

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ РАТАН-600. ВЕРСИЯ 1

*З. А. Алферова, И. В. Госачинский*

Приведено краткое описание структуры и особенностей функционирования машинных программ, разработанных для обслуживания существующего варианта радиоспектрометра для наблюдения радиолиний на радиотелескопе РАТАН-600.

A brief description of the structure and functional features of the computer programs is presented. These programs have been developed for servicing of the existing version of the radio line spectrometer for observation with the radio telescope RATAN-600.

В настоящее время для наблюдения радиолинии 21 см на радиотелескопе РАТАН-600 используется 20-канальный радиоспектрометр. Его характерными особенностями являются: 1) автоматическая установка текущей частоты гетеродина [1] и автоматический выбор режимов измерений с помощью управляющей перфоленты и 2) запись результатов измерений в 20 спектральных каналах, двух служебных каналах и двух каналах непрерывного спектра на перфоленту. Соответственно совокупность машинных программ, входящих в первую версию математического обеспечения (МО) спектральных наблюдений, предназначена для подготовки управляющей перфоленты и для обработки перфоленты с результатами наблюдений. МО состоит из двух независимых разделов — программы подготовки (ПП) и программы обработки (ПО). Из соображений удобства эксплуатации, а также наличия ЭВМ эти два раздела были ориентированы на разные машины: ПП была выполнена на мини-ЭВМ «Найри-2» и «Электроника 100 И», а ПО — на М 222. По сравнению с МО, выполненным в Пулковке на ЭВМ «Минск 22» [2], настоящая версия существенно переработана и значительно расширена.

Основной задачей ПП является подготовка управляющей перфоленты, на которой пробиваются установки частоты интерполяционного генератора (четыре знака в двоично-десятичном коде) и в соответствующие моменты восемь параметров — управляющих режимами спектрометра (в битовом коде, общая емкость 24 бит). Перед обращением к программе наблюдатель задает вручную (с «Консула» или с заранее подготовленной перфоленты) дату наблюдения, склонение области, лучевую скорость, на которую следует настроить выбранный спектральный канал, прямые восхождения начала и конца области наблюдения и требуемый набор управляющих параметров.

Управляющие параметры содержат установки усиления радиометра и спектрометра, постоянной времени и фазы калибровочного сигнала, выбора канала сравнения для спектральных каналов. Кроме этого, программа сама вырабатывает коды на выбор режимов калибровки, контроля баланса спектральных каналов или измерения, а также включения калибровочного или балансировочного шумовых генераторов.

Для работы программы необходимы еще две астрономические константы, которые меняются один раз в год: средняя долгота Солнца и среднее звездное время на 0<sup>h</sup>0 января, — и группа констант, описывающих спектрометр и наблюдаемую радиолинию.

ПП состоит из трех программных секций, первая из которых вычисляет необходимые для данного наблюдения константы, вторая подготавливает и печатает документацию и третья перфорирует управляющую перфоленту. В целом ПП вычисляет через каждые 30<sup>s</sup> прямого восхождения проекцию суммарной скорости движения Земли и Солнца на направление наблюдения, действительную частоту настройки выбранного спектрального канала, опорную частоту гетеродина и частоту интерполяционного генератора. Кроме этого, ПП вычисляет высоту антенны, декретное и звездное время начала и конца наблюдения с учетом промежутков времени, требуемых на калибровку, и вместе с таблицей контроля частот выдает их на печать в виде бланка, который может служить страницей журнала наблюдений.

ПП выполнена в машинных командах ЭВМ «Наири-2», а на «Электронике 100 И» в двух вариантах — на Фортране и в машинных командах. Следует отметить значительную гибкость ПП: имеется возможность менять интервалы времени установок частоты и управляющих параметров, а также интервал таблицы контроля частот; можно также вообще отменить перфорацию управляющих параметров. Программа допускает непрерывный сдвиг настройки частоты спектрометра в зависимости от времени с нужной скоростью. И наконец, программа пригодна для любой радиолинии и для любой конфигурации спектрометра и гетеродинов.

