

СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЛАБОРАТОРИЯ СПЕКТРОСКОПИИ И ФОТОМЕТРИИ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

SCORPIO-2

Краткое руководство наблюдателя

рабочая версия 2022-12

Исполнители-составители:

Моисеев А.В.,

Уклеин Р.И.,

Опарин Д.В.,

Шабловинская Е.С.

Содержание

1	Описание спектрографа	5
1.1	Редуктор светосилы	5
1.2	Платформа-адаптер	6
1.3	ПЗС-матрица	7
1.4	Калибровочный осветитель	7
2	Сменные элементы	8
2.1	Светофильтры	8
2.2	Решетки	8
2.3	Сканирующий ИФП	12
3	Запуск программ управления	12
4	Система управления	13
4.1	"Инженерное" меню управления отдельными узлами спектрографа	13
4.2	Концевик ширины щели	14
4.3	Автофокусировка и поправки фокуса	14
4.4	Индикация состояния блока питания и положения анализаторов	15
4.5	Меню переключения режимов (Mode:)	15
4.5.1	Mode: Test	17
4.5.2	Mode: Image	18
4.5.3	Mode: Slit Spectra	18
4.5.4	Mode: Polarization	18
4.5.5	Mode: Fabry-Perot	19
4.6	Платформа	19
4.6.1	Отличия от интерфейса управления старой платформой	20
4.6.2	Положение зеркала	20
4.7	Программа управления поворотным столом	20
4.8	Программа анализа качества изображений и фокусировки	21
4.8.1	Режим Single image	23
4.8.2	Режим Series	23
4.8.3	Режим IFP	24
4.9	Конфигурационные файлы	24
5	Наблюдения со SCORPIO-2 на БТА в режиме удаленного доступа	25
5.1	Общие замечания	25
5.2	Подготовка компьютеров (к. 505 лаборатории)	25
5.3	Замечание о сбросе чтения параметров телескопа	26
5.4	Принудительный запуск программы визуализации	26
5.5	Перед началом наблюдений: основное меню	26
5.6	Нумерация ночей и файлов	26
5.7	Замечания о запуске экспозиций	27
5.8	Наведение на объект	27
5.9	Фокусировка телескопа	27
5.10	Точная установка объекта на цель	28
5.11	Архивация наблюдательных данных и создание журнала наблюдений	28
6	Особенности наблюдений в режиме прямых снимков	28

7	Особенности наблюдений в режиме "длинная щель"	29
8	Особенности наблюдений со сканирующим ИФП	30
8.1	Предварительные установки	30
8.2	Наблюдения	30
9	Особенности поляриметрических наблюдений	34
9.1	Выставление режима	34
9.2	Работа в режиме поляриметрии изображений	35
9.2.1	Работа в режиме с спектрополяриметрии	36
A	Атлас спектра сравнения лампы с He-Ne-Ar наполнением.	37
B	Спектральное плоское поле с разными гризмами и осветителями.	41
C	Рекомендуемые времена калибровочных экспозиций в режиме спектроскопии с длинной щелью	42
D	Пустые площадки (плоские поля) для калибровки фотометрических данных (Фатхуллин Т.А.)	43
E	Фотометрические стандарты (Фатхуллин Т.А.)	44
F	Список рекомендуемых спектрофотометрических стандартов	45
G	Возможные неисправности и способы их устранения	46
H	Комментарии наблюдателей	47

Важные недавние изменения

- При выборе чекбокса режима FLAT/LEDs и запуске экспозиций flat автоматически загружается файл конфигураций интенсивностей светодиодов, соответствующей текущей решетке (если имя файла прописано в `grisms-2.cfg`)
- По умолчанию флажок "AutoCol" в меню управления механизмами прибора не ставится, во избежании отработки фокусирующим механизмом сбоя датчика фокуса.)

1 Описание спектрографа

1.1 Редуктор светосилы

Многорежимный фокальный редуктор первичного фокуса 6-м телескопа SCORPIO-2 проектировался с учетом имеющегося опыта эксплуатации на телескопе БТА редуктора светосилы SCORPIO. Прибор ориентирован на использование крупноформатной ПЗС E2V 42-90 и имеет существенно большее число подвижных элементов, что важно для проведения удаленных наблюдений. Значительно расширены возможности для поляриметрических измерений. В настоящий момент прибор позволяет выполнять наблюдения протяженных и звездообразных объектов в следующих режимах:

- Прямые снимки в фотометрических системах Jounson-Cousins (*UBVRI*), SDSS (*ugriz*) и в узкополосных фильтрах
- Спектроскопия с длинной щелью
- Спектрополяриметрия с длинной щелью
- Поляриметрия в широких фильтрах
- 3D-спектроскопия со сканирующим интерферометром Фабри-Перо

Ведутся работы по вводу в эксплуатацию режимов 3D-спектроскопии с интегрально-полевой приставкой (IFU) и многоцелевой спектроскопии (multislit).

Оптическая схема прибора включает в себя два коллиматора (основной и для наблюдений с IFU), камерный объектив и сменные оптические элементы: дифракционные решетки, сканирующий интерферометр Фабри-Перо, светофильтры, анализаторы поляризации, фазовые пластинки. Эквивалентная светосила системы в первичном фокусе 6-м телескопа составляет $F/2.6$. Все оптические поверхности просветлены в диапазоне 360-1000 nm. Просветляющие покрытия нанесены в ЗАО "Опто-Технологическая Лаборатория"(г. С-Петербург).

