т. е. тем отсчетам, к которым вычисляются поправки, геометрическому положению отражающей поверхности элемента даны в табл. 2.

Затем в память ЭВМ «Электроника-100И» узлы 1а и 2а вводят программу «Позиционирование элементов узла», программу «Ввод уставок с перфоленты для режима позиционирования» с общим объемом памяти около 8К. С помощью этих программ вводится в память ЭВМ перфолента

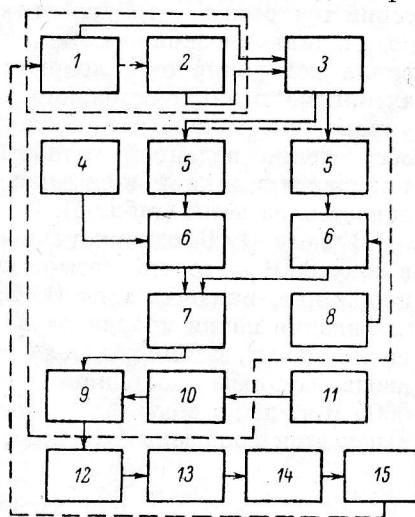


Рис. 12. Схема формирования командного сигнала для одной координаты.

1 — сельсин-датчик точного отсчета; 2 — сельсин-датчик грубого отсчета; 3 — преобразователь угол—код; 4 — таблица поправок нулей шкал грубого отсчета; 5 — блок линейаризации; 6 — блок сложения; 7 — блок согласования кодов грубого и точного отсчета; 8 — таблица поправок нулей шкал точного отсчета; 9 — блок сравнения; 10 — таблица уставок; 11 — ЭВМ М-4030; 12 — блок формирования команд управления; 13 — крест управления координатами; 14 — усилитель мощности; 15 — исполнительный механизм.

с установками для режима позиционирования. Все управление программой позиционирования осуществляется модулем «Кнопочный регистр», установленным в системном кресте. Для функционирования программы позиционирования необходимо предварительно внести в память ЭВМ таблицу рассогласования мест нулей шкал и положения, измеренного с помощью ПУК (таблицу поправок мест нулей шкал). Предварительно места нулей шкал определяются с помощью юстировок [5] в полуавтоматическом, а в дальнейшем — в автоматическом режиме.

ТАБЛИЦА 2

Координата	Геометрическое положение отражающей поверхности	Значение мест нулей шкал	
		ГО	ТО
Радиальная	500 мм	100°	0°
Угломестная	0°	10	0
Азимутальная	0	90	0

ТАБЛИЦА 3

Номер зоны	Рассогласование между зоной и заданным значением по точному отсчету
0005	50°
0004	20
0003	10
0002	5
0001	2
0000	1

Схема формирования командного сигнала управления одной координатой (примерная) показана на рис. 12. Выходные напряжения сельсин-датчиков грубого и точного отсчетов в виде прямоугольных импульсов напряжения, амплитуда которых зависит от угла поворота ротора сельсина «φ», преобразуются в двенадцатиразрядный код, причем три старших разряда определяют сектор угла поворота ротора сельсина, кратный 60° в диапазоне 0—360°, а девять младших разрядов определяют код внутри сектора (θ).  $\theta = \frac{1 + \sqrt{3} \operatorname{tg} \varphi^*}{4}$ , где φ\* — текущее значение угла поворота ротора сельсина внутри сектора угла. Затем полученный не-

линейный код угла поворота ротора сельсинов грубого и точного отсчетов преобразуется в ЭВМ «Электроника-100И» в линейный код, к которому прибавляются значения поправок положений мест нулей по данной координате в отдельности по каждому отсчету. Для устранения погрешности измерения производится согласование по грубому и точному отсчету [6]. Согласованный код сравнивается с кодом уставки в блоке сравнения. В зависимости от результатов сравнения на исполнительный механизм через КУК подаются команды «Вперед», «Назад», «Стоп». Если за критерий точности и устойчивости системы принять отношение скорости привода к динамической ошибке перемещения, то необходимая частота измерения контролируемой координаты равна  $13 \div 14$  Гц [3]. В реализованном алгоритме позиционирования время, необходимое для работы системы управления с одной координатой, составляет около 30 мс, поэтому для обеспечения заданной точности и устойчивости рассогласование между текущей и заданной координатой, равное  $50^\circ$  по точному отсчету,\* разбивается на зоны (табл. 3).

