

## НАБЛЮДЕНИЯ НА СКАНЕРЕ 6-М ТЕЛЕСКОПА В ФОКУСЕ НЭСМИТ-1 И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАММ РЕДУКЦИИ СПЕКТРОВ

*В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, В. П. Михайлов,  
Е. А. Назаров, А. И. Шаповалова*

Представлены схемы аппаратного обеспечения телевизионного 1000-канального сканера 6-м телескопа, установленного в фокусе Нэсмита на спектрограф СП-124. Кратко описан комплекс программ, позволяющий полностью автоматизировать процесс наблюдений и редукции сканерных спектров.

The hardware/software of the 1000-channels TV scanner of the 6-m telescope is described. The scanner is mounted on the spectrograph SP-124 in the Nasmyth focus. Program package for observations and automatic reduction of spectra is briefly reported.

### 1. Введение

Этапы развития двухпроцессорного аппаратно-программного комплекса — сканера БТА изложены в работах [1—3]. В [1] описан принцип регистрации фотонов в системе спектрограф—ЭОП—телевизионная трубка, программное обеспечение считывающей ЭВМ МС-1201 для различных режимов работы сканера (обычный режим, режим псевдоцентрирования и режим покадровой записи), а также набор аппаратурных средств. С созданием специализированного языка программирования СИПРАН [2] стала возможна математическая обработка данных, получаемых на сканере, а также на других аналогичных системах. В работе [3] описаны программы обработки звездных спектров и методика наблюдений применительно к некоторым астрофизическим задачам.

Опыт наблюдений на сканере БТА показал, что он является достаточно надежным и простым в эксплуатации прибором, работоспособным в течение всего года как в режиме штатных наблюдений, так и в режиме дублирования. В 1984 г. сканер БТА был установлен в фокусе Нэсмита на планетном спектрографе СП-124 [4]. В течение последних лет в САО АН СССР был создан новый комплекс программ на базе языка СИПРАН, позволяющий выполнять в автоматическом режиме наблюдения и экспресс-обработку сканерных спектров в реальном времени. В данной работе представлены схемы аппаратного обеспечения сканера БТА в новой конфигурации наблюдений, а также краткие описания автоматических программ редукции спектров. К настоящему времени на данном комплексе получено свыше 5000 спектров.

### 2. Схемы аппаратного обеспечения сканера БТА

Оптическая схема модернизированного спектрографа СП-124 приводится на рис. 1. Специально подобранные дифракционные решетки (см. таблицу) обеспечивают обратную линейную дисперсию от 3.8 до 0.5 Å/канал. Для одновременной регистрации фотонов от объекта и фона неба на щели спектрографа установлены две диафрагмы на расстоянии 40'' друг от друга (высота диафрагмы 4'' и ширина от 0 до 2''). Спектрограф снабжен набором выравнивающих фильтров. Для наблюдения ярких объектов, например спектрофотометрических стандартов, предусмотрены 7 ослабителей плотностью от 1<sup>m</sup> до 7<sup>m</sup>.

Параметры дифракционных решеток

Обозначение	Порядок	Штрихи, "/мм	Дисперсия, Å/канал	Концентрация		Рабочий диапазон	Номер решетки, согласно ГОСТ
				Å	%		
R1	I	600	2.0	7000	86	4900—12600	2-11-68148-84
R2	II	600	1.1	6000	77	4900—7700	2-2-17327-84
R3	III	600	0.75	6500	?	5700—7300	2-2-88425-85
B0	I	300	3.8	5000	68	3500—9000	1-46-98145-85
B1	I	600	2.0	5500	84	3800—9900	1-17-108120-84
B2	I	1200	1.1	5500	78	3850—9900	3-27-88232-84
U3	I	1200	1.1	4000	75	2800—8200	1-4-38288-84
U4	II	1200	0.5	4000	66	3300—5100	2-2-88418-85

Примечание: обозначения решеток определяются спектральным диапазоном (R — red, B — blue, U — ultraviolet).