Оптика редуктора компенсирует кому и кривизну поля главного зеркала телескопа, что позволяет отказаться от использования в наблюдениях штатного непросветленного линзового корректора. SCORPIO-2 содержит пять турелей на 10 позиций, для ввода в пучок различных сменных элементов (светофильтров, гризм, призм Волластона), каретку для ввода элементов в фокальную плоскость, каретку поляризационных элементов и рычаг ввода сканирующего ИФП.

Конструктивно редуктор светосилы выполнен в виде отдельных блоков ("этажей"), смонтированных в общем корпусе и расположенных с следующим порядком (по направлению от переднего фланца):

- Этаж 1. Каретка элементов в фокальной плоскости на 4 положения: блок увеличителей IFU, длинная щель переменной ширины, свободное отверстие для изображений, многоцелевая маска. Ширина щели меняется в пределах 0.5-22", предусмотрено введение различных масок на щель
- Этаж 2. Две турели светофильтров. Каретка вращающихся поляризационных элементов: ($\lambda/2$, $\lambda/4$, polaroid)
- Этаж 3. Каретка смены коллиматоров. Механизм фокусировки коллиматоров. Турель с призмами Волластона.
- Этаж 4. Турель с гризмами. Механизм ввода интерферометра Фабри-Перо. Механизм фокусировки камеры.

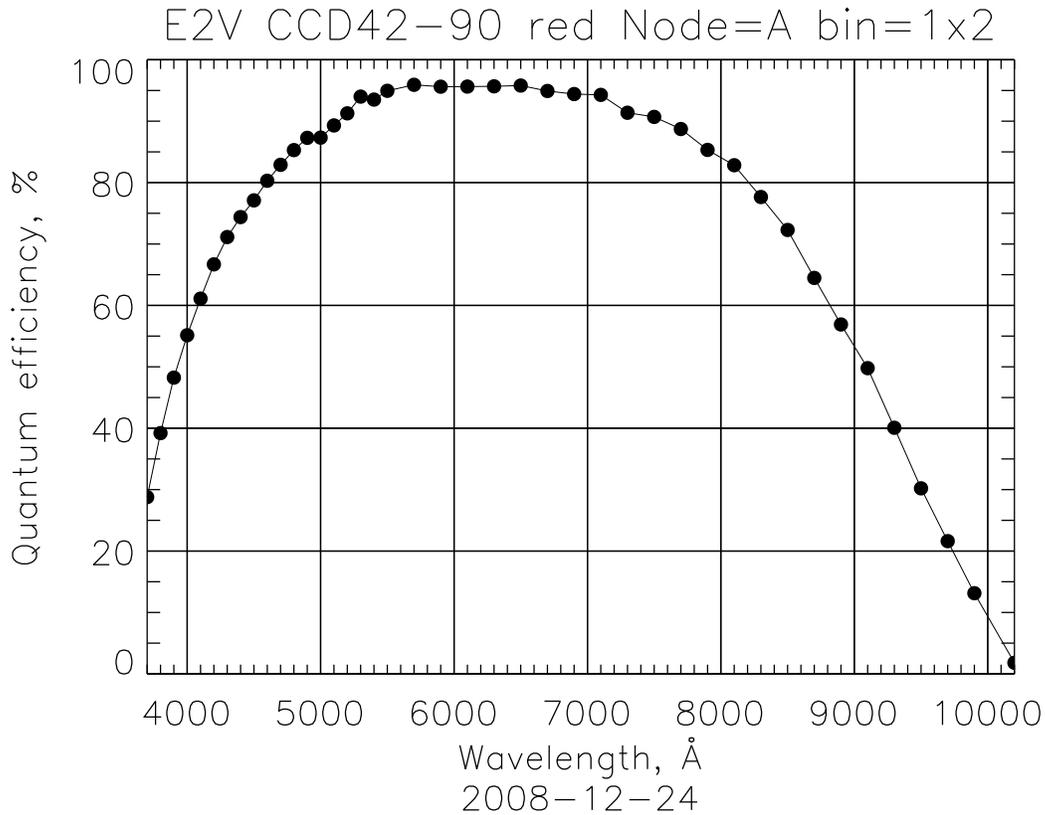


Рис. 1: Кривая квантовой чувствительности ПЗС-матрицы E2V 42-90.

Каждый из этажей снабжен собственным микропроцессором, управляющим соответствующими подвижными элементами. Команды на сами микропроцессоры передаются по интерфейсу RS-485 промышленного компьютера в стакане первичного фокуса.

1.2 Платформа-адаптер

Редуктор светосилы соединяется с платформой-адаптером, которая применяется для гидирования по внеосевым звездам и для засветки спектрографа калибровочными лампами. Адаптер содержит два прямоугольных поля для поиска гидировочных звезд, центры полей отстоят на 12' (?) от центра поля зрения. В каждом из полей находится жгут световодов, перемещаемый с помощью шаговых двигателей в прямоугольной системе координат. Внеосевой линзовый корректор, установленный перед каждым гидировочным полем, компенсирует кому главного зеркала телескопа.

Оптическая схема адаптера содержит оптику осветителя калибровки, формирующую на входе редуктора сходящийся пучок со светосилой эквивалентной светосиле телескопа (F/4). Такая схема тракта калибровки формирует зрачок системы в том же положении, где находится изображение зеркала телескопа, что позволяет проводить не только корректную калибровку шкалы длин волн лампой линейчатого спектра, но и калибровку пропускания системы по полю в различных режимах работы (“плоское поле”). Входная площадка тракта калибровки освещается через интегрирующую сферу (шар Ульбрихта) двумя калибровочными лампами: с He-Ne-Ag наполнением для калибровки шкалы длин волн, и галогеновой лампой непрерывного спектра для создания “плоского поля”. Также предусмотрена калибровка набором светодиодов, что позволяет получать требуемые кривые спектральной засветки.

