Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН

УТВЕРЖДАЮ

директор САО РАН
чл.-корр. РАН Балега Ю.Ю.
____ февраля 1999.

Научно-технический отчет САО N 267

Эшелле-спектрометр первичного фокуса 6-м телескопа

Описание прибора.

Руководитель проекта Панчук В.Е.
Ответственный за метод Ермаков С.В.

Нижний Архыз, 1999

ЭШЕЛЛЕ-СПЕКТРОМЕТР ПЕРВИЧНОГО ФОКУСА 6-М ТЕЛЕСКОПА (PFES)

Панчук В.Е., Ермаков С.В.

Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН

Аннотация.
Приведено краткое описание эшелле-спектрометра PFES в сочетании с матрицей ПЗС 1040x1160 элементов, устанавливаемого в первичном фокусе телескопа БТА. Даны образцы эшелле-изображений и приведены результаты испытаний прибора.

Содержание

1 ВВЕДЕНИЕ

Программой развития средств высокого спектрального разрешения в фокусе Нэсмит-2 предусматривалась замена эшелле-спектрометров первого поколения ([1], [2], [3]) на эшелле-спектрограф с большим диаметром коллимированного пучка [4]. Понятно, что такая замена требовала временного выполнения части плановых наблюдений с высоким спектральным разрешением в другом фокусе телескопа. Поэтому в 1995г в инициативном порядке в ЛСЗ был разработан и в 1996г введен в эксплуатацию на БТА эшелле-спектрометр первичного фокуса PFES [5]. В связи с устойчиво высоким спросом на данный метод наблюдений в 1998г PFES был официально включен в перечень методов, используемых на БТА (приказ N 98-О от 30.10.98). Данное описание метода составлено на основе опыта разработки и 2.5-летней эксплуатации спектрометра. Электронная версия документа (редактируемая чаще) находится по адресу: http://www.sao.ru/~valenta/PFES.html

2 ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ

Система состоит из собственно спектрометра, светоприемника, блоков управления и сбора данных, средств калибровки, ПЭВМ и программных средств, позволяющих выполнять накопление и диагностику сигнала.

2.1 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Эшелле-спектрометр высокого разрешения PFES устанавливается в первичном фокусе БТА и предназначен для детальных спектроскопических исследований точечных и протяженных объектов умеренной яркости. Масштаб изображения на щели спектрометра составляет 8 угл.сек./мм. Оптико-механическая схема спектрометра разработана в Лаборатории спектроскопии звезд [5]. Управление спектрометром разработано В.И.Фатеевым (УЭВЭУ). Светоприемник и система сбора разработаны в Лаборатории Перспективных Разработок [6].

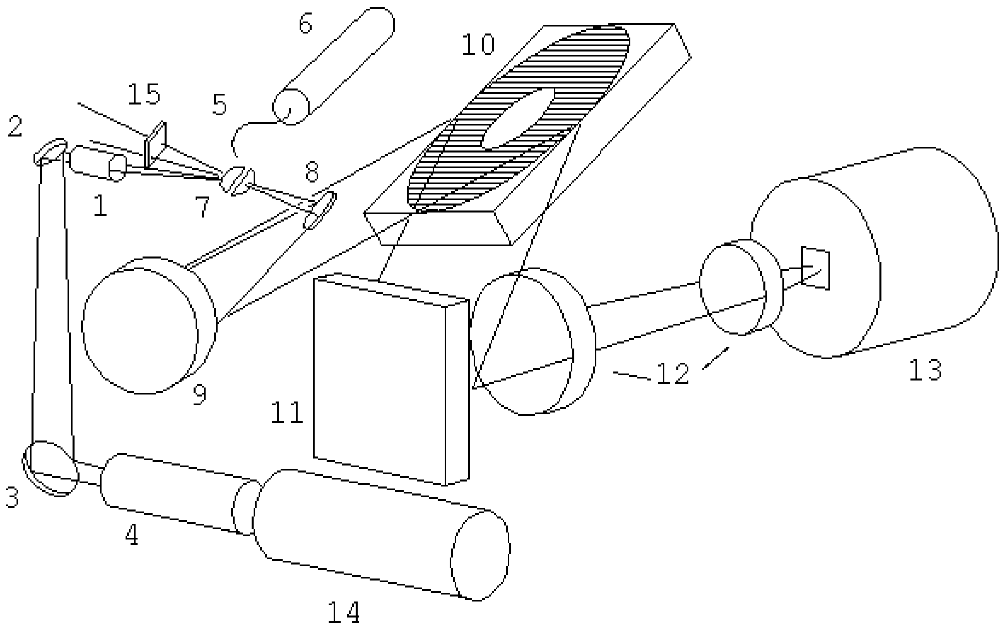

Рис. 1: Схема эшелле-спектрометра (пропорции не соблюдены). Обозначения: 1 – первый объектив подсмотра поля, 2 – первое зеркало подсмотра поля, 3 – второе зеркало подсмотра поля, 4 – второй объектив подсмотра поля, 5 – оптоволокно канала калибровки, 6 – источники непрерывного и линейчатого спектра, 7 – щель, 8 – плоское зеркало коллиматора, 9 – параболическое зеркало коллиматора, 10 – эшелле, 11 – решетка скрещенной дисперсии, 12 – оптика камеры, 13 – светоприемник, 14 – телевизионный подсмотр, 15 – порядкоразделительный светофильтр.

С августа 1996 г. спектрометр используется для обеспечения плановых наблюдений на БТА. На момент составления данного описания спектрометр PFES отработал на БТА свыше 45 наблюдательных ночей.

Вначале спектрометр был разработан для применения как на БТА, так и на 1-метровом телескопе. Наличие сменного коллиматора для наблюдений в кассегреновском фокусе 1м-телескопа определяло габариты прибора, не позволяющие осуществлять вращение по углу P2 в кабине первичного фокуса БТА. В процессе опытной эксплуатации были выявлены и другие конструктивные недостатки. Поэтому в августе 1998 года В.Е.Панчуком PFES был существенно реконструирован (изменены щелевая часть и схема подсмотра, улучшена геометрия компоновки основных оптических эле-

ментов, и оставлен только коллиматор, необходимый для наблюдений на БТА). Светоприемник, система управления и оптические элементы канала регистрации спектра сохранились такими же, как и в первой версии прибора [5].
Телескоп и светоприемник контролируются из Аппаратной (к.211, рабочее место "Н2"). Система сбора ориентирована на ПЭВМ IBM AT [7]. Для обработки эшелле–изображений используется система MIDAS ESO [8].

2.2 ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА

Схема спектрометра представлена на Рис. 1. Пучок F:4 от ГЗ БТА, прошедший через щель, попадает на зеркальный коллиматор, работающий по схеме "обратный Ньютон". Коллимированный пучок попадает на эшелле, работающей при равенстве угла падения и среднего угла дифракции и с ненулевым значением третьего угла (γ), случай "С" по Шредеру и Хилларду [9]. Расходящиеся диспергированные пучки перехватываются решеткой скрещенной дисперсии, а затем оптикой линзовой камеры. Изображение спектра строится на матрице ПЗС. Центры всех перечисленных оптических элементов находятся на одной и той же высоте над поверхностью, несущей схему прибора. В предщелевой части спектрометра установлены первый объектив и первое зеркало канала подсмотра щели, средства калибровки и окно для порядкоразделительного фильтра. Второе зеркало и второй объектив канала подсмотра вынесены из объема, занимаемого собственно спектрометром.