Спектрограф частично автоматизирован и оснащен телевизионными подсмотрами поля и щели (предельная видимая величина при изображениях лучше 2'' составляет  $m=20.0 \div 20.5$ ). Это позволяет отождествлять слабые

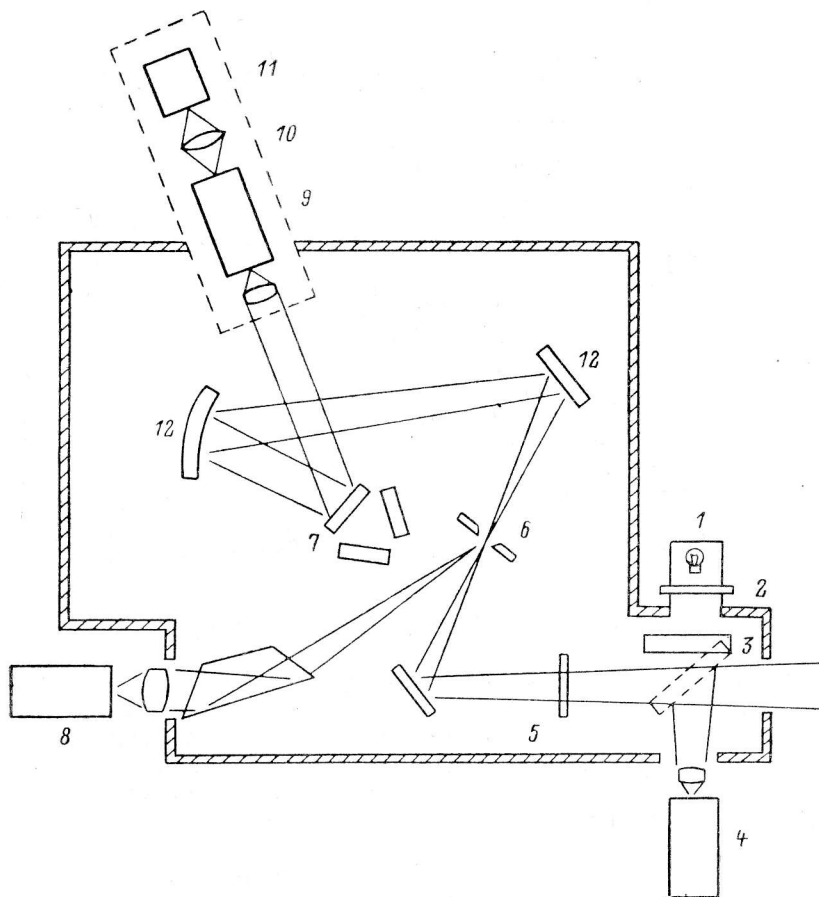


Рис. 1. Оптическая схема спектрографа СП-124.

1 — лампа спектра сравнения; 2 — выравнивающие фильтры; 3 — диагональное зеркало оптического переброса щель-подсмотр поля; 4 — телевизионный подсмотр поля; 5 — ослабители, порядкоразделительные фильтры; 6 — узел щели; 7 — дифракционные решетки; 8 — телевизионный подсмотр щели; 9 — ЭОП; 10 — оптический переброс ЭОП-ТУ; 11 — считывающая телевизионная трубка сканера; 12 — камерный безаберрационный объектив Лобачева.

объекты в полевом подсмотре (размер поля 3'), устанавливать их на щель (размер поля 40'') и гидрировать из аппаратной комнаты БГА. Спектрограф и сканер соединены с ней тремя каналами связи (рис. 2). Видеоканал связывает

подсмотры поля и щели с монитором в аппаратной БТА. Цифровой канал служит для непосредственной связи сканера с микро-ЭВМ МС-1201 и мини-ЭВМ СМ-4. Набор внешних устройств позволяет выводить информацию (спектры) в виде графиков (рулонный и планшетный графопостроители), в цифровом виде (устройство печати), а также визуализировать их на графический дисплей ЭПГ-СМ.