В зону 0000 одновременно могут входить только две координаты, в зону 0001 — только четыре координаты и т. д., увеличение количества координат, включая зону 0005, происходит по двоичному закону. После вхождения пачки координат в зону 0005 производится остановка перемещения пачки, затем вводится следующая пачка координат в эту зону, после ввода всех пачек координат в зону 0005 производится перемещение в зону 0004 и т. д. до зоны 0000. После отработки всех координат в зоне 0000 печатается сообщение «Конец».

### Надежность САУЗС

Эффективность работы САУЗС в значительной мере определяется ее надежностью. Надежность САУЗС определяется надежностью КАМАК-оборудования, периферийного оборудования, ЭВМ, программного обеспечения, развитой системой контроля и диагностики, ролью операторов и пользователей, а также работой ремонтно-эксплуатационного персонала. Анализ надежности САУЗС еще не проводился из-за отсутствия данных по надежности КАМАК-оборудования и отсутствия достаточного количества данных по отказам из результатов эксплуатационных наблюдений. Расчет надежности САУЗС и определение критериев

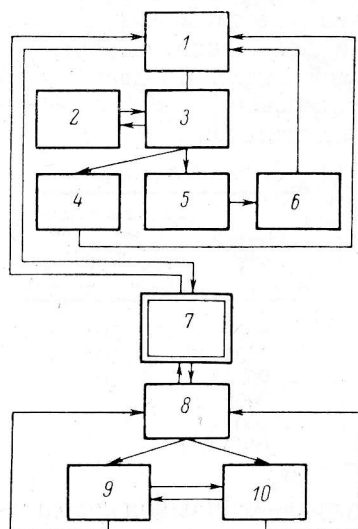


Рис. 13. Схема технической эксплуатации системы управления.

1 — эксплуатационный персонал; 2 — ЗИП; 3 — система управления круговым отражателем; 4 — профилактирующая тестирующая система; 5 — рабочая программа; 6 — оперативная тестирующая система; 7 — материально-технический склад; 8 — ремонтный персонал; 9 — машинный стенд тестирования; 10 — ручные стенды тестирования.

расчета является сложной и громоздкой задачей, поэтому в этой статье не рассматривается.

Следует отметить, что для повышения надежности системы управления на радиотелескопе проводится целый ряд работ в этом направлении, таких как:

\*  $1^\circ$  шкалы сельсина точного отсчета соответствует 0.17 мм радиального перемещения.

1) замена серийного электрооборудования (конечные выключатели, автоматы защиты, в будущем — электродвигатели) на специализированное с гарантийным сроком службы 11—25 лет;

2) замена магнитных пускателей на тиристорные с оптронным управлением. Тиристорные пускатели имеют в 10 раз больший ресурс по количе-

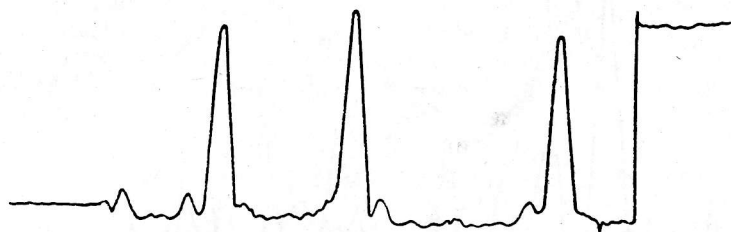


Рис. 14. Фокальные пятна на  $\lambda=8$  мм, снятые 28.04.80 с 4-й группы.

ству включений и не требуют проведения профилактических работ во время эксплуатации;

3) покрытие защитными лаками паек электромонтажных изделий, кабелей и проводов на периферии;

4) улучшение температурно-влажностного режима в узлах;

5) внедрение автономных аппаратных средств контроля и диагностики работы электроприводов кругового отражателя;

6) дальнейшее развитие программных средств контроля и диагностики;

7) внедрение внешних носителей с целью перезаписи их в ОЗУ при сбоях программы;

8) децентрализация системы управления с использованием микро-ЭВМ и реконfigurацией системы.