2.2.1 ПРЕДЩЕЛЕВАЯ ЧАСТЬ

Предщелевая часть состоит из оптики канала подсмотра щели, узла ламп калибровки, узла смены предщелевых устройств, узла порядкоразделительного фильтра, узла первого деккера.
Узел подсмотра щели состоит из объектива F=38 мм, вблизи фокуса которого находится центральная часть щели, пары плоских зеркал, посредством которых пучок выводится на внешнюю стенку спектрометра, и объектива-трансфокатора (F=38-140 мм), строящего изображение на входной оптоволоконной шайбе телевизионного подсмотра. Диаметр поля, передаваемого подсмотром, 44 угл.сек., диаметр невинъетированного поля - 33 угл.сек.

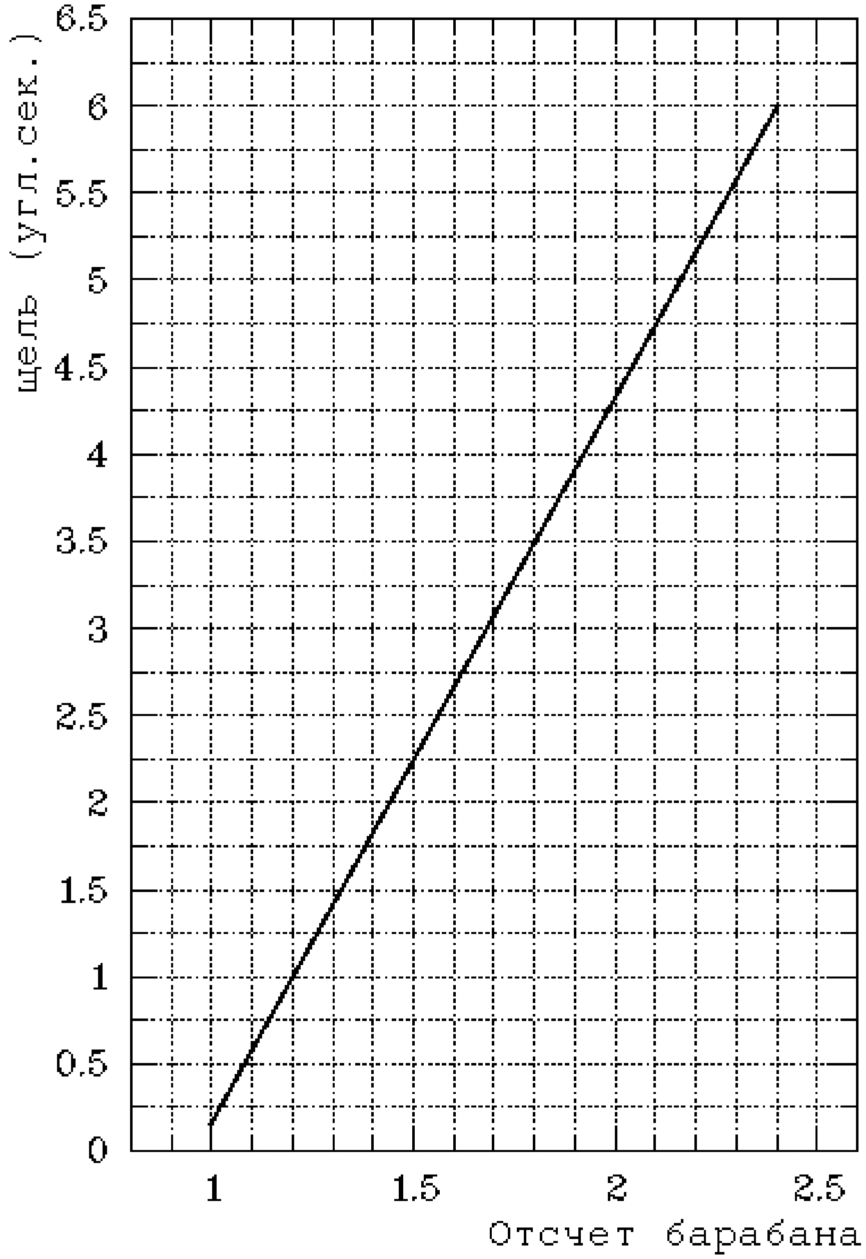

Рис. 2: Калибровка ширины щели (в угл.сек) в делениях шкалы отсчетного устройства.

Узел калибровки представляет собой цилиндр, содержащий заполненную аргоном лампу с полым катодом, покрытым солями тория. В тыльной части цилиндра укреплена лампочка накаливания, снабженная выравнивающим светофильтром. В передней части цилиндра укреплен оптоволоконный жгут, посредством которого спектр калибровки подается на щель спектрометра.

Узел смены предщелевых устройств состоит из каретки, снабженной электромеханическим приводом. Каретка занимает три положения: а) "пусто", т.е. на вход спектрометра попадает изображение, построенное главным зеркалом (ГЗ) БТА, б) "калибровка", т.е. на вход спектрометра подается линейчатый или (и) непрерывный спектр, в) "четвертьволновая пластинка", т.е. изображение, построенное ГЗ БТА, подается на вход спектрометра через четвертьволновую пластинку. (Позиция "в" для общего использования пока не задействована).

Узел порядкоразделительного фильтра представляет собой рамку, в которой укрепляется фильтр, отрезающий второй, нерабочий порядок решетки скрещенной дисперсии. Применение этого фильтра необходимо только в случае наблюдений горячих объектов в ИК-диапазоне.

Узел первого деккера содержит лапку с треугольной прорезью, помещенную непосредственно на плоскости щели. Посредством подпружиненной подвижки эту лапку можно перемещать поперек щели, регулируя при этом высоту спектрального порядка.

2.2.2 ЩЕЛЕВАЯ ЧАСТЬ

Щелевая часть состоит из узла щели, узла второго деккера, узла затвора и узла анализатора круговой поляризации.

Узел щели представляет собой реконструированное стандартное устройство УФ-2, позволяющее раскрывать щель до 6-ти угл. сек. Калибровка отсчетного устройства щели приведена на Рис. 2. Расположение щечек щели не параллельно штрихам эшелле, а развернуто так, чтобы устранить наклон линий к оси порядка, вызванный ориентацией эшелле в случае "C" по Шредеру и Хилларду [9]. Для обеспечения подсмотра щели плоскость щечек неперпендикулярна оси ГЗ БТА.

Узел второго деккера расположен непосредственно за щелью и служит для отрезания излучения, прошедшего через щель выше и ниже внешних краев первого деккера.

Узел затвора состоит из электромагнита и лепестка затвора, непосредственно вмонтированных в устройство УФ-2.

Узел анализатора круговой поляризации состоит из собственно оптического элемента, смонтированного на механизме, позволяющем ввести анализатор на ось коллиматора или вывести анализатор из пучка. (Этот узел для общего использования не задействован).

