

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР
Ордена Трудового Красного Знамени
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

Препринт № 31

С.П.Чекалев, Т.Н.Алешина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
РАСПРЕДЕЛЕННОГО
КОСМИЧЕСКОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

г.Горький,
1972

Для повышения эффективности исследований линейной поляризации распределенного космического радиоизлучения была разработана система сбора и накопления экспериментальной информации [2]. Настоящая работа посвящена разработке алгоритма и составлению программы обработки накопленной информации с помощью ЭЦВМ.

Исследование поляризационных характеристик космического радиоизлучения выбранной области небосвода проводятся с помощью полноповоротной параболической антенны путем сопровождения ее по азимуту и высоте [1]. Изменение поляризации антенны осуществляется путем вращения облучателя вокруг электрической оси антенны. Изменения температуры антенны, сопровождающие поворот облучателя, регистрируются на ленте самописца и на перфоленге в восьмиразрядном двоично-параллельном коде с помощью перфоратора ПЛУ-1 [2]. Для удобства ввода информации в ЭЦВМ предусмотрена система управления, позволяющая разбивать регистрируемые на перфоленге сигналы на группы (от 2^8 до 2^{15}) и формировать код номера группы. Продолжительность одного сеанса наблюдений 2,5 часа. В начале и конце каждого сеанса наблюдений производится калибровка аппаратуры по дискретному источнику Кассиопея-А. Числовые массивы наблюдательных и калибровочных данных состоят из последовательности групп по 256 чисел.

Структура записи сеанса на перфоленге аналогична структуре записи на ленте самописца и представляет собой последовательность из 7 групп (1,2 и 3 группы - калибровка аппаратуры в начале сеанса; 4 группа - сигнал от исследуемой области; 5,6 и 7 группы - калибровка ап-

паратуры в конце сеанса). Числовой массив наблюдательных данных исследуемой области небосвода содержит в себе информацию об изменении температуры антенны за 32 полных оборота облучателя. Перфорация данных производится через промежутки времени, соответствующие повороту облучателя на 45° .

Данные на перфоленте представлены в виде целых чисел с фиксированной запятой в дополнительном коде, причем одна строка на перфоленте содержит одно число. Информация вводится в оперативную память машины фотосчитывающим устройством по пять чисел в одну ячейку машины.

Нами составлена программа для обработки на БЭСМ-4 данных наблюдений линейной поляризации космического радиоизлучения. Программа состоит из четырех частей (см. рис. 1). Первая часть - программа обработки калибровочных участков занимает 30 ячеек ОЗУ БЭСМ-4. Вторая часть - первичная обработка данных наблюдений. Она занимает около 300 ячеек ОЗУ. Третья часть - нахождение поляризационных характеристик опорной области T_c и χ_c^3 . Четвертая часть - обработка наблюдательных данных "разрезов". Третья и четвертая части программы составлены на языке АЛГОЛ.

Первая часть - распаковка данных по одному числу в ячейку и представление их в виде чисел с плавающей запятой, учет ухода усиления аппаратуры и нахождение нулевого уровня. Учет ухода усиления аппаратуры производится по данным калибровочных участков. Методом среднего арифметического определяется величина калибровочного сигнала и нулевого уровня. Затем определяется выраженная в вольтах интенсивность радиоизлучения Кассиопеи-А как разность значений калибровочного сигнала и, усредненных между собой, значений нулевых уровней калибровочного участка. Для каждого периода наблюдений (один полный поворот облучателя) вычисляется нормирующий множитель

$$\frac{1}{n_k} = \frac{1}{n_{k1} + \frac{n_{k2} - r_{k1}}{32} N + \frac{n_{k2} - n_{k1}}{64}};$$

позволяющий учесть изменение усиления аппаратуры и осуществить перевод данных наблюдений в значения антенной температуры. Здесь n_{k1} – интенсивность Кассиопеи-А, вычисленная по первому калибровочному участку; n_{k2} – то же по второму калибровочному участку; Λ – номер периода. Таким образом, мы считаем, что в течение одного периода усиление аппаратуры не изменяется и равно усилению в середине периода. В течение сеанса наблюдений происходит дрейф нуля, что также необходимо учесть при обработке данных наблюдений. Мы принимаем, что при позиционном угле облучателя $\chi = 0$ интенсивность радиоизлучения области одна и та же, а дрейф нуля происходит по линейному закону. Исходя из этих соображений, для каждого периода вводим свой нулевой уровень.