9) определение рациональной численности ремонтно-эксплуатационного персонала и внедрение двухконтурной схемы технической эксплуатации радиотелескопа (рис. 13).

На рис. 13 первый контур включает в себя объект управления, программные и аппаратные средства контроля и диагностики, ЗИП; второй — ремонтный персонал, машинный и ручные стенды для проверки оборудования, программные средства тестирования КАМАК-модулей. Связывающим звеном между первым и вторым контуром является материально-технический склад, который производит обмен отказавшего оборудования на годное с эксплуатационным персоналом, передачу неработающего оборудования на ремонт и получение отремонтированного оборудования из ремонтной группы (II контур).

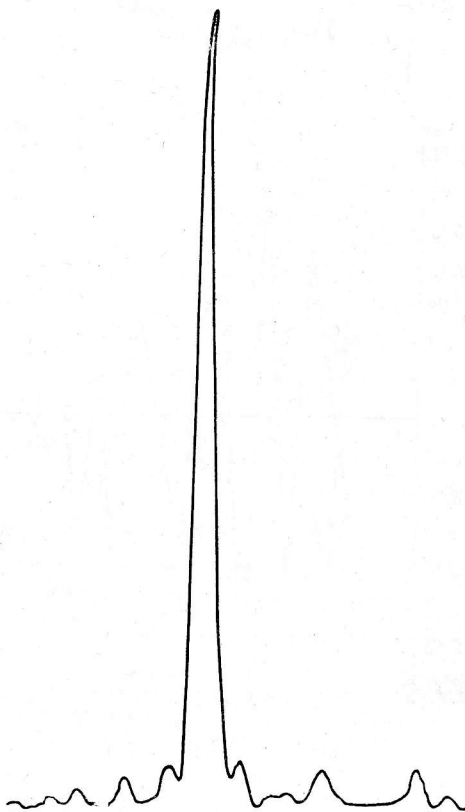
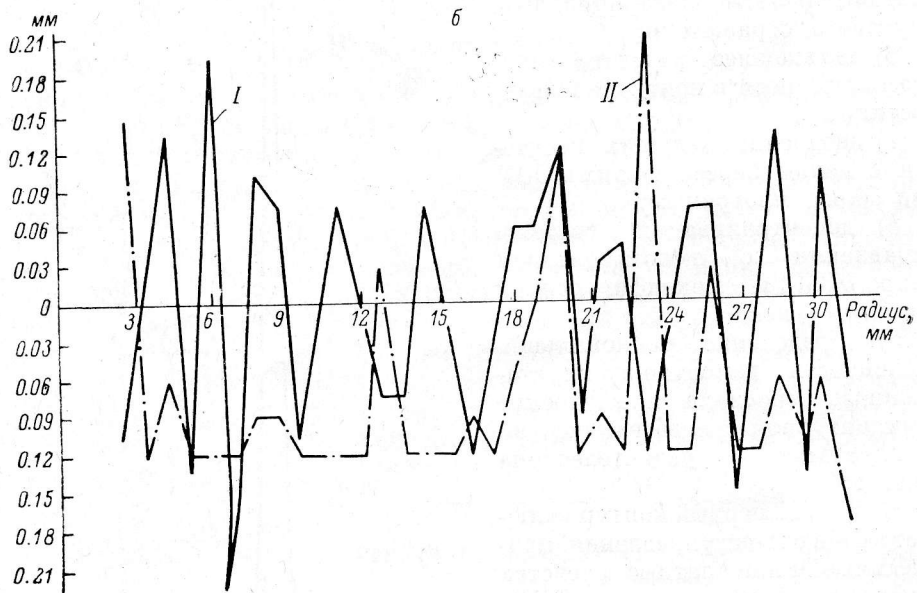
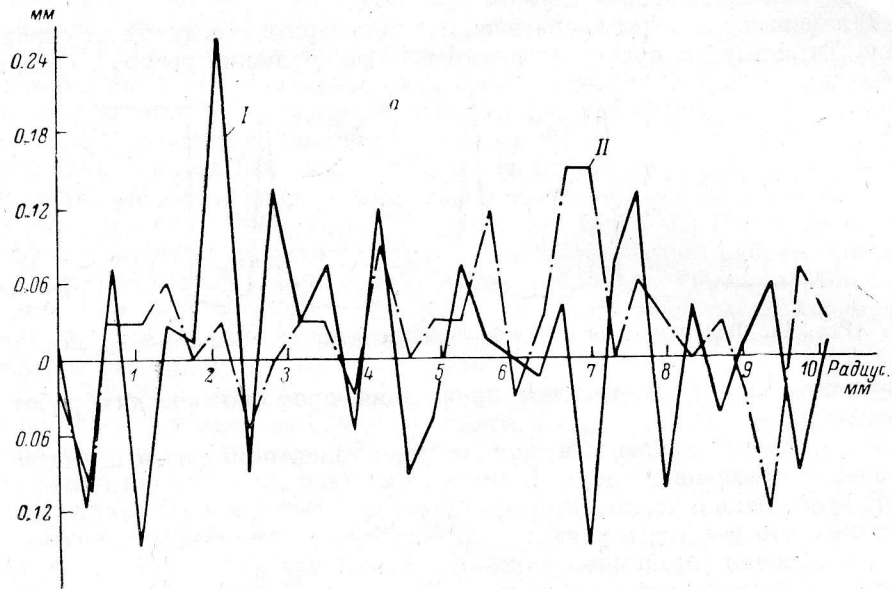