2.2.3 КОЛЛИМАТОР

Коллиматор состоит из плоского ломающего зеркала, диаметр которого соответствует тени кабины первичного фокуса в коллимированном пучке, и параболического зеркала (фокусное расстояние 200 мм, световой диаметр 60 мм). Оптика коллиматора снабжена механизмом фокусировки, микрометрическим отсчетным устройством фокусировки, другими юстировочными подвижками.

2.2.4 ЭШЕЛЛЕ

Используются классическая R2-эшелле (угол блеска $\Theta_{\mathrm{b}} = 64.3^{\circ}$) с числом штрихов 75 штр/мм и размерами заштрихованной части 117 x 58 мм^2. Концентрация энергии на длине волны 4358Å в 55-м порядке составляет 75 % отраженного света.

Эшелле ориентирована так, чтобы угол падения α был равен среднему углу дифракции β. В этом случае дополнительный выигрыш в широкощельности за счет геометрического фактора эшелле отсутствует. Узел эшелле снабжен механизмом изменения угла падения, контролируемым микрометрическим отсчетным устройством. (Для общего использования рабочий угол эшелле фиксирован).

В Табл. 1 даны номера порядков m, значения минимальной и максимальной длины волны λ_{m}, λ_{M}, измеренные в диапазоне $4549 - 8223$ÅÅ (вариант наблюдений с решеткой скрещенной дисперсии 300 штр/мм).

В Табл. 2 даны номера порядков m, значения длины волны в центре порядка (а не в центре кадра!) λ_{c}, и величины обратной линейной дисперсии D (Å/пиксель), рассчитанные по данным Табл. 1.

Таблица 1: Характеристики эшелле-спектра, регистрируемого с решеткой скрещенной дисперсии 300 штр/мм. Обозначения: m - номер порядка, λ_m и λ_M - минимальная и максимальная длина волны соответственно.

m	λ_m	λ_M
51	4549	4682
50	4640	4776
49	4734	4872
48	4832	4974
47	4935	5080
46	5042	5190
45	5154	5305
44	5271	5426
43	5393	5551
42	5521	5683
41	5655	5822
40	5796	5967
39	5944	6119
38	6100	6280
37	6265	6449
36	6438	6628
35	6622	6817
34	6815	7017
33	7022	7229
32	7240	7454
31	7473	7694
30	7721	7948
29	7986	8223

Таблица 2: Расчетные характеристики порядков эшелле

m	λ_c Å	D Å/pix	m	λ_c Å	D Å/pix
61	3825	0.108	41	5731	0.162
60	3916	0.110	40	5875	0.166
59	3983	0.112	39	6025	0.170
58	4051	0.114	38	6184	0.175
57	4123	0.116	37	6351	0.179
56	4196	0.118	36	6527	0.184
55	4272	0.120	35	6714	0.189
54	4352	0.122	34	6911	0.196
53	4434	0.124	33	7121	0.201
52	4519	0.127	32	7343	0.208
51	4607	0.129	31	7580	0.214
50	4700	0.132	30	7833	0.220
49	4796	0.134	29	8103	0.230
48	4895	0.138	28	8392	0.238
47	5000	0.141	27	8703	0.247
46	5108	0.144	26	9038	0.257
45	5222	0.147	25	9399	0.267
44	5340	0.150	24	9791	0.278
43	5465	0.153	23	10217	0.290
42	5595	0.157			

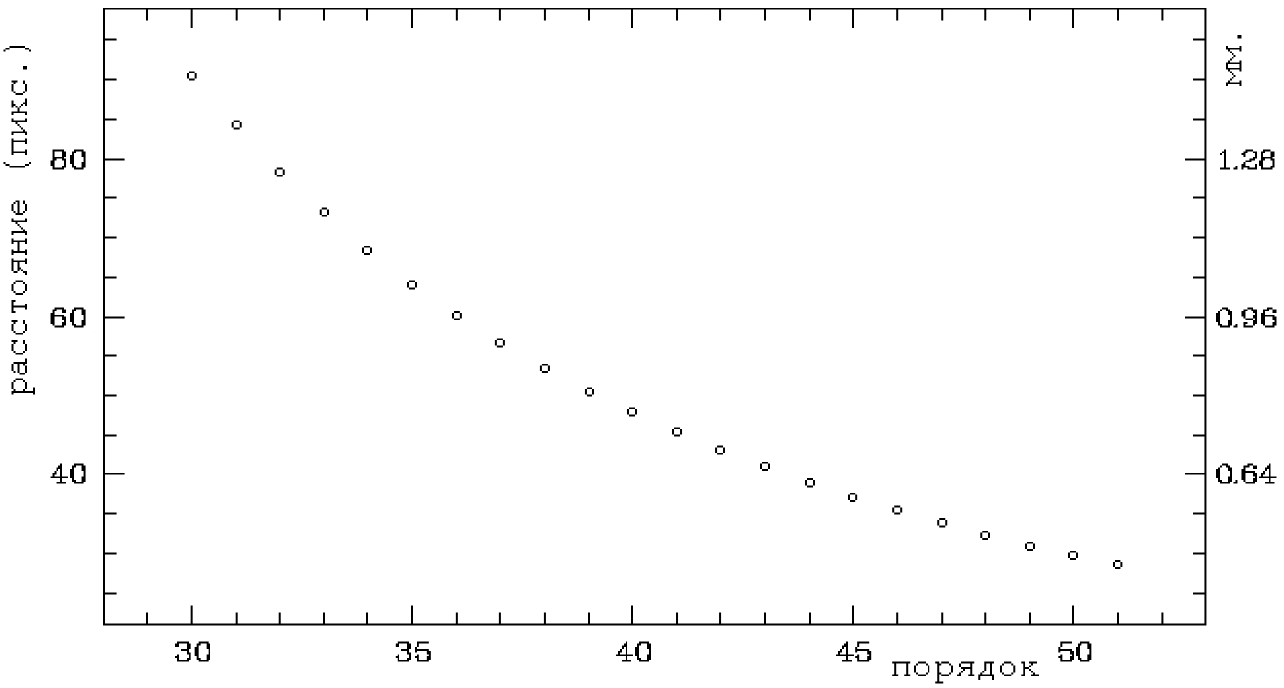

Рис. 3: Величина разведения центров соседних спектральных порядков.

2.2.5 УЗЕЛ СКРЕЩЕННОЙ ДИСПЕРСИИ

В качестве узла скрещенной дисперсии используется одна из двух дифракционных решеток 300 и 600 штр/мм, с размерами заштрихованной части 90 x 90 мм^2. Для решетки 600 штр/мм концентрация энергии на длине волны 6000Å в первом порядке составляет 77 % отраженного света. (Для общего использования предоставляется решетка 300 штр/мм).
На Рис. 3 для решетки 300 штр/мм приведена величина разведения центров соседних спектральных порядков, измеренная на эшелле-изображении и выраженная в элементах матрицы ПЗС.
Механика узла скрещенной дисперсии позволяет как изменять угол падения, контролируя его по отсчетному микрометрическому устройству, так и производить смену дифракционной решетки.

