

УДК 523.164.3

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОСМИЧЕСКОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

С. П. Чекалев, А. А. Мельников, Л. Э. Посошенко, В. В. Хрулев,
С. А. Шмулевич

Зависимость поляризационных характеристик галактического радиоизлучения от параметров, характеризующих физические условия в космическом пространстве, позволяет использовать поляризационные измерения в качестве метода исследования важнейших компонент межзвездной среды: релятивистских электронов, магнитного поля и ионизированного газа [1, 2]. Для повышения эффективности этих исследований была создана система автоматической обработки данных, с помощью которой проводились измерения линейной поляризации космического радиоизлучения на частоте 1250 Мгц.

Ниже приведены описание системы, процесс обработки экспериментальных данных и полученные результаты.

1. АППАРАТУРА

На рис. 1 приведена блок-схема системы автоматической обработки экспериментальных данных. Радиометр представляет собой приемник модуляционного типа с электронно-лучевым параметрическим усилителем на входе [3]. Флуктуационный порог чувствительности приемника при постоянной времени $\tau = 1$ сек $\Delta T = 0,2^\circ\text{К}$. В низкочастотной части приемника предусмотрена возможность подключения преобразователя аналог-код и самописца ЭПП-09, служившего для контроля работы системы.

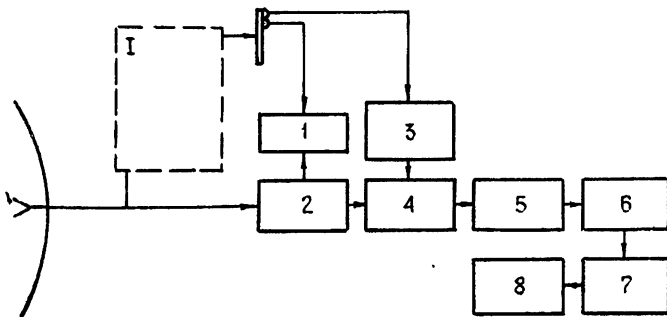


Рис. 1. Блок-схема системы автоматической обработки экспериментальных данных,

1—система индикации позиционного угла облучателя; 1—самописец, 2—радиометр, 3—генератор частоты внешних выборок, 4—преобразователь аналог-код АК-2, 5—согласующее устройство 8ПЛ, 6—перфоратор ПЛ-20-2, 7—FS-1500, 8—БЭСМ-4.

Преобразователь аналог-код АК-2* преобразует выходной сигнал радиометра и выдает результат в параллельно-двоичном коде. Он работает по принципу поразрядного взвешивания: преобразуемое напряжение сравнивается с напряжениями, соответствующими весам двоичных разрядов. Преобразователь имеет 10 двоичных разрядов, диапазон измеряемых напряжений ± 5 в, шаг квантования 10 мв, точность преобразования 0,1%.

Согласующее устройство 8 ПЛ* обеспечивает запись кода с выхода преобразователя аналог-код на перфоратор ПЛ-20-2 параллельно на 9 дорожках, из них — 8 для кодов числа и одна для записи синхроимпульсов. В согласующем устройстве имеется система управления, позволяющая разбивать регистрируемые сигналы на группы («зоны») и формировать код номера группы.

Для запуска преобразователя аналог-код был разработан генератор частоты внешних выборок, работающий как в непрерывном, так и в ждущем режиме (в режиме запуска от фотодатчика системы индикации позиционного угла облучателя). Непрерывный режим ($f_{\text{ввб}} = 2 \div 5$ гц) использовался при калибровке аппаратуры по дискретному источнику Кассиопея-А, ждущий — при измерениях линейной поляризации.

2. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ И ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ

Методика измерений поляризационных характеристик космического радиоизлучения заключалась в следующем [4]. При наблюдении выбранной области небосвода проводилось ее сопровождение по азимуту и высоте в достаточно большом интервале часовых углов. На ленте перфоратора и самописца регистрировались изменения температуры антенны, сопровождающие поворот облучателя. В начале и конце каждого сеанса измерений проводилась калибровка аппаратуры по дискретному источнику Кассиопея-А. Продолжительность сеанса — около 2,5 часов. Емкость каждой группы — 256 чисел. Время начала каждой группы фиксируется наблюдателем.