Рис. 15. Фокальное пятно на  $\lambda=8$  мм, снятое 05.06.80 с Западного сектора.



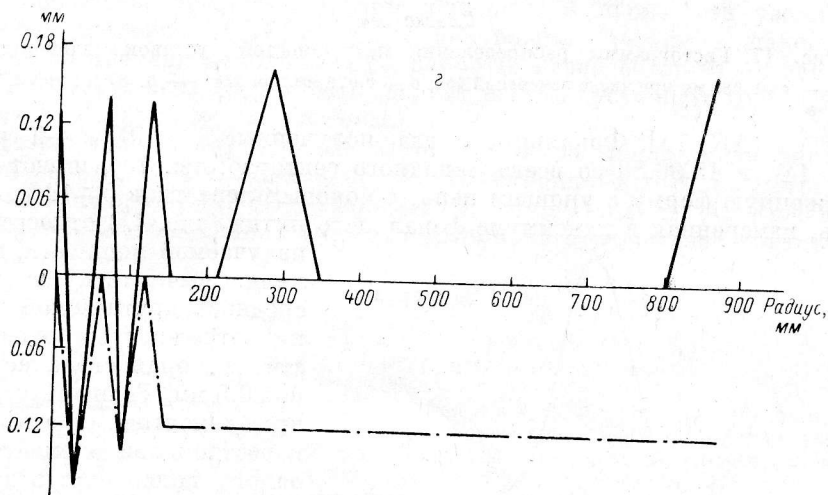
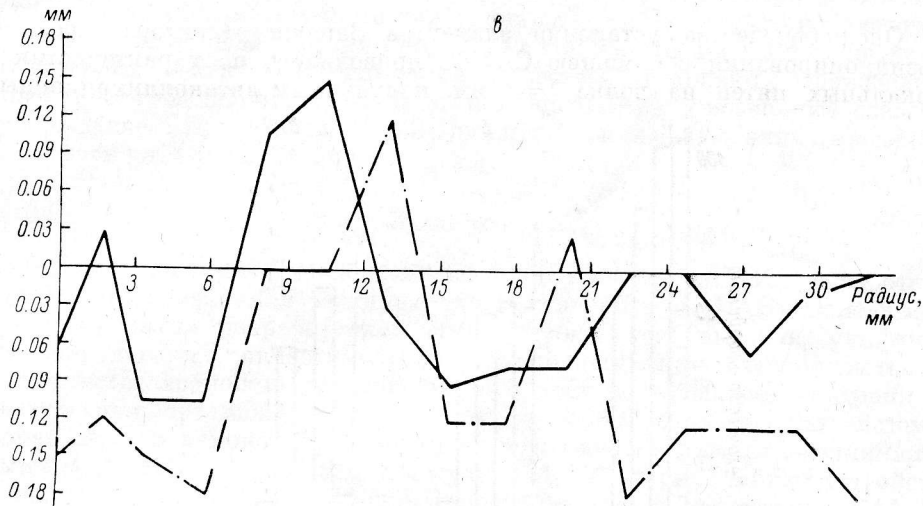


Рис. 16.