2.2.6 КАМЕРА

В качестве камерного объектива спектрометра используется светосильный четырехлинзовый апланат. Линзы объектива просветлены химическим способом и помещены в специальной оправе. Фокусное расстояние объектива F=140 мм,входная апертура D=86 мм, коэффициент светопропускания 0.9. Фокусировка камеры осуществляется небольшими перемещениями по резьбовой оправе. Фактор широкощельности спектрометра в данной конфигурации равен 1.43. Масштаб в фокальной плоскости 5.6 угл. сек на мм или 0.09 угл. сек на пиксель.

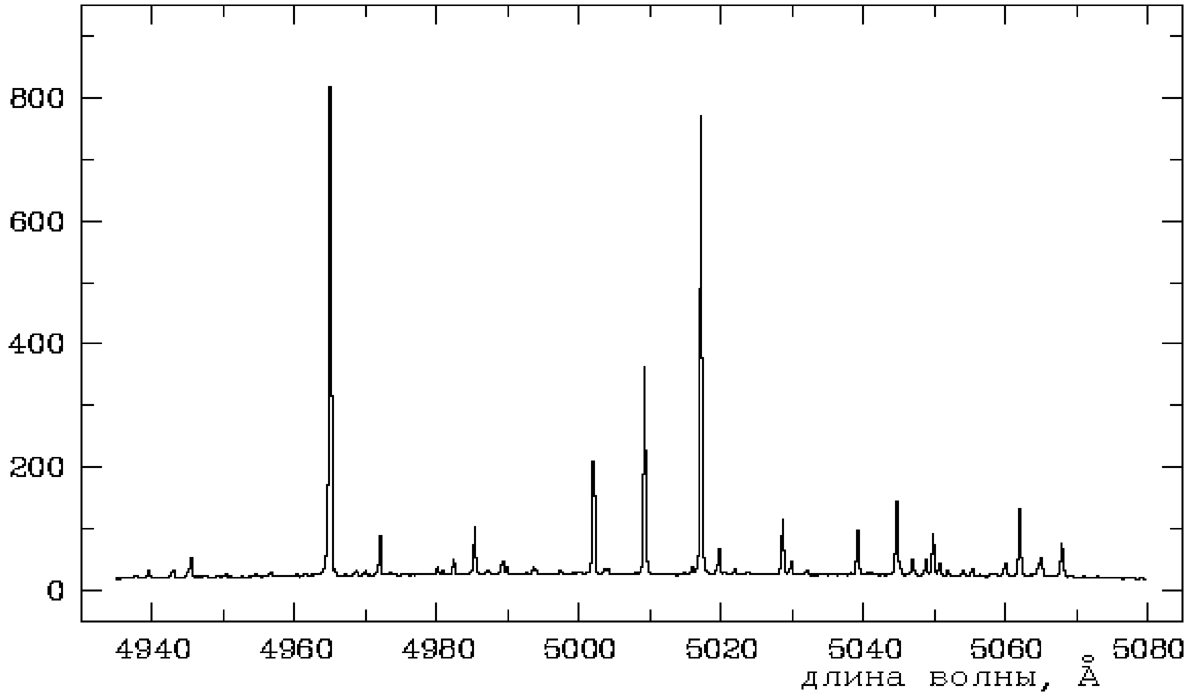

Рис. 4: Фрагмент спектра сравнения.

2.3 КАЛИБРОВКИ

Для калибровки шкалы длин волн используется лампа с полым катодом, покрытым солями тория и аргоновым наполнением. Для калибровки "плоского поля" используется лампа непрерывного спектра, снабженная выравнивающим светофильтром. Включение/выключение ламп дистанционное. На Рис. 4 приведен фрагмент спектра сравнения.

3 СВЕТОПРИЕМНИК

В настоящее время спектрометр оснащен матрицей ПЗС IDS017A [6]. Паспорт светоприемника приведен в Табл. 3.

Таблица 3: Паспорт светоприемника

Параметр	Значение
Размер элемента	16×16 мкм^2
Число элементов	1040×1160
Размер фоточувствительной поверхности	16.6×18.6 мм^2
Рабочая температура	-70...-150° C
Коэффициент преобразования	
(стандартный)	2.15e$^-$/ разряд АЦП
Шум считывания	6.5 e$^-$
Емкость потенциальной ямы	115000 e$^-$
Неэффективность переноса	$< 10^{-4}$
Количество событий, регистрируемых	
от космических частиц, на кадр	$\approx 3 - 4$ соб/мин

3.1 СИСТЕМА СБОРА

Используется система сбора, представляющая собой специальный контекст [7] системы MIDAS ESO [8] . Система сбора позволяет управлять режимами работы светоприемника, а также обеспечивает выполнение ряда вспомогательных процедур: визуализацию накопленных ранее изображений, оценку уровня сигнала, статистические оценки накопленного сигнала, построение разрезов изображения [7]. Сбор выполняется на ПЭВМ "N2" в к.211 аппаратной БТА.

4 УПРАВЛЕНИЕ

Набор функций, изменением которых осуществляется управление спектрометром, минимизирован. С пульта управления "N2" сейчас можно: вводить/выводить оптоволокно канала калибровки, включать/выключать линейчатый спектр, включать/выключать непрерывный спектр. Управление усилением ТВ-подсмотра выполняется с отдельного пульта. Эти же функции задублированы на местном пульте управления, размещенном непосредственно на спектрометре. Кроме того, на местном пульте имеется тумблер переключения управления – "местное/дистанционное".

При выполнении наблюдений следует иметь ввиду, что:

а) выключение всего местного блока управления (при этом отсутствует

индикация состояний на пульте в к.211) означает также отключение обогрева входного окна криостата светоприемника;
б) в режиме считывания с ПЗС не следует выполнять любые воздействия на релейно-коммутационные цепи БТА и PFES (гидирование, фокусировка, перенаведение, включение/выключение калибровок, регулировка усиления подсмотра);
в) после выполнения любой из перечисленных операций перед началом следующей экспозиции нелишне перезагрузить контроллер ПЗС;
г) лампы калибровки включаются только на период соответствующих экспозиций;
д) не следует манипулировать усилением ТВ-подсмотра при введенном оптоволокне канала калибровки.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Для исследования спектрометра техническое время пока не выделялось. Ниже приводим данные, полученные при частичном использовании времени, распределенного для выполнения научных программ спектроскопии квазаров (Варшалович), субкарликов (Клочкова, Панчук) и звезд на стадии post-AGB (Клочкова). На Рис. 5-7 приведены примеры эшелле-спектрограмм.