Рис. 2: Узел осветителя калибровки SCORPIO-2: 1 – интегрирующая сфера; 2 – крепление к платформе-адаптеру; 3 – кварцевая лампа; 4 – светодиодная система; 5a, 5b – He-Ne-Ar лампы; 6 – разъем управления и питания светодиодами; 7 – разъем питания He-Ne-Ar лампы; 8 – специальная подставка для транспортировки.

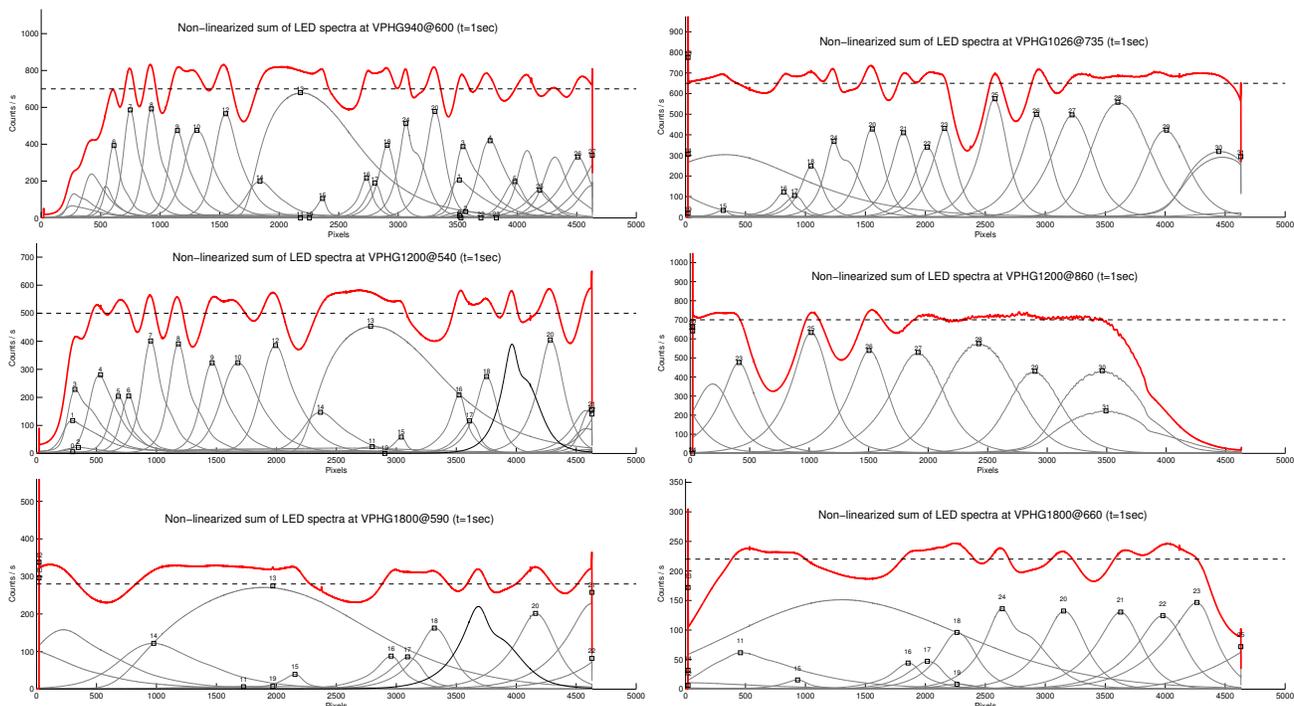


Рис. 3: Расчетные кривые яркости плоского поле для различных гризм (жирная линия). Тонкими кривыми показан вклад от пронумерованных светодиодов.

1.3 ПЗС-матрица

Наблюдения проводятся с ПЗС E2V42-90 (red) размером $2K \times 4.6K$. Кривая квантовой чувствительности ПЗС приведена на рис. 1.

1.4 Калибровочный осветитель

Узел калибровочного осветителя SCORPIO-2 состоит из 2-х идентичных ламп с He-Ne-Ar наполнением, одной галогенной ("кварцевой") лампы непрерывного спектра и 32-х светодиодов, прикрепленных к интегрирующей сфере (см. Рис. 2).

Основным отличием в схеме засветки кварцевой или He-Ne-Ar лампами является использование специальной платы с микропроцессором для настройки мерцания светодиодов и программы в среде IDL, позволяющей выбирать либо готовую конфигурацию, либо самостоятельно настраивать яркости отдельных светодиодов.

Основным недостатком используемой традиционно для калибровки плоского поля лампы непрерывного спектра, является уменьшение яркости в голубой области спектра (короче $4000-4500 \text{ \AA}$), что особенно критично в связи с резким падением чувствительностью приемника CCD E2V-42-90 для этих длин волн.

Использование линейки светодиодов позволяет добиться более равномерной засветки на разных длинах волн. Каждый светодиод имеет непрерывный, но относительно узкий спектр с по-

лушириной около 100–200 Å. Исключение – белый светодиод из китайского налобного фонарика с желтым светофильтром (полуширина ~ 1000 Å). Это позволяет конструировать спектральное плоское поле для различных решеток, учитывая также спектральную чувствительность матрицы.