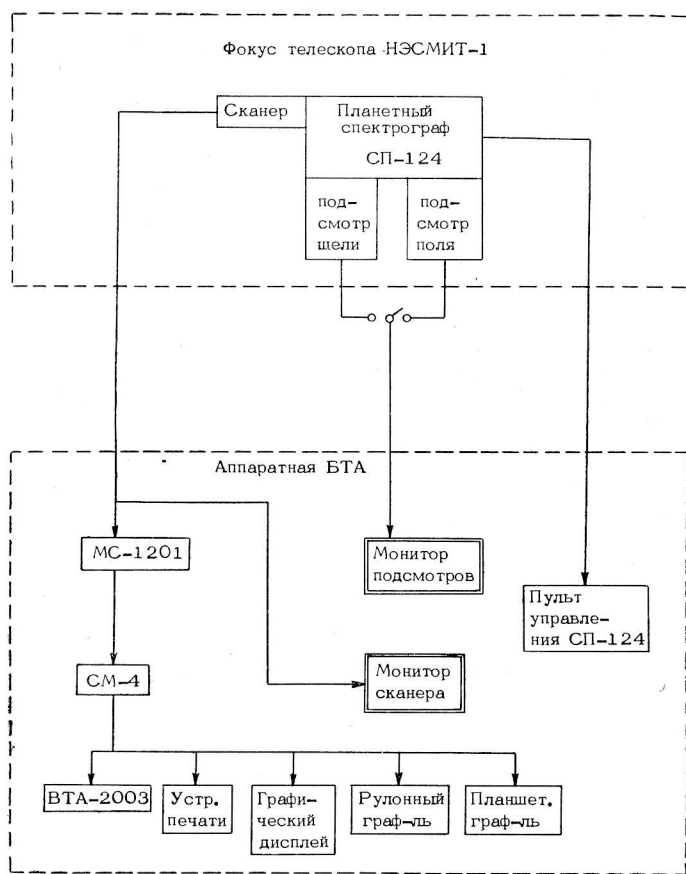


Рис. 2. Схема аппаратного обеспечения сканера.

### 3. Автоматизированный комплекс программ редукции спектров

Программа — это набор команд на языке СИПРАН, которые последовательно интерпретируются и выполняются. Каждая программа содержится в отдельном файле на диске и может вызываться либо самостоятельно, либо из другой программы, что позволяет создавать набор вложенных подпрограмм. Подпрограмма — это набор стандартных программ и отдельных команд, выполняющих сложные функции. Они делятся на функциональные и вспомогательные. Функциональные непосредственно участвуют в программе редукции сканерных спектров, вспомогательные выполняют подготовительные к обработке операции.

Процесс получения спектральной информации на сканере БТА можно условно разделить на три этапа: наблюдения, первичная редукция сканерных спектров и полная редукция сканерных спектров. Поэтапное выполнение во время наблюдений всех процедур в соответствии с разработанной методикой осуществляется программой START. В результате ее работы на магнитных дисках ЭВМ СМ-4 образуется набор стандартных файлов с данными, которые содержат следующую информацию о спектрах:

— журнал наблюдений за каждую ночь (название программы наблюдений, наблюдатели, метеоусловия и т. д.);

— мандат каждого объекта (имя, координаты, время начала и конца экспозиции, номер решетки и отсчет ее угла в соответствии с таблицей; после полной редукции сюда же записываются начальная длина волны и шаг в ангстремах обработанного спектра);

— данные о самих спектрах в виде двоичных файлов (спектры объекта и фона, спектры сравнения и стандартной звезды, а также запись равномерной засветки).

Экспрессная обработка сканерных спектров выполняется с помощью программы SPECTR, блок-схема которой приведена на рис. 3. Начинается она с первичной редукции (подпрограмма PRAVR), которая включает коррекцию за азимут телескопа, исправление за локальные неоднородности путем деления спектров на равномерную засветку, а также устранение модуляции, связанной с режимом псевдоцентрирования фотоэлектронных событий. Построение дисперсионной кривой (подпрограмма DISP) возможно как в ручном (HAND), так и в автоматическом (AUTO) варианте. В первом случае оператор вводит с терминала длины волн реперных линий спектра сравнения Ne—Ar—Ne либо их номера по каталогу, после чего строится дисперсионная кривая методом наименьших квадратов с аппроксимацией полиномом заданной степени. Когда наблюдения нескольких объектов велись в одном спектральном диапазоне, например при обзорах, обработка последующих спектров может проводиться