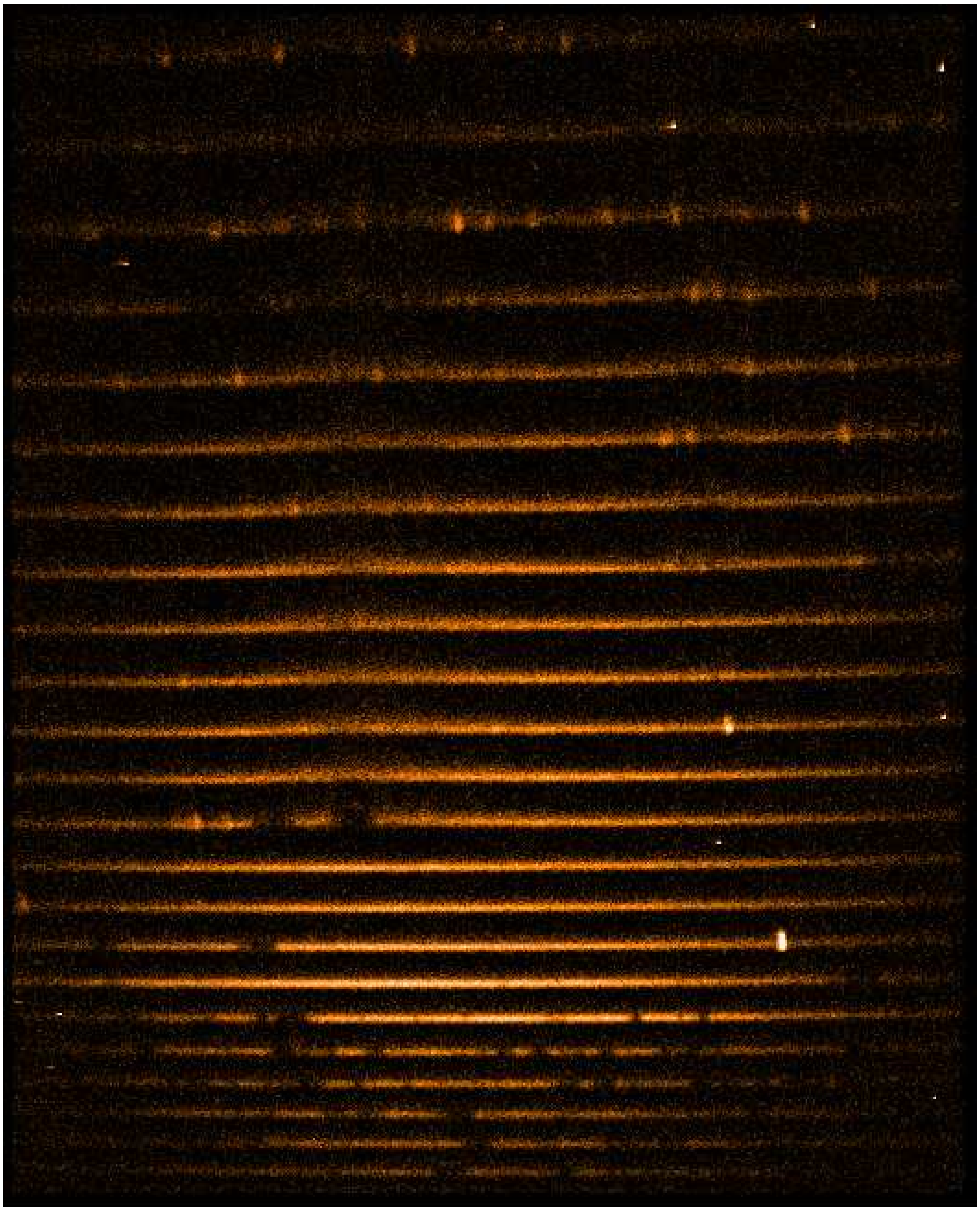

Рис. 5: Эшелле-спектр квазара S5 0014+81 V = 16.5^m ($\lambda\lambda 4700 - 9000\,\text{Å}$).

Рис. 6: Эшелле-спектр холодного субкарлика G176-53 V = 9.9^{m}, ($\lambda\lambda 4550 - 8220$ Å).

Рис. 7: Эшелле-спектр пекулярной звезды FG Sge, V $\simeq 15^{m}$ ($\lambda\lambda 4000 - 7700$ Å).

5.1 ИЗМЕРЕНИЯ ПОЗИЦИОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

Нам известно [10], что характеристики позиционной стабильности спектрометра определяются стабильностью собственно модуля светоприемника и гнутиями механической конструкции спектрометра.

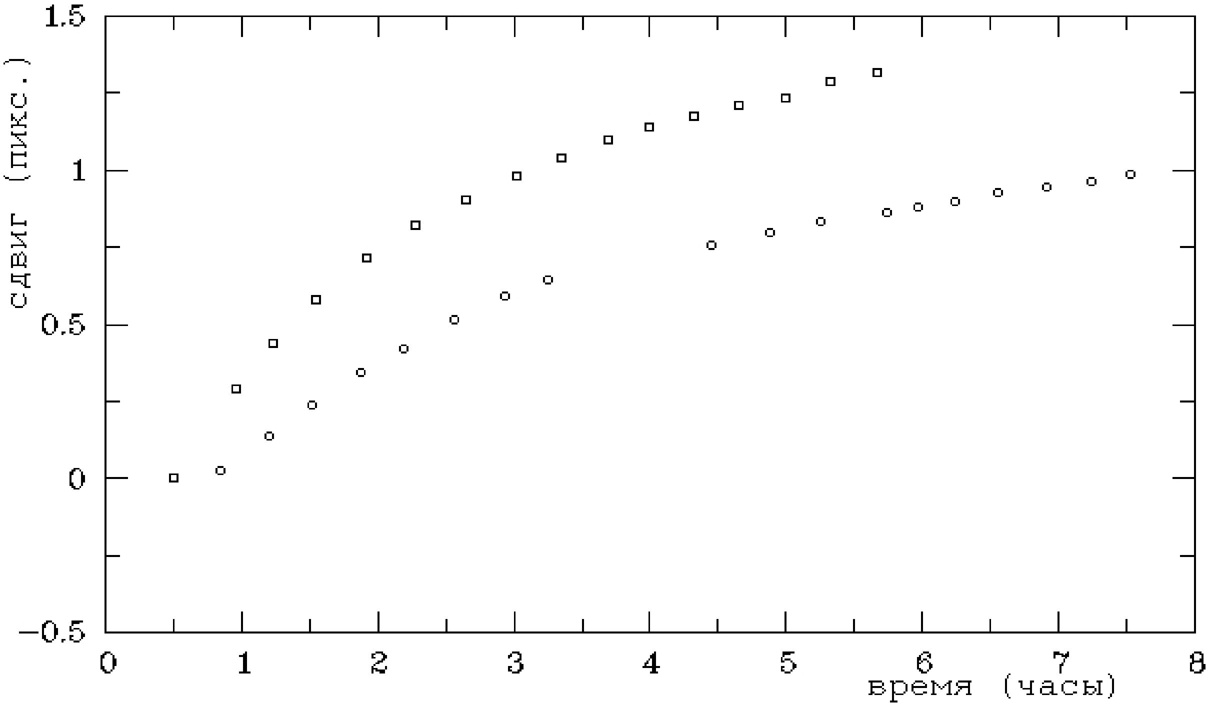

Рис. 8: Результаты испытаний жесткости модуля светоприемника на неподвижном телескопе (относительные сдвиги спектра в пикселях в функции времени с момента заливки криостата).

На Рис. 8 приведены результаты двух экспериментов по испытанию стабильности модуля светоприемника. По абсциссе отложено время (в часах), отсчитанное от момента заливки азота в криостат. Положение спектрометра с кабине первичного фокуса – $P2 = 161^{o}$. Положение телескопа – "в горизонте", в башне БТА никакие другие работы не ведутся (выходные дни). При таких условиях в разные дни выполнено два эксперимента, различие между которыми состоит только в различии начальной температуры криостата. С 20-минутными интервалами экспонировался спектр сравнения, результаты обработаны по методике, изложенной в [10]. Измеренные при этом относительные сдвиги спектра отложены на Рис. 8 по ординате (в пикселях). Для данной конфигурации PFES сдвигу на один пиксель соответствует изменение лучевой скорости на 8.5 км/сек.