$\bar{x}$  — средняя величина (среднеквадратическая величина) разности между  $(R_n - R_{n-1})_{авт}$  и  $(R_n - R_{n-1})_{АКЮ}$ , где  $(R_n - R_{n-1})_{авт}$  — разность между последующим и предыдущим значениями радиальной координаты при работе САУЗС;  $(R_n - R_{n-1})_{АКЮ}$  — разность между последующим и предыдущим значениями радиальной координаты при работе полуавтоматической системы управления, в режиме автоколлимационной юстировки;  $\bar{x}_{авт}$  — средняя величина;  $\sigma_{авт}$  — среднеквадратическая величина разности  $R_{отр} - R_{зад}$ , где  $R_{отр}$  — значение радиальной координаты после отработки задания при работе САУЗС,  $R_{зад}$  — значение задания установки радиальной координаты.  
 I —  $(R_n - R_{n-1})_{авт} - (R_n - R_{n-1})_{АКЮ}$ ; II —  $(R_{отр} - R_{зад})_{авт}$ .

Параметр, мм	a	б	в	г
Шаг	0.34	0.85	1.7	30.6—61.2
$\bar{x}$	0.01	-0.002	0.01	0.03
$\sigma$	0.11	0.12	0.11	0.1
$\bar{x}_{авт}$	0.04	-0.8	0.1	-0.12
$\sigma_{авт}$	0.09	0.1	0.1	0.05



**Исследование качества установки  
отражающей поверхности Западного сектора  
с помощью САУЗС**

Оценка качества установки элементов Западного сектора в режиме позиционирования с помощью САУЗС проводилась по характеристикам фокальных пятен на волне  $\lambda=8$  мм, полученным автоколлимационным

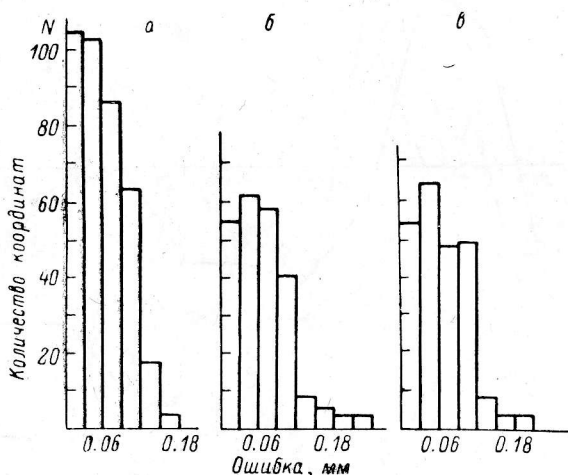


Рис. 17. Гистограммы распределения погрешностей уставок элементов.  
а —  $\sigma=0.085$  мм при числе измерений 450; б — 0.076 мм при 274; в — 0.087 мм при 275.

способом (АК) [5]. Фокальные пятна, полученные 28.04.80 с 4-й группы (рис. 14), и 15.06.80 со всего Западного сектора (рис. 15), имеют четко выраженную форму с уровнем первых боковых лепестков  $5 \div 10\%$ . Мощность, измеренная в максимуме фокального пятна (рис. 15) относительно

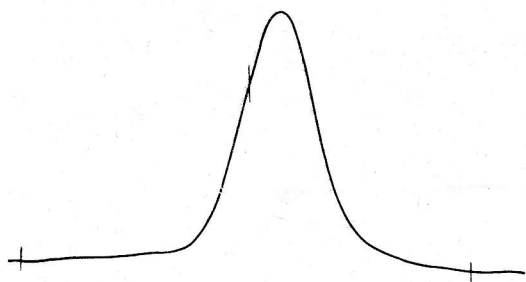


Рис. 18. Запись опорного источника 3С123 на волне  $\lambda=21$  см 05.06.80.