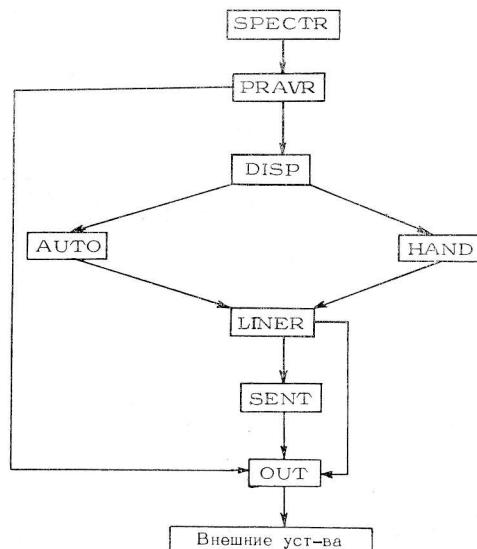


Рис. 3. Блок-схема программы полной редукции сканерных спектров.

в варианте AUTO. Автоматическое отождествление осуществляется с помощью маски, которая записывается на магнитный диск после обработки предыдущего спектра в ручном режиме. Если положения «окон» маски совпадают с положениями реперных линий нового спектра, они считаются отождествленными. Управление вновь передается подпрограмме HAND в следующих случаях:

- а) при ошибке отождествления, т. е. когда положения «окон» маски и линий спектра сравнения не совпадают;
- б) при ошибке аппроксимации, т. е. когда точность построения дисперсионной кривой оказалась ниже заданной.

После приведения спектров объекта и фона неба к линейной шкале длин волн (LINER) их разность исправляется за спектральную чувствительность аппаратуры (подпрограмма SENT). Кривая спектральной чувствительности предварительно строится с помощью вспомогательной подпрограммы SENSTA. На этом полная редукция сканерных спектров завершается.

Подпрограмма OUT осуществляет вывод обработанных спектров в виде графиков:

- 1) после первичной редукции (PRAVR) в осях COUNTS—CHANNELS;
- 2) после линейризации (LINER) в осях COUNTS—WAVELENGTH (ANGSTROMS);
- 3) после полной редукции (SPECTR) в осях RELATIVE INTENSITY—WAVELENGTH (ANGSTROMS).

На рис. 4 приводится пример исходного спектра и этапы обработки спектра Маркарян 3 вышеизложенным комплексом программ. Отметим, что первичная редукция одного спектра длится ~5 мин на ЭВМ СМ-4, а полная ~15 мин.

Все пакеты программ наблюдений и экспрессной обработки подробно описаны в руководстве оператора [5].