На основании методики обработки результатов поляризационных наблюдений, описанной подробно в [4], была составлена программа редукиции данных с помощью БЭСМ-4**. Обработка результатов наблюдений заключается в определении температуры линейно-поляризованной компоненты радиоизлучения T и позиционного угла χ . Она выполняется в несколько этапов.

1. При обработке поляризационного сигнала учитываются уходы нулевого уровня и изменение коэффициента усиления приемника в процессе наблюдений.

2. По разности значений Δn_i при позиционных углах облучателя, равных 0 и 90°, 180 и 270°, 45 и 135°, 225 и 315°, определяются параметры Стокса $Q(\theta)$ и $U(\theta)$.

3. Значения $Q(b)$ и $U(b)$ выражаются через эквивалентные яркостные температуры, усредненные по полному лучу антенны $Q(^{\circ}\text{K}) = \frac{Q(\theta)}{n_{\text{K}}} \alpha$,

$U(^{\circ}\text{K}) = \frac{U(\theta)}{n_{\text{K}}} \alpha$, где n_{K} — показания, соответствующие интенсивности

* Разработаны в СКБ ИРЭ АН СССР.

** При составлении программы не вводилась коррекция на побочные эффекты, сопровождающие поляризационные измерения [4]. Учет их влияния на точность определения поляризационных характеристик (T , χ) радиоизлучения исследуемой области небосвода в нашем случае проводился путем анализа зависимостей T_p и χ_p от часового угла t , получаемых с помощью БЭСМ-4.

радиоизлучения Кассиопеи-А, $\alpha = \frac{\lambda^2 S_K}{8 \pi k} D$, S_K — поток радиоизлучения

Кассиопеи-А на данной частоте, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ дж/град, $D = \sqrt{D_E D_H}$ (D_E, D_H — коэффициенты направленного действия, отвечающие диаграммам направленности антенны в E - и H -плоскостях).

4. Определяются средние значения \bar{Q} и \bar{U} для исследуемой области по всем измерениям, соответствующим одинаковому часовым углам.

5. С помощью \bar{Q} и \bar{U} вычисляются $T^{(1)}$ и $\chi^{(1)}$:

$$T^{(1)} = [(\bar{Q})^2 + (\bar{U})^2]^{1/2}, \quad \chi^{(1)} = 0,5 \operatorname{arctg}(\bar{U}/\bar{Q}).$$

6. К полученным значениям $T^{(1)}$ и $\chi^{(1)}$ вводятся поправки, обусловленные постоянной времени радиометра τ .

В результате искомые величины T и χ имеют вид

$$T = \sqrt{1 + (2\Omega\tau)^2} T^{(1)}, \quad \chi = \frac{1}{2} [\operatorname{arctg}(\bar{U}\bar{Q}^{-1}) - \operatorname{arctg} 2\Omega\tau],$$

где Ω — циклическая частота вращения облучателя.

Ввод данных в БЭСМ-4 осуществляется фотосчитывающим устройством. Результаты из машины выдаются в виде таблиц и графиков.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В период с 22 сентября по 30 ноября 1971 года на радиоастрономической станции НИРФИ в Старой Пустыни проводились измерения поляризации распределенного космического радиоизлучения на частоте 1250 Мгц. Для наблюдений была выбрана область небосвода с координатами $\alpha = 3^h 48^m$, $\delta = 64^\circ$. Измерения производились с помощью параболической антенны диаметром 8 м, основные параметры которой следующие: $D = 8000$, $(1 - \beta)\eta = 0,73$, диаграмма направленности симметрична, ширина диаграммы на уровне 0,5 по мощности $\Delta\theta = 2^\circ 14'$. Изменение поляризации антенны осуществлялось путем вращения облучателя вокруг электрической оси антенны. Скорость вращения облучателя — один оборот за 5 минут. Позиционный угол облучателя регистрировался электро-механической системой с точностью $\pm 0,5^\circ$. Получены следующие результаты: 1) температура линейно-поляризованной компоненты космического радиоизлучения области $T_p = (0,7 \pm 0,1)^\circ\text{К}$, 2) позиционный угол $\chi_s = 47^\circ \pm 8^\circ$.

Сравнение ручной и автоматической обработки (см. рис. 2) показывает, что точность вычислений в последнем случае повышается на $5 \div 8\%$.

Как показали измерения, разработанная система автоматической обработки результатов эксперимента существенно сокращает трудоемкость и повышает точность вычислений, достаточно надежна и удобна в эксплуатации.