Тонкая настройка яркости каждого светодиода осуществляется подачей с управляющей платы периодического сигнала прямоугольной формы с различной скважностью, изменяющейся дискретно в диапазоне 0–253.

Для большинства используемых решеток подобраны комбинации яркостей светодиодов, дающие максимально равномерную засветку в соответствующем диапазоне длин волн. На рис. 3 показаны расчетные распределения засветки поперек щели, с указанием вклада от каждого светодиода. Результаты реальных измерений приводятся в Приложении В.

Программа управления позволяет использовать одновременно оба типа засветки плоских полей. Но делать это не рекомендуется, поскольку при экспозиции галогенная лампа разогревает светодиоды и они в разной степени меняют вольт-амперные характеристики. Чем длиннее экспозиции, тем более выражен этот эффект.

2 Сменные элементы

2.1 Светофильтры

Стекланные широкополосные светофильтры, изготовленные в САО РАН используются для реализации в режиме прямых снимков фотометрической системы Johnson-Cousins ($UBVR_cI_c$). Измеренные кривые спектрального пропускания фильтров, с учетом квантовой эффективности ПЗС приведены на рис. ??.

Имеется набор стекланных фильтров с интерференционным покрытием, реализующих систему SDSS: *ugriz*, изготовленные в Asahi Spectra USA Inc. (рис. 5).

Для получения изображений в различных эмиссионных линиях предназначен набор среднеполосных интерференционных фильтров. Их кривые пропускания показаны на рис. 6, а характеристики – в Таб. 1,

Фильтры, с маркировкой FN имеют ширину полосы 60–210 Å и центрированы на длины волн линий $H\alpha$, [OIII] λ 4959, 5007, и [SII] λ 6717, 6730, а также близкий континуум. Большинство фильтров изготовлено Asahi Spectra USA Inc., за исключением FN674 изготовленного в НИИПП, г. Москва. Киселевым Н.Н. (ГАО НАН Украины, г. Киев) предоставлен набор среднеполосных фильтров для наблюдений эмиссионных молекулярных полос в спектрах комет: CN_3980, CO+, Cont_4430, C₂_5125, NH₂_6620, Cont_6840.

Так же имеется набор узкополосных светофильтров с шириной полосы 15–25 Å для наблюдений со сканирующим ИФП в линиях $H\alpha$, [OIII] λ 4959, 5007, [SII] λ 6717, 6730, с учетом красного смещения галактик.

2.2 Решетки

Спектрограф укомплектован набором прозрачных призм, содержащих объемные фазовые голографические решетки (VPHG), изготовленные фирмой Wasath Photonics (USA, <http://wasatchphotonics.com>). Основные параметры используемых решеток приведены в таблице 2, измеренные кривые эффективности наиболее часто используемых призм показаны на рис.7

Таблица 1: Параметры среднеполосных фильтров

Название	$\lambda_c, \text{Å}$	FWHM, Å	$T_{max}, \%$
FN501	5012	119	87
FN608	6099	166	91
FN641	6413	179	91
FN655	6559	97	92
FN660	6606	102	92
FN712	7137	209	94
FN674	6733	60	84
“Кометные” фильтры:			
CN_3980	3982	36	13
CO+	4277	39	40
Cont_4430	4429	36	61
C2_5125*	5115	123	79
NH2_6630	6615	34	84
Cont_6840	6835	83	88

* – деградация покрытия

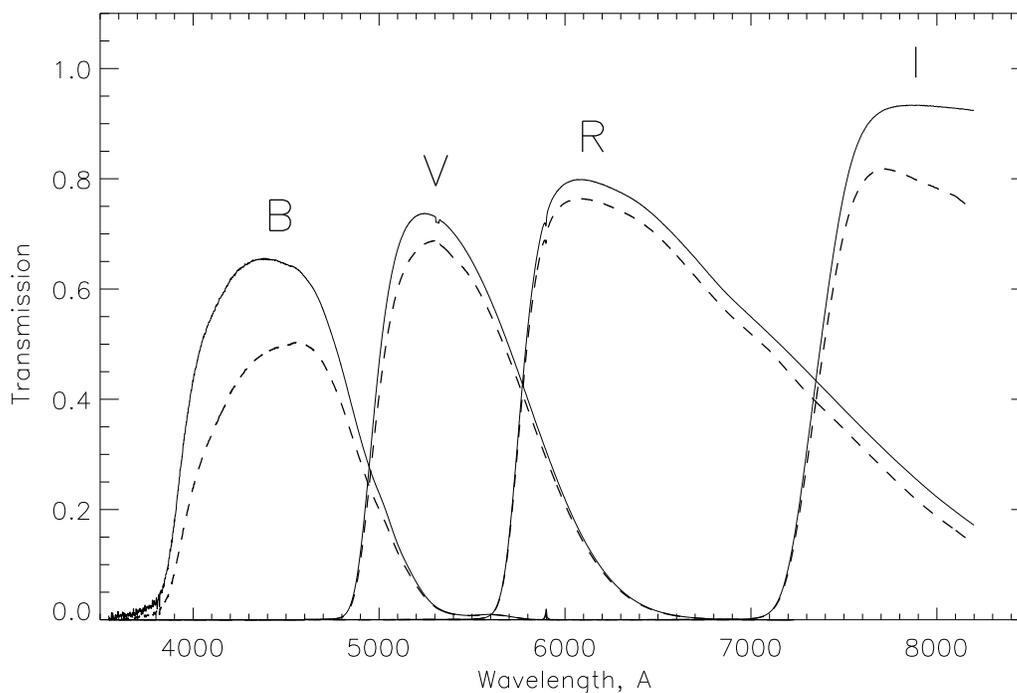


Рис. 4: Кривые спектрального пропускания стеклянных светофильтров (сплошные линии). Измерения проводились на SCORPIO-2 с VPHG940@600. Пунктир – с учетом чувствительности ПЗС E2V-42-90