Стабильность спектрометра оценивалась в режиме сопровождения объ-

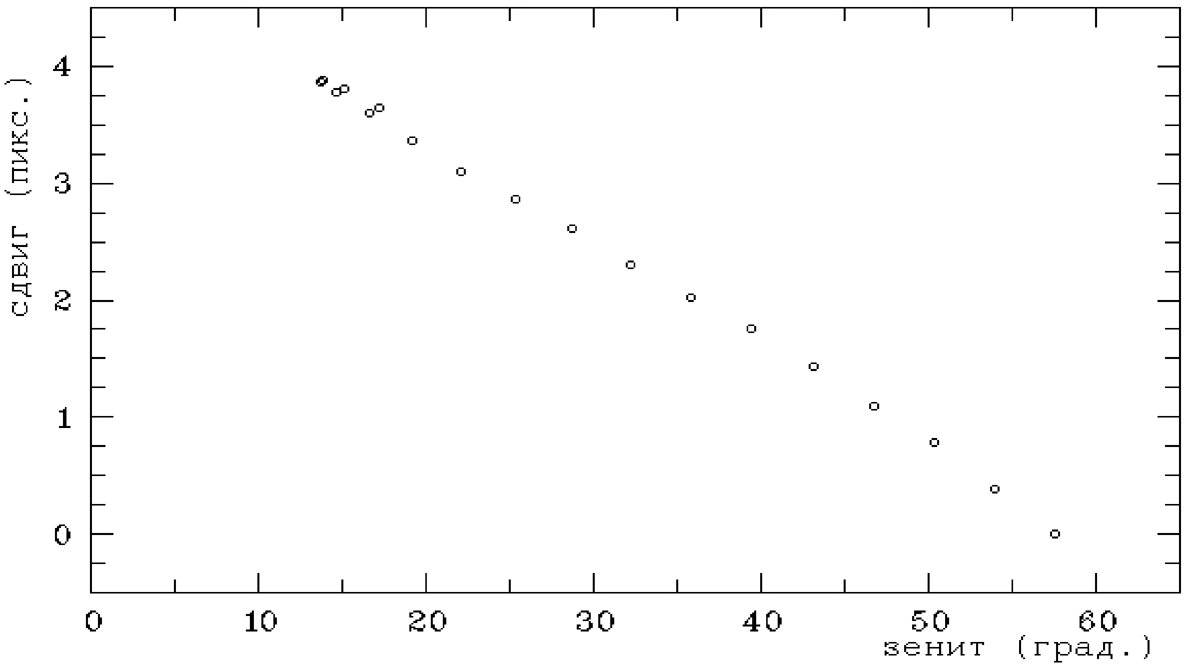

Рис. 9: Результаты испытаний жесткости спектрометра PFES на подвижном телескопе (относительные сдвиги спектра в пикселях в функции зенитного расстояния сопровождаемого объекта).

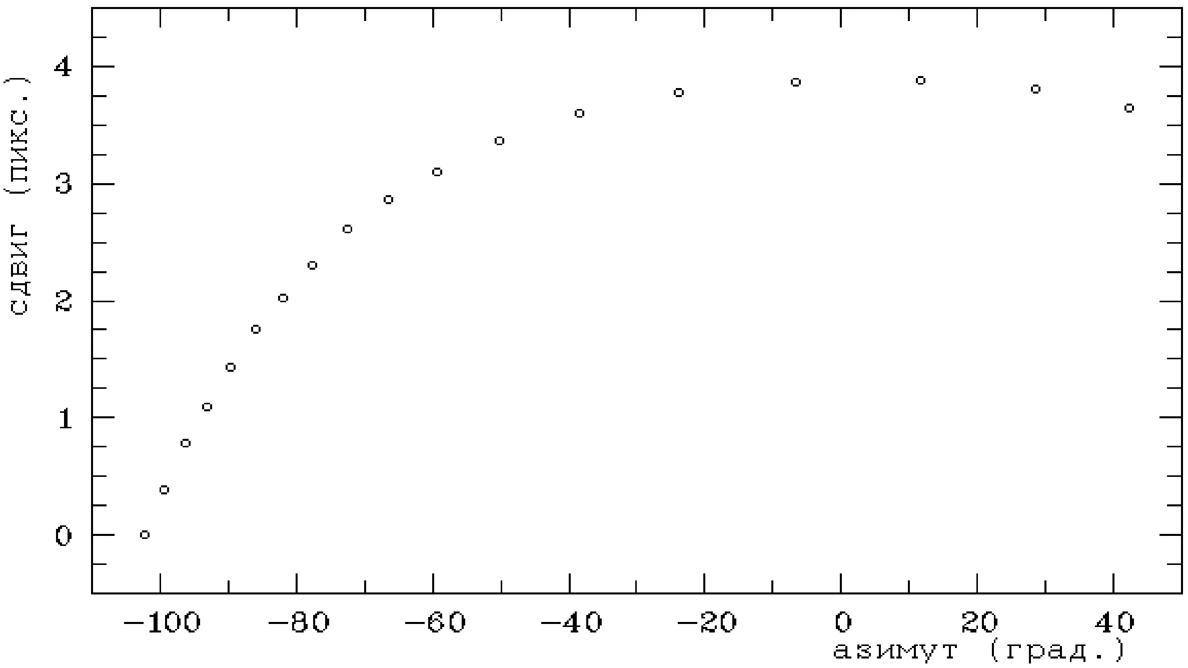

Рис. 10: Результаты испытаний жесткости спектрометра PFES на подвижном телескопе (относительные сдвиги спектра в пикселях в функции азимута сопровождаемого объекта).

екта. С этой целью в пасмурную погоду при закрытом куполе башни БТА выполнялось длительное "сопровождение объекта". Никаких других воздействий (изменение P2, фокусировка) на телескоп не осуществлялось. С 20-минутными интервалами экспонировался спектр сравнения, результаты обработаны по методике, изложенной в [10]. Измеренные при этом относительные сдвиги спектра отложены на Рис. 9-11 по ординатам (в пикселях). По абсциссам отложены зенитное расстояние (Рис. 9), азимут телескопа (Рис. 10) и время (Рис. 11). До и после прохождения меридиана зависимость от зенитного расстояния практически сохраняется. Подчеркнем, что в приведенных на Рис. 9-11 зависимостях содержится составляющая, приведенная на Рис. 8.