излучаемой мощности, позволила вычислить величину среднеквадратической ошибки отражающей поверхности, которая оказалась равной 0.5 мм. Точность установки элементов определялась перестановкой элементов из одного положения в другое. Уставки и положение элементов после установки выводились на ЭПВМ «Консул-260». Результаты распределения погрешностей уставок элементов 30.01.80 (а), 17.03.80 (б) и 18.03.80 (в) показаны на гистограммах (рис. 17).

Соответствие точности установки элемента по радиальной координате с помощью САУЗС положению отражающей поверхности элемента проводилось при помощи АК-юстировки. Элемент перемещался по радиальной координате с шагом 0.34, 0.85, 1.7, 30.6 мм, величина шага перемещения не менялась для каждого сеанса измерения. Затем вычислялись разности предыдущих  $R_{n-1}$  и последующих значений  $R_n$  радиальной координаты, полученных при работе САУЗС и в режиме АК-юстировки. Полученные разности сравнивались между собой, результаты сравнения показаны на рис. 16.

Так же проводилась проверка качества наблюдения опорного источника 3С123 на волне  $\lambda=21$  см. Запись опорного источника 3С123 показана

на рис. 18, по результатам обработки записи эффективная площадь оказалась равной  $820 \text{ м}^2$ , аналогичное наблюдение на Северном секторе в режиме полуавтоматического управления на той же высоте наблюдения с тоностью ошибки измерения проведено с той же эффективной площадью. Полученные результаты испытаний качества установки отражающей поверхности Западного сектора с помощью САУЗС позволяют сделать утверждение о пригодности САУЗС для проведения наблюдений в пределах длин волн от 1.0 до 21 см.

### Заключение

Впервые на радиотелескопе РАТАН-600 внедрена САУЗС, разработанная и изготовленная в международном стандарте КАМАК. Основными преимуществами разработанной системы являются: высокая унификация оборудования, совместимость со штатной полуавтоматической системой управления, возможность программного доступа в режиме контроля и диагностики, организация независимых контуров обслуживания системы управления и ремонта оборудования, возможность замены с минимальными затратами ЭВМ, отдельных модулей КАМАК, периферийных устройств с целью увеличения производительности и надежности системы. САУЗС работает в режиме позиционирования и является пригодной для проведения наблюдений в пределах длин волн от 1 до 21 см. Для увеличения производительности САУЗС и осуществления режимов накопления сигнала во времени необходимо разработать развитое программное обеспечение, увеличить надежность периферийных устройств и улучшить культуру обслуживания системы.

Авторы благодарят Ю. Н. Парийского за постоянное внимание к этой работе, В. И. Филипенко, Ю. П. Стройнова и В. Г. Петрова за участие в наладке САУЗС, а также Г. А. Пинчука и Н. А. Юдаеву за помощь при исследованиях качества установки отражающей поверхности Западного сектора.

### Литература

1. Копылов А. И., Чуканов О. В., Шиврис О. Н. Отсчетно-установочные устройства секций кругового отражателя радиотелескопа РАТАН-600. — Изв. ГАО, 1972, № 188, с. 101—106.
2. Стоцкий А. А., Пинчук Г. А., Калихевич Ю. Н. и др. Некоторые оценки качества фокусирующей системы радиотелескопа РАТАН-600 по автоколлимационным измерениям. — В кн.: XI Всесоюзная радиоастрономическая конференция по аппаратуре и методам. Тезисы докладов. Ереван, 1978.
3. Голубчин Г. С. Система автоматизированного управления элементами кругового и плоского отражателей антенны переменного профиля. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1975, № 7, с. 226—236.
4. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. М., «Мир», 1979, с. 67—105.
5. Гельфрейх Г. Б., Зверев Ю. К., Стоцкий А. А., Шиврис О. Н. Юстировка антенны переменного профиля. — Изв. ГАО, 1972, № 188, с. 123—128.
6. Зверев А. Е., Максимов В. П., Мясников В. А. Преобразователи угловых перемещений в цифровой код. Л., «Энергия», 1974, с. 164—168.