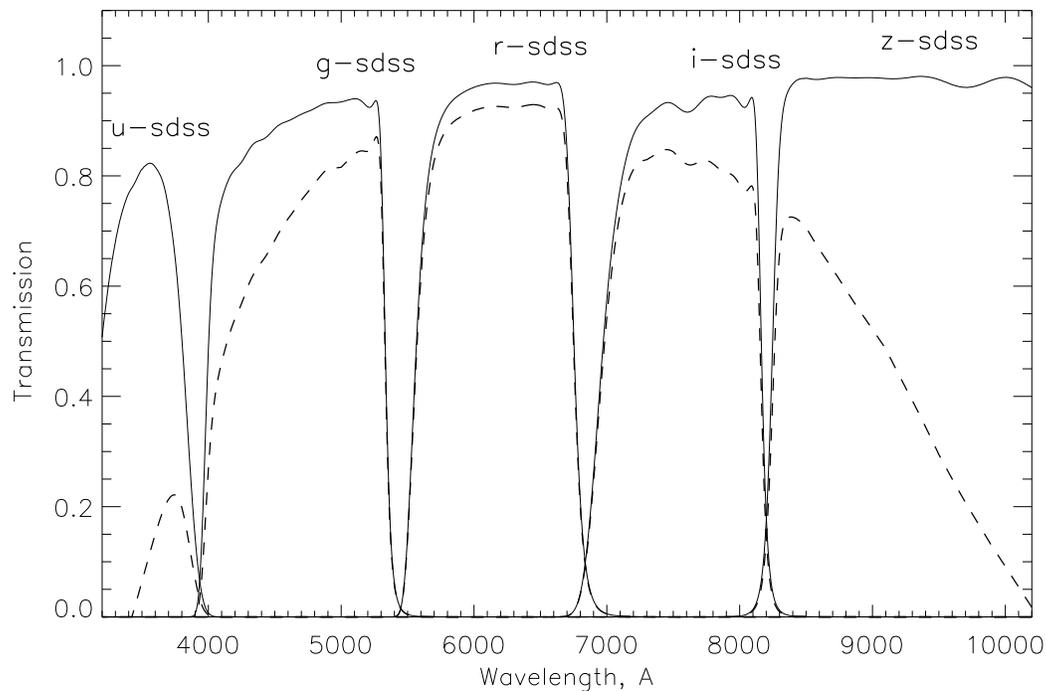


Рис. 5: Кривые спектрального пропускания светофильтров SDSS (сплошные линии). Данные производителя. Пунктир – с учетом чувствительности ПЗС E2V-42-90.

Таблица 2: Параметры гризм

Название	штрих/мм	диапазон ¹ Å	дисперсия Å/px	разрешение Å, (slit 1'')
VPHG940@600	940	3500-8500	1.16	7.0
VPHG1026@735	1026	5800-9500	1.02	6.1
VPHG1200@540	1200	3600-7070	0.87	5.2
VPHG1800@590	1800	5000-7245	0.50	3.0
VPHG1800@660	1800	5500-7800	0.51	3.0
VPHG2400@415	2400	3500-5100	0.36	2.2
VPHG3000@400	3000	3700-4400	0.32	1.9
VPHG1200@860	1200	7445-10900	0.85	5.1