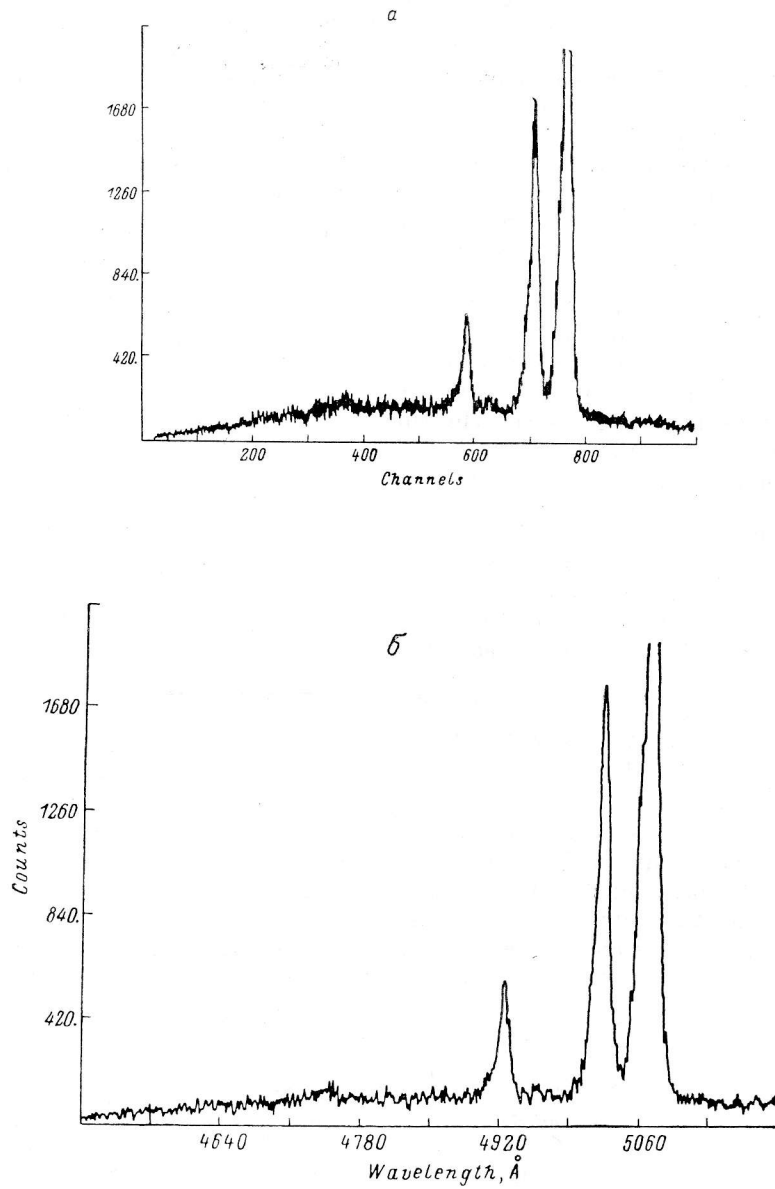


Рис. 4. Результат полной обработки спектра Маркарян 3, полученного на 6-м телескопе.

*a* — исходный спектр; *б* — исправленный за локальные неоднородности и ли-  
неаризованный спектр (PRAVR+  
+LINER); *в* — спектр, исправленный за спектральную чувствительность  
(SENT).

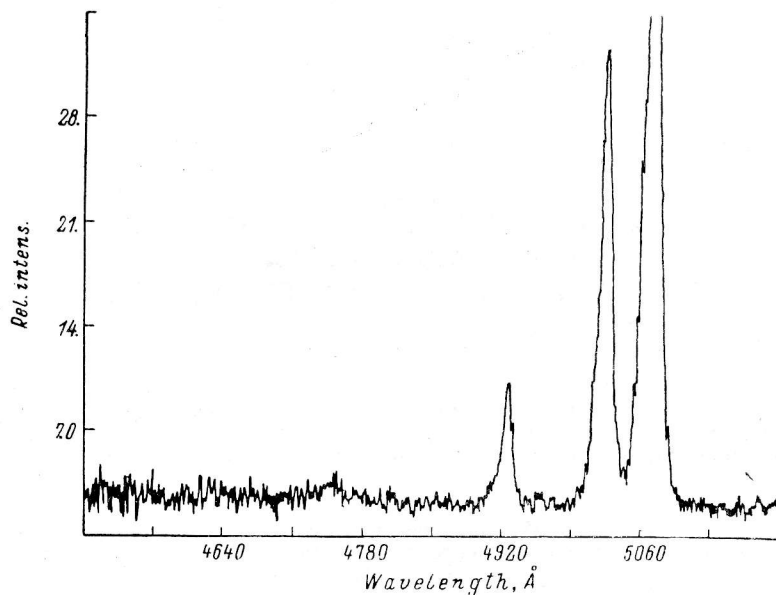


Рис. 4 (продолжение).

## Литература

1. Драбек С. В., Копылов И. М., Сомов Н. Н., Сомова Т. А. Двухпроцессорный аппаратно-программный комплекс — сканер БТА. I: Новые возможности и описание работы / *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1985. 22. С. 64—72.
2. Сомов Н. Н. Двухпроцессорный аппаратно-программный комплекс — сканер БТА. II: СИПРАН — специализированный язык программирования / *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1985. 22. С. 73—76.
3. Копылов И. М., Сомов Н. Н., Сомова Т. А. Двухпроцессорный аппаратно-программный комплекс — сканер БТА. III: Автоматизированная экспрессная обработка звездных спектров / *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1985. 22. С. 77—88.
4. Гусев О. Н., Зандин Н. Г., Лобачев М. В. Планетный спектрограф // *Оптико-мех. пром-сть*. 1976, № 12. С. 63—64.
5. Афанасьев В. Л., Шаповалова А. И., Липовецкий В. Л. и др. Сканер БТА. Отчет САО № 138, 1987.

Поступила в редакцию  
16 мая 1989 г.