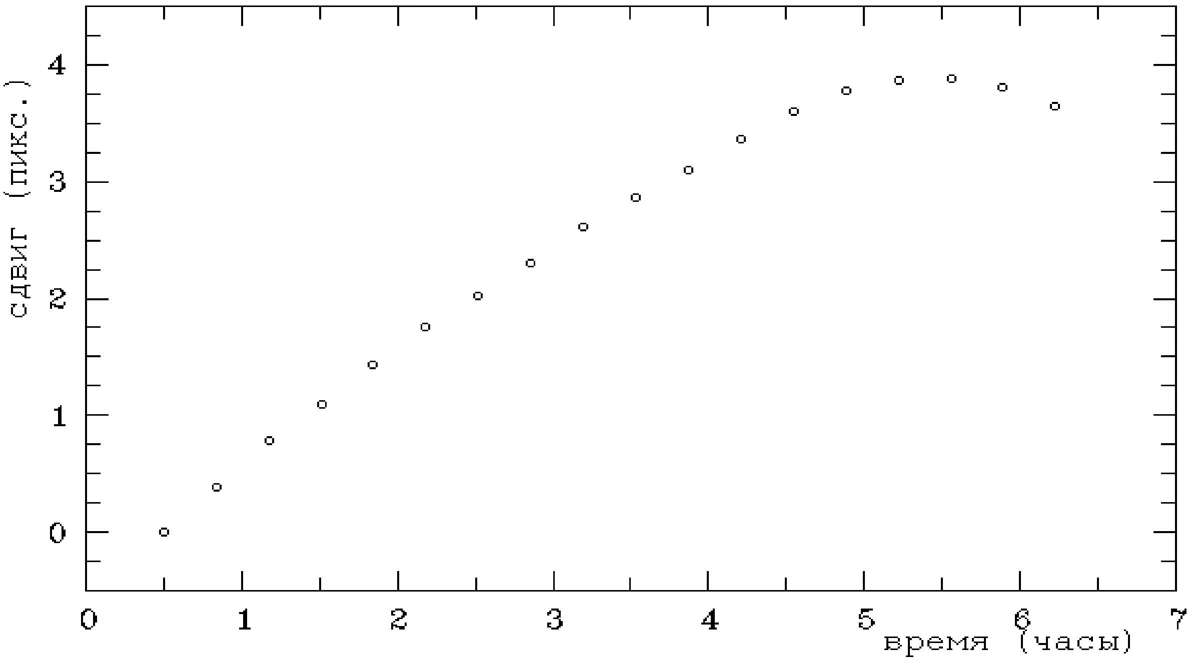

Рис. 11: Результаты испытаний жесткости спектрометра PFES на подвижном телескопе (относительные сдвиги спектра в пикселях в функции времени с момента заливки криостата).

Приходим к выводу, что величина нежесткости спектрометра находится в рамках, известных для подвесных систем, (см., например [11]), но вклад нестабильности данного криостата значителен [10].

Как средство пассивной борьбы с известными нестабильностями рекомендуем регистрировать спектр сравнения, оставаясь на координатах объекта. Время ввода/вывода оптоволокна калибровки составляет 2 сек., так что основные "потери" времени - это экспозиция спектра сравнения и его считывание. Применяя такой прием, В.Г.Клочкова измерила лучевую скорость малометалличного субкарлика G122-57. По 70 линиям получено значение 42.94 км/сек с ошибкой среднего 0.12 км/сек и стандартным уклонением 1.03 км/сек. Выполнена привязка к теллурическому спектру.

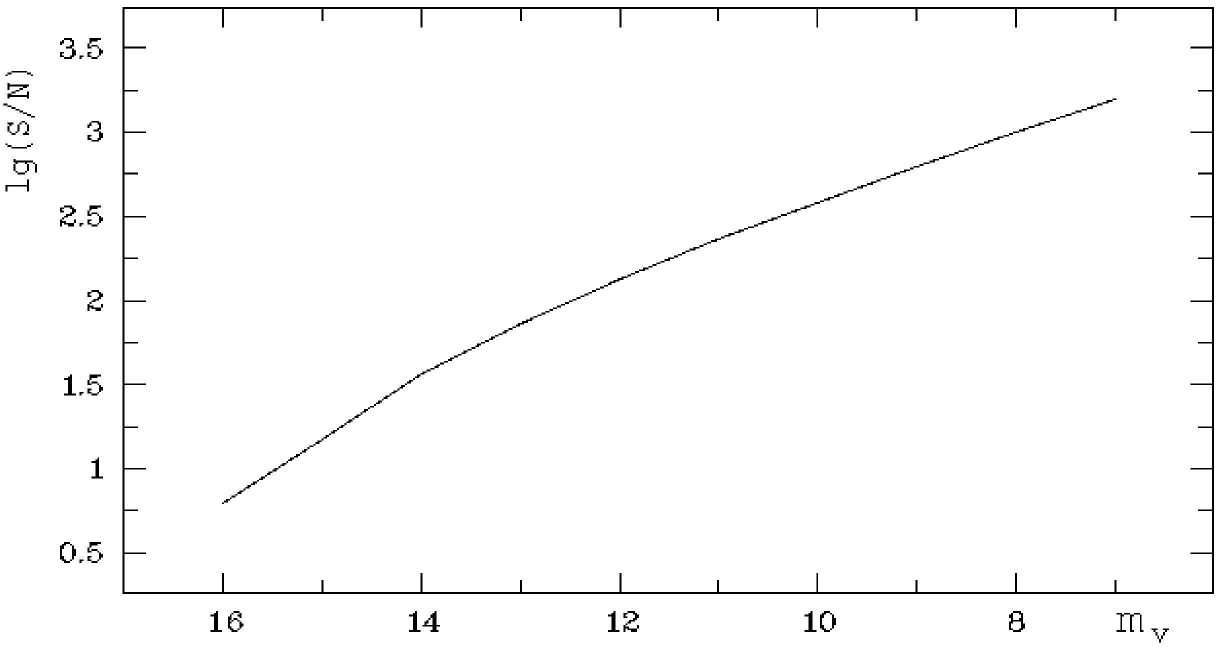

Рис. 12: Проницающая способность PFES с решеткой 300 штр/мм (потери на щели не учтены; время экспозиции – 1 час).

5.2 ОЦЕНКА ПРОНИЦАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Для оценки проницающей способности спектрометра использованы результаты наблюдений стандарта распределения энергии HD217068. Наблюдения стандарта выполнены с полностью открытой щелью, поэтому на Рис. 12 приведена кривая проницающей способности PFES без учета потерь на щели. Метод расчета кривой приведен в работе [10]. Нормировка расчетов выполнена по трем различным спектрограмам стандарта. На Рис. 13 приведена кривая относительной спектральной чувствительности системы "атмосфера–телескоп–спектрограф–светоприемник", полученная по наблюдениям указанного стандарта.