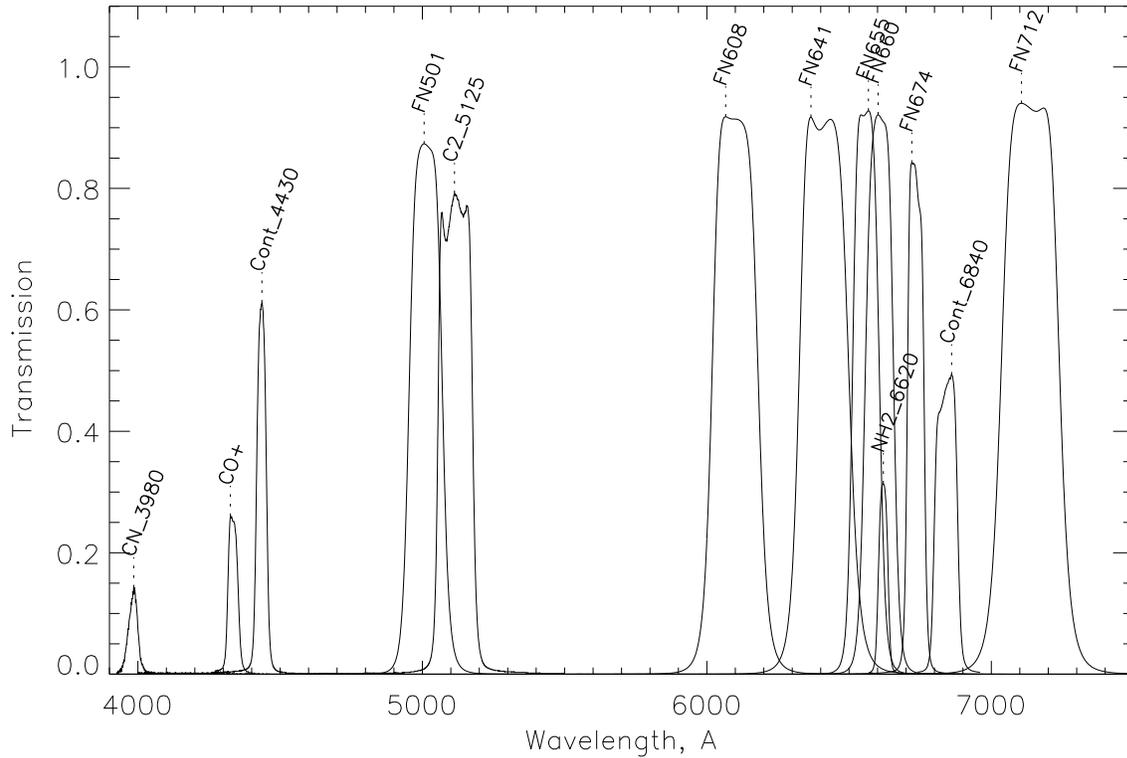


Рис. 6: Кривые спектрального пропускания среднеполосных интерференционных фильтров. Для FN674 и кометных фильтров приведены измерения в пучке F/4 на SCORPIO-2. Для остальных – данные производителя в коллимированном пучке.

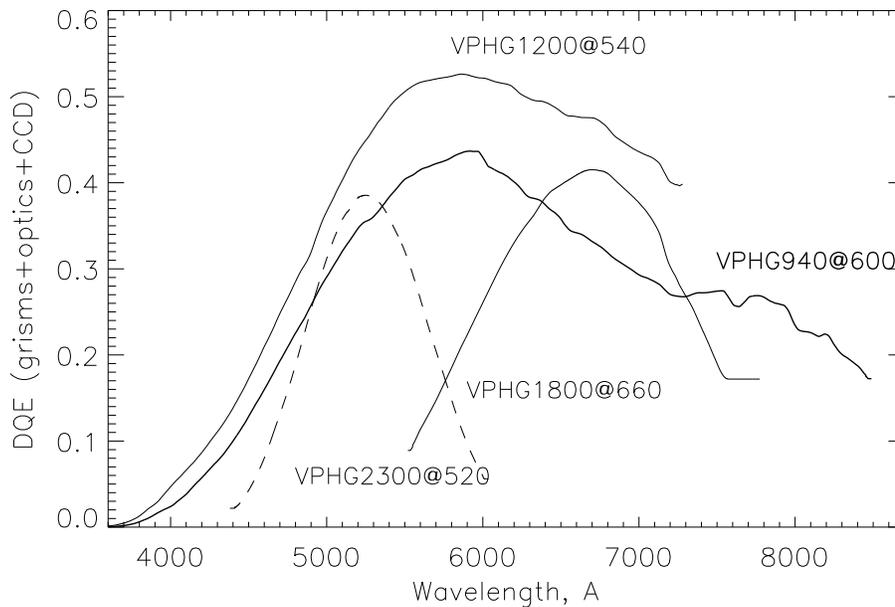


Рис. 7: Лучшие кривые квантовой эффективности при спектральных наблюдениях для различных гризм, с учетом пропускания оптики и кривой чувствительности ПЗС E2V-42-90. Приведены лучшие измерения по стандартным звездам в режиме широкой (более 10") щели. Для VPHG940@600 сделана попытка убрать вклад от второго порядка интерференции.

2.3 Сканирующий ИФП

Сканирующий пьезоэлектрический Интерферометр Фабри-Перо ET-50 фирмы IC Optical Systems Ltd (ранее – Queensgate) устанавливается в специальном узле 4-го этажа SCORPIO-2, который позволяет вводить его в коллимированный пучок в область расположения выходного зрачка системы. Параметры используемых интерферометров приведены в таблице 3. Отметим, что старый интерферометр IFP501 сейчас в основном используется для тестовых работ в лаборатории.

Наблюдения с ИФП состоят из последовательного получения нескольких десятков изображений интерференционных колец от изучаемого объекта (или калибровочной лампы) при изменении оптического пути между плоскопараллельными пластинками ИФП. Радиус колец является функцией длины волны и расстояния между пластинами интерферометра. Полный набор таких изображений, заполняющий свободный спектральный диапазон интерферометра, называют *циклом сканирования*, одно накопление – *каналом*. После обработки изображения могут быть представлены в виде “куба данных”. Управление сканированием (изменением расстояния между плоскопараллельными зеркальными пластинами) осуществляется посредством специального контроллера CS-100, управляемого от персонального компьютера. Количество каналов (n_z) на которой разбивается диапазон, прописывается в конфигурационном файле `ifp-2.cfg`.

Из-за заметного изменения добротности с длиной волны для IPF186 в области линии $H\alpha$ принято $n_z = 40$, а в области [ОП] $\lambda 5007 - n_z = 30$. Для удобства пользователя в последнем случае надо выбирать имя интерферометра в программе управления: IFP186g.

Сканирующий ИФП управляется с помощью контроллера CS100. Пьезоэлектрические приводы, управляемые от контроллера изменяют величину зазора между двумя отражающими поверхностями эталона. Параллелизм пластин поддерживается за счет конденсаторного микрометра, посылающего в контроллер сигналы обратной связи. Интерферометр обеспечивает нормальную работу в диапазоне температур¹ от 0 до 50 °С.

Контроллер ИФП позволяет эффективно стабилизировать его параметры и обеспечивает управление сканированием через COM-порт персонального компьютера по стандартному интерфейсу типа RS232. Контроллер во время наблюдений находится в непосредственной близости В ПФ и соединяется с последним через специальные герметизированные коннекторы гибким многожильным кабелем.