Вторая часть программы – нахождение параметров Стокса, выраженных в вольтах:

$$Q_{\Sigma B} = 0,5 [\Delta n (0^\circ) - \Delta n (90^\circ) + \Delta n (180^\circ) - \Delta n (270^\circ)]$$

$$U_{\Sigma B} = 0,5 [\Delta n (45^\circ) - \Delta n (135^\circ) + \Delta n (225^\circ) - \Delta n (315^\circ)]$$

где $\Delta n(\chi)$ – величина сигнала от исследуемой области при позиционном угле χ , выраженных в вольтах. При помощи нормирующего множителя $1/n_k$ они переводятся в значения антенной температуры:

$$Q_{\Sigma}(\theta_k) = \frac{Q_{\Sigma B}}{n_k} \cdot \alpha \cdot t; \quad U_{\Sigma}(\theta_k) = \frac{U_{\Sigma B}}{n_k} \cdot \alpha \cdot c;$$

где $\alpha = \frac{\lambda^2 S_{\nu}}{8\pi k} D_{2\lambda}$ – параметр аппаратуры, а $c = 10^{-\frac{(C_1 - C_2)}{10}}$ множитель, обусловленный различным усилением аппаратуры при калибровке и собственно наблюдениях. C_1 – коэффициент усиления приемника при калибровке, C_2 – он же при наблюдениях.

Далее вычисляем значения яркостной температуры T'_{Σ} и позиционный угол χ линейно-поляризованной компоненты космического радиоизлучения исследуемой области [3]:

$$T_{\Sigma}' = [Q_{\Sigma}^2(0K) + U_{\Sigma}^2(0K)]^{1/2} \quad \chi'_{\Sigma} = 0,5 \alpha z \operatorname{ctg} \frac{U_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}} .$$

К полученным значениям T_{Σ}' и χ'_{Σ} вводим поправки, обусловленные постоянной времени радиометра τ

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1 + (2\Omega\tau)^2} \cdot T_{\Sigma}' \quad \chi_{\Sigma} = \frac{1}{2} [\alpha z \operatorname{ctg}(U_{\Sigma} Q_{\Sigma}^{-1}) - \alpha z \operatorname{ctg} 2\Omega\tau],$$

где Ω - угловая скорость вращения облучателя.

Среднее время периода вычисляется по формуле:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{н}} + \frac{t_{\text{к}} - t_{\text{н}}}{32} \cdot N + \frac{t_{\text{к}} - t_{\text{н}}}{64} ;$$

где $t_{\text{н}}$ - время начала сеанса наблюдений,

$t_{\text{к}}$ - время конца сеанса наблюдений.

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ фиксируются наблюдателем и являются параметрами программы.

Далее определяем средние значения \bar{T}_{Σ} и $\bar{\chi}_{\Sigma}$ исследуемой области по всем измерениям, соответствующим одинаковым часовым углам. $T_{\Sigma}(t)$ и $\chi_{\Sigma}(t)$ являются первичными экспериментальными данными, получаемыми из поляризационных измерений.

Дальнейшая обработка заключается в нахождении характеристик линейной поляризации космического радиоизлучения $T_{\text{с}}$ и $\chi_{\text{с}}$. В общем случае величин $T_{\Sigma}(t)$ и $\chi_{\Sigma}(t)$, получаемых в процессе наблюдений за областью, недостаточно для определения $T_{\text{с}}$ и $\chi_{\text{с}}$; необходима дополнительная информация о побочном эффекте $T_{\text{н}}$ и $\chi_{\text{н}}$.

В реальных условиях $T_{\text{н}}$ и $\chi_{\text{н}}$ исят главным образом от угла места. При этом $T_{\text{с}}$ и $\chi_{\text{с}}$ определяются следующим образом: выбираем два момента времени t_1 и t_2 , для которых

$$T_{\text{н}}(t_1) = T_{\text{н}}(t_2) \quad \chi_{\text{н}}(t_1) = \chi_{\text{н}}(t_2) .$$

Если изменением побочного эффекта от азимута можно пренебречь, то $t_1 = t_{\text{к}} - \Delta t/2$ и $t_2 = t_{\text{к}} + \Delta t/2$, где $t_{\text{к}}$ - время кульминации области.

С помощью векторной диаграммы [3] находим

С помощью векторной диаграммы [3] находим

$$T_c = \frac{a}{2 \sin |\Delta q|}; \quad \chi_c^3 = \chi_{\Sigma} (t_1) + \beta,$$

где

$$a = [T_{\Sigma}^2 (t_1) + T_{\Sigma}^2 (t_2) - 2T_{\Sigma} (t_1)T_{\Sigma} (t_2) \cos (2|\Delta \chi_{\Sigma}|)]^{1/2}$$

$$|\Delta q| = |q(t_2) - q(t_1)| \quad |\Delta \chi_{\Sigma}| = |\chi_{\Sigma}(t_2) - \chi_{\Sigma}(t_1)|$$

β - определяется величиной угла γ :

$$\beta = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{T_{\Sigma}(t_2) \sin (2|\Delta \chi_{\Sigma}|)}{a} \right) - 45^{\circ} \quad (\gamma < 90^{\circ})$$

$$\beta = -\frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{T_{\Sigma}(t_2) \sin (2|\Delta \chi_{\Sigma}|)}{a} \right) + 45^{\circ} \quad (\gamma > 90^{\circ})$$

Таким образом, при вычислении T_c и χ_c^3 полностью отсутствуют ошибки, связанные с побочным эффектом. Полученные значения T_c и χ_c^3 мы используем как поляризационные характеристики опорной области.