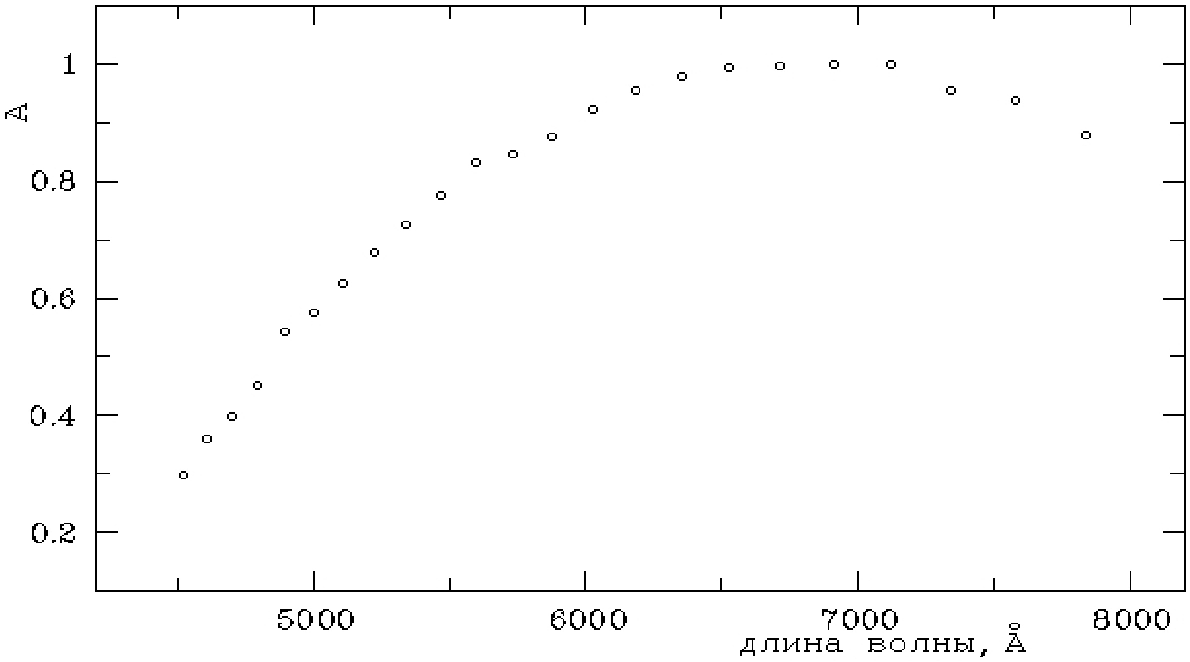

Рис. 13: Относительная спектральная чувствительность (A) варианта наблюдений с решеткой 300 штр/мм .

6 ОСНОВНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

Выбор и расчеты оптической схемы выполнены В.Г. Клочковой и В.Е. Панчуком.

Механика узлов коллиматора, кросс-дисперсии, камеры – разработана И.Д. Найденовым. Механика несущей конструкции, узлов эшелле, предщелевой и щелевой части, каналов калибровки и подсмотра, отсчетных и юстировочных устройств – разработана В.Е. Панчуком. Крупногабаритные детали несущей конструкции изготовлены в ММ САО, остальные детали изготовлены разработчиками.

Блок питания, блок и пульт управления разработаны и изготовлены В.И. Фатеевым.

Изготовление оптических деталей коллиматора выполнено Е.И. Перепелицыным. Юстировка спектрометра произведена В.Е. Панчуком.

Разработка и поддержка светоприемника - Лаборатория перспективных разработок (зав. ЛПР С.В. Маркелов).

Разработка и поддержка системы сбора - А.Ю. Князев, В.С. Шергин.

Наблюдения и исследования результатов наблюдений - В.Г. Клочкова,

С.В. Ермаков и В.Е. Панчук.
Архивирование результатов наблюдений - В.К. Кононов, В.Г. Клочкова, С.В. Ермаков
Архивирование результатов обработки - В.Г. Клочкова, С.В. Ермаков, Н.С. Таволжанская.

7 БЛАГОДАРНОСТИ

Работы по кадровому обеспечению метода эшелле-спектроскопии на БТА постоянно поддерживаются бюджетом САО.
Изготовление светоприемника также финансировалось из бюджета САО. Подчеркнем, что указанный светоприемник используется также на эшелле-спектрографах фокуса Н2 (НЭС [4] и РЫСЬ [12]).
Работы по созданию оптико-механической и электромеханической частей спектрометра финансировались из грантов Международного научного фонда (проект ISF NUO 300, рук. Д.А. Варшалович, проект J86 100, рук. В.Г. Клочкова), и Федеральной программы "Астрономия" (проект 2.1.5.5, рук. В.Е. Панчук).
Совершенствование системы обработки эшелле-изображений и создание архива наблюдений поддержано грантом РФФИ 95-07-19306 (рук. В.Е. Панчук).
Составители документа благодарны авторам наблюдательных программ Д.А.Варшаловичу и В.Г.Клочковой за предоставление части иллюстративного и фактического материала.

8 ПРОГРАММА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

Первым приоритетом для нас являются работы по завершению алгоритмической части системы управления. В итоге все функции управления, исполняемые ныне с пульта "Н2" в к.211, будут переданы ПЭВМ сбора, коммутация прибора сведется к обеспечению работы четырех коаксиальных линий (2 – на сбор с ПЗС и управление, 2 – на ТВ-подсмотр).
Планируется исследовать характеристики прибора в варианте работы в синем диапазоне (с решеткой скрещенной дисперсии 600 штр/мм).
Предполагается также освоить режим наблюдений с анализатором круговой поляризации и четвертьволновой пластинкой.

Планируется оснастить прибор дополнительными средствами юстировки (т.е. завершить работы по иммитатору ПФ БТА).

Список литературы

1. Клочкова В.Г. и Панчук В.Е. Препринт САО N70, 1991.
2. Клочкова В.Г., Панчук В.Е., Рядченко В.П., Письма в Астрон. журн., 1991, т.17, с.645.
3. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Галазутдинов Г.А., Рядченко В.П., Ченцов Е.Л. - Эшелле-спектрометр с матрицей ПЗС для 6-м телескопа. - Письма в Астрон. журн., 1993, т.19, с.1061.
4. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Найденов И.Д. - Спектральный комплекс фокуса Нэсмита 6-метрового телескопа БТА. I. Эшелле-спектрограф с большим диаметром коллимированного пучка. - Препринт САО N135, 1999.
5. V.E. Panchuk, I.D. Najdenov, V.G. Klochkova, A.B. Ivanchik, S.V. Yermakov, V.A. Murzin. - On the problem of high spectral resolution observations of faint objects. - Bull. Spec. Astrophys. Obs., 1998, v.44, 127.
6. S1000. Система регистрации астрономических изображений на матрице ПЗС 1040x1160. Нижний Архыз, 1995, 24с.
7. Князев А.Ю., Шергин В.С. OS Linux и система обработки астрономических данных MIDAS в Linux. 1994. Отчет САО РАН, N 226, с.1-10.
8. MIDAS Users Guide. Vol. A, B. IPG ESO 92NOV.
9. Schroeder D.J., Hilliard R.L., 1980, Applied Optics, v.19, p.2833.
10. Клочкова В.Г., Ермаков С.В., Панчук В.Е., Таволжанская Н.С., Юшкин М.В. - Спектральный комплекс фокуса Нэсмита 6-метрового телескопа БТА. II. Позиционные и фотометрические характеристики эшелле-спектрографа с большим диаметром коллимированного пучка. - Препринт САО N137, 1999.
11. Проник В.И., 1995, Известия Крымской астрофизической обсерватории, т.89, с.111.
12. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Найденов И.Д., Викульев Н.А., Романенко В.П. - Спектральный комплекс фокуса Нэсмит-2 6-метрового телескопа БТА. IV. Модернизация эшелле-спектрометра РЫСЬ. - Препринт САО N136, 1998.