Обеспечению стабильности характеристик устройства способствуют жесткие требования по температуре окружающей среды во время наблюдений. Во время наблюдения при температурах ниже 0 °С рекомендуется предварительно выдержать включенный контроллер и интерферометр в подкупольном пространстве (например, не проводить наблюдений с ИФП в день установки аппаратуры на телескоп). Выход системы на нормальный режим работы занимает обычно несколько часов.

3 Запуск программ управления

Программы запускаются иконкой на рабочем столе "**SCORPIO-2 + Платформа-2**", в IDL при этом компилируется и запускается программа `... \remote \remoteSCORPIO_22.pro`. При запуске открывается меню управления экспозициями и платформой-адаптером, в целом аналогичное тому, что было со старым SCORPIO, но с включенным в него меню управления режимами спек-

¹Температуры более 50 °С могут приводить к серьезным повреждениям отражающих покрытий. Интерферометр может использоваться при температурах ниже 0 °С, но при условии, что он надежно защищен от конденсации влаги. Поскольку зазор между пластинами составляет 0.1 – 0.2 мм, то губительно любое попадание влаги внутрь.

Таблица 3: Параметры SCORPIO в режиме наблюдений с Фабри-Перо

	IOS/Queensgate IFP		
	FP186	IFP751	FP501
порядок интерференции, n^1	188	751	501
спектральное разрешение, $\delta\lambda^1$	1.7 Å	0.4 Å	0.8 Å
спектральный интервал, $\Delta\lambda^1$	35 Å	8.7 Å	13 Å
добротность $F^1 = \Delta\lambda/\delta\lambda$	21	20	16
оптимальное число спектральных каналов n_z	30/40	40	36

¹ на длине волны 6563 Å

трографа. А также (в отдельном окне) дополнительное меню управления отдельными узлами SCORPIO-2: "**SCORPIO-2: remote control**".

Номер COM-порта устанавливается только через конфигурационные файлы `scorpio-2.cfg` и `adapter.cfg`!

Для работы необходимы следующие библиотеки:

`remote` – общие программы для SCORPIO/SCORPIO-2

`platform-2` – программы управления платформой

`lamp` – программы установки яркости светодиодов

`scorpio-2` – программы управления SCORPIO-2

`Test_platform` – тестовые процедуры управления платформой.

`LEDs1026_735.cfg` и т.д. – яркости светодиодов плоского поля для разных решеток

4 Система управления

4.1 "Инженерное" меню управления отдельными узлами спектрографа

Меню показано на рис. 8. Каждую секунду выполняется опрос всех микропроцессоров. При опросе COM-порт открывается и закрывается, поэтому можно включать-выключать питание, не перезапуская программу. При включенном питании и подключенном спектрографе высвечивается состояние концевиков и датчиков Холла для всех устройств, за исключением ширины щели и маски щели (1-й этаж). Эти устройства отображаются в положениях, записанных в файле параметров `scorpio-2.cfg`, не зависимо от того - подключен прибор или нет. Из всех углов разворота анализаторов (ANGLES) показаны только те, которые используются для работы с введенным анализатором. Соответственно, если каретка стоит в положении `hole` – углы не отображаются. Посмотреть текущие углы разворота всех анализаторов можно в меню **Power and State** (пункт. 4.4)

Нажимая на разные пункты меню, можно устанавливать требуемые элементы. Кнопка "STOP" - посылает команду на остановку всех моторов прибора.

Если установить по умолчанию флажок "**AutoCol**" (3-й этаж, коллиматор), то фокус коллиматора будет автоматически отслеживаться, в зависимости от принятого фокуса щели и от того, какие оптические элементы присутствуют в пучке (см. ниже). Такой же флажок зарезервирован и для фокуса камеры - "**AutoCam**", но он пока игнорируется, т.е. в процессе наблюдений фокус камеры не меняется.