Результаты измерений 24 каналов спектрометра регистрируются последовательно на 5-дорожечной перфоленте в 10-разрядном двоичном коде в две строки. Первые два канала содержат постоянный служебный код и являются маркером начала цикла регистрации. Запись одного наблюдения разбита на 13 файлов, каждый из которых отделяется на перфоленте промежутком нулевых отсчетов длиной в один цикл. ПО состоит из 14 программных секций, осуществляющих следующие основные операции: ввод данных с перфоленты в оперативную память М 222, контроль формата записи цикла отсчетов и исправление сбоев на перфоленте, декодирование, сортировка чисел по каналам, буферная запись на магнитный барабан, запись рабочего файла на магнитную ленту, обработка калибровочных файлов, контрольный вывод калибровочно-балансирующих данных на печать, перевод отсчетов в антенные температуры, поканальный вывод на график в заданном интервале прямых восхождений, вывод всех отсчетов рабочего файла в таблицу, занесение результатов на магнитную ленту для хранения и последующей обработки, осреднение нескольких записей. Программы, входящие в ПО, выполнены частично в машинных командах ЭВМ М 222, частично на языке Алгол-60 с использованием транслятора ТА-1.

Секция контроля формата предназначена для выявления и устранения возможных сбоев записи данных на перфоленте. Эта задача представляется чрезвычайно важной, поскольку для повышения плотности записи информации на перфоленте отсутствует признак числа. Поэтому при любом сбое типа исчезновения строк или появления лишних строк все последующие отсчеты воспринимаются машиной неверно. Программа производит поиск и отождествление типа сбоя путем сравнения каждого цикла опроса каналов с первым циклом записи. Правильность формата первого цикла должна быть проверена наблюдателем. После этого программа исправляет нарушенный цикл и восстанавливает правильный порядок следования всех последующих отсчетов. Эта программа облегчает также работу оператора при вводе перфоленты в ЭВМ, например при случайных обрывах перфоленты.

Программная секция обработки калибровочных файлов (четыре группы по три файла в каждой) предназначена для вычисления калибровочных коэффициентов в 22 каналах и амплитуд разбаланса в 20 каналах. Поскольку отсчеты 12 калибровочных файлов не выводятся на печать и недоступны визуальному контролю, в этой секции применена итеративная процедура чистки случайных грубых отклонений, а также отклонений из-за переходных процессов, возникающих при смене режимов спектрометра. Программа определяет текущее значение дисперсии отсчетов в каждом файле и исключает отсчеты, отклоняющиеся от среднего более, чем на заданное количество дисперсий. Как показал опыт, обычно бывает достаточно двух итераций.

Записи рабочих файлов после обработки накапливаются на магнитной ленте. При необходимости они могут быть вызваны для осреднения нескольких записей. При этом программа учитывает возможность наличия записей разной длины, начинающихся в разные моменты. Осреднение производится в наибольшей общей зоне записей, которая выбирается автоматически. После осреднения возможен вывод данных на график, таблицу или магнитную ленту.

Кроме описанных выше программ в МО входит ряд вспомогательных программ, разработанных для «Наири-2», «Электроники 100 И» и М 4030, например вычисление годовой прецессии по прямому восхождению и склонению и звездного времени с точностью до  $10^{-4}$  сек. на каждый час декретного времени.

Программа подготовки была испытана в отладочном режиме работы спектрометра. Программа обработки применялась в полном объеме при наблюдениях линии поглощения некоторых дискретных источников на радиотелескопе РАТАН-600 в феврале—марте 1976 г. и оказалась полностью работоспособной. Подготовка наблюдений области протяженностью около часа по прямому восхождению занимает около 2.5 мин. машинного времени (не считая ввода исходных данных), обработка результатов наблюдений такой области занимает 35—40 мин. машинного времени (включая печать графиков).\*

Подробное описание МО спектральных наблюдений имеется в виде технического отчета. Следует отметить, что большую часть программы обработки можно с минимальными переделками использовать для обработки любых наблюдений, результаты которых записаны на перфоленте.

В заключение авторы благодарят сотрудников ВЦ САО за постоянную помощь при отладке программ на ЭВМ М 222.

#### Список литературы

1. Егорова Т. М., Могилева В. Г., Рыжков Н. Ф. Программно-управляемые гетеродины для радиоспектрометров. — Изв. вузов, Радиофизика, 1976, 19, № 10, с. 1554—1556.
2. Алферова З. А., Быстрова Н. В., Госачинский И. В., Трунова З. Г. Машинная обработка наблюдений радиолинии нейтрального водорода, полученных на неподвижной антенне. — Изв. ГАО, 1972, 188, с. 216—219.

\* Сейчас благодаря усовершенствованию программы это время доведено до 8 мин.