Далее обрабатываются результаты снятия "разрезов" по прямому восхождению α при различных склонениях δ . Если суточным изменением величины побочного эффекта можно пренебречь, то в процессе снятия "разреза" побочный эффект остается постоянным.

С помощью $T_{\Sigma}(t_0)$ и $\chi_{\Sigma}(t_0)$ (где t_0 - время прохождения опорной области через главный луч антенны), и поляризационных характеристик опорной области T_c и χ_c^3 можно из векторной диаграммы определить параметры побочного эффекта T_{Π} и χ_{Π} .

Последующий учет побочного эффекта при определении T_c и χ_c^3 областей с различными α и выбранным δ сводится к вычитанию вектора T_{Π} из соответствующих векторов T_{Σ} .

Обработка одного сеанса наблюдений занимает 5-6 мин, включая ввод данных и печать результатов обработки. Вывод результатов производится на широкую печать в виде таблицы.

Разработанная программа была применена при обработке наблюдений линейной поляризации распределенного космического радиоизлучения на частоте 920 и 1250 мгц. Использование ЭЦВМ при обработке наблюдений позволило существенно сократить затраты времени на обработку и повысить точность вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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, 1461 (1968).
2. С.П.Чекалев, А.А.Мельников, Л.З.Посошенко, В.В.Хрулев, С.А.Шмулевич, Приборы и техника эксперимента (в печати).
3. В.В.Хрулев, Изв.высш.уч. зав. - Радиофизика, 9, № 10 1461 (1968).

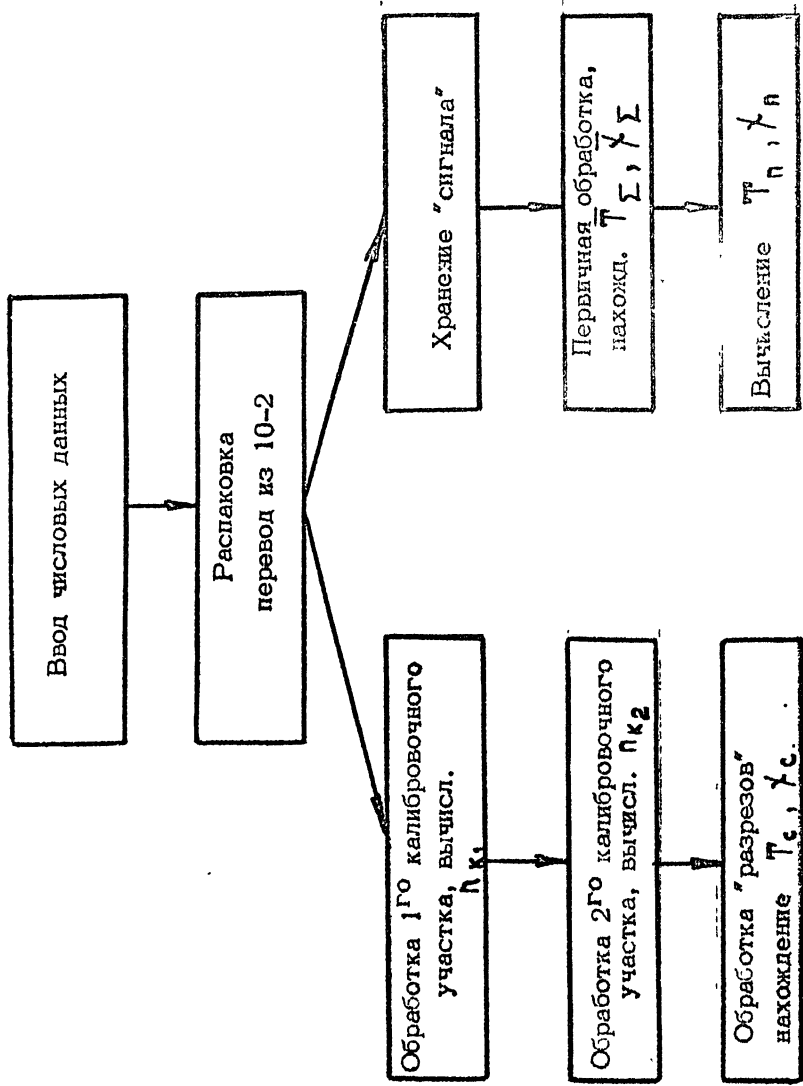


Рис. 1. БЛОК-СХЕМА ПРОГРАММЫ