В дальнейшем разработанная система будет применяться при регулярных измерениях линейной поляризации распределенного космического радиоизлучения.

Авторы выражают благодарность В. С. Троицкому и В. А. Разину за внимание к работе.

Авторы признательны Т. Н. Алешиной за составление программы для БЭСМ-4, Т. А. Дементьевой за отладку ввода данных в ЭВМ с перфоленты.

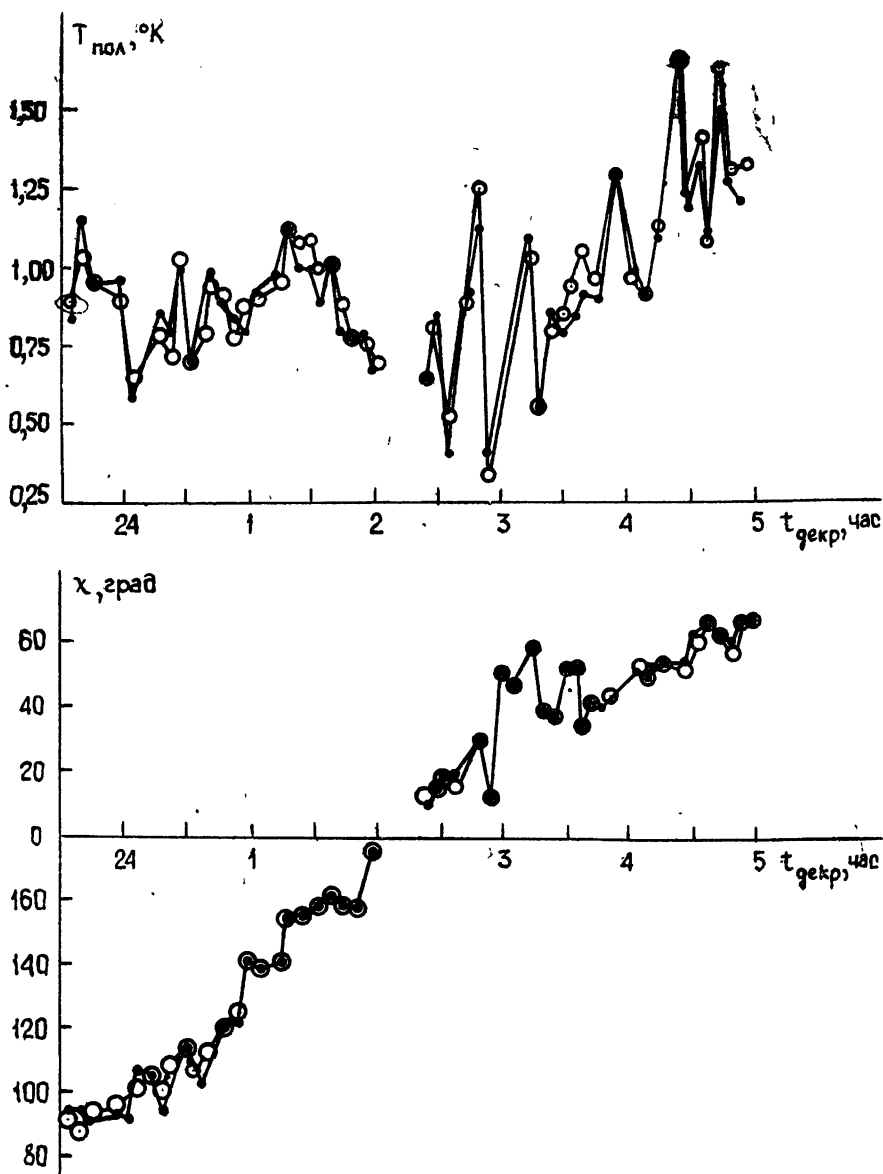


Рис. 2. Зависимость $T^{\circ}K$ и χ° от часового угла за 1.11.72 г., полученная с помощью ручной (○○○) и автоматической (●●●) обработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Разин, Радиотехника и электроника, 1, 846 (1956).
2. В. А. Разин, Астрон. ж., 35, 241 (1958).
3. А. А. Мельников, В. В. Хрулев, Приборы и техника эксперимента (в печати).
4. В. А. Разин, В. В. Хрулев, В. Т. Федоров, С. А. Волохов, А. А. Мельников, А. М. Пасека, Л. В. Пупышева, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 11, № 10, 1461 (1968).