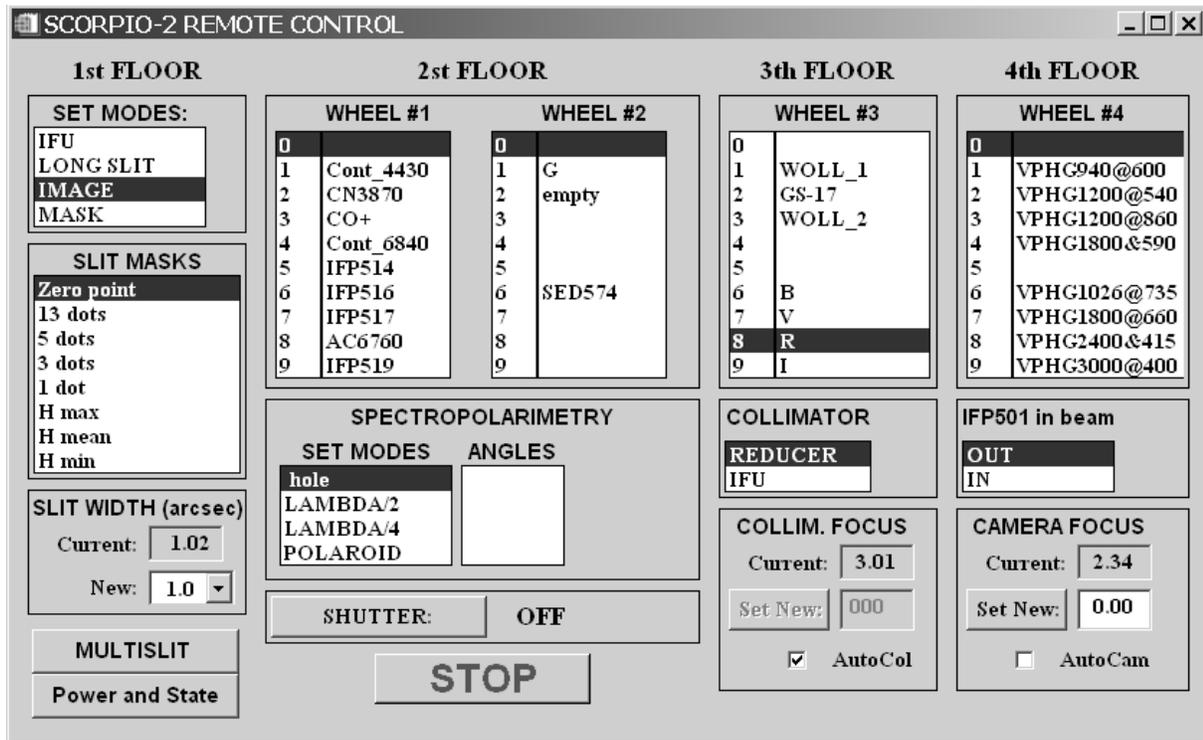


Рис. 8: Меню управления узлами спектрографа.

Пока программа управления требует, чтобы меню "**SCORPIO-2: remote control**" постоянно присутствовало, пусть и в свернутом виде. Если это меню случайно закрыли, то можно вновь его запустить из командной строки IDL, набрав `floor_1234`. Но лучше выйти из программы управления и запустить ее заново.

4.2 Концевик ширины щели

При каждом изменении ширины щели, щель сперва полностью закрывается, а потом устанавливается в требуемой ширине, согласно подсчету шагов мотора. Изредка случается, что даже если щель полностью закрыта, нулевой концевик не срабатывает. Поэтому, если мотор остановился после начала установки в ноль, но концевик не сработал, то все равно считается, что это ноль. Выскакивает окно-предупреждение 'Problems with slitwidth End1 ("Zero")', надо нажать ОК, после чего устанавливается требуемая ширина щели

4.3 Автофокусировка и поправки фокуса

В меню управления фокусом коллиматора есть возможность установить автоматическое изменение фокуса `AutoCol`. В этом случае при каждой смене элементов в пучке проверяется, какое значение фокуса коллиматора соответствует текущая конфигурация:

$$F_{col} = F_{ref} + F_{analysers} + F_{filters} + F_{gratings} + F_{ifp},$$

где F_{ref} - фокус коллиматора "на щель".

В конфигурационных файлах `filters-2.cfg`, `ifp-2.cfg` указаны поправки $F_{filters}$, а в `gratings-2.cfg` – $F_{gratings}$. В данный момент для ИФП указана поправка фокуса "0", а для фильтров - только те, что были непосредственно измерены (широкополосные и некоторые интерференционные).

Конфигурационный файл `analysers-2.cfg` содержит поправки фокуса $F_{analysers}$, которые имеют заметную зависимость от длины волны. Поэтому для каждого из анализаторов поляризации можно указать разную поправку для указанных фильтров и решеток.

Коррекция фокуса выполняется, если текущее значение отличается от расчетного более чем на 0.05 мм. Этот порог прописан в процедуре `scorpio-2\CHECK_FOCUS_COL.PRO`:

`D_foc=0.05 ;` требуемая точность установки

Если наблюдатель управляет прибором через меню переключения режимов (глава 4.5), то все необходимые установки фокусирующего механизма отрабатываются автоматически. Режим `AutoCol` иногда необходим для тестовых операций с прибором. Во время наблюдений его лучше убрать, так как при иногда возникающих сбоях опроса датчика фокуса механизм начнет расфокусировать систему (через 10-15 секунд, правда, возвратившись обратно).

4.4 Индикация состояния блока питания и положения анализаторов

Запускается кнопкой **Power and State** из меню управления узлами спектрографа (слева внизу). Открывается меню, в котором показана текущая температура по датчикам на блоке питания и оптике, а также напряжение и сила тока на блоках питания логики (5 V) и силовой части (12 V), где Unit A – блок питания магнитов многоцелевой маски, а Unit B – остальных силовых устройств (Рис. 9). Ниже отмечаются углы разворота для всех анализаторов поляризации (в списка углов выделяются те, для которых замкнуты датчики Холла).

В этом же меню отображается информация, полезная для проверки работы микропроцессоров: результаты опросов кодов скоростей для всех моторов, в скобках рядом приводятся требуемые величины.

Опрос состояния происходит каждую секунду (вместе с опросом остальных микропроцессоров), до тех пор, пока данное меню открыто.

4.5 Меню переключения режимов (Mode:)

Расположено в "главном" меню управления (экспозиции, спектрограф, платформа). Состоит из нескольких вкладок с названиями режимов наблюдений (см. рис. 10, 12, 13, 14). При нажатии на любую из вкладок сразу начинается перемещение узлов спектрографа, которые устанавливаются в положение, соответствующее последним наблюдениям в данной моде. Исключения – мода "Test" и вкладки, зарезервированные под еще не реализованные режимы "IFU" и "Multislit".

При этом в правой части меню отображается состояние узлов на всех четырех этажах: "Stop" – ничего не двигается, "GO" - на данном этаже работает один из моторов, "Wait" – режим ожидания (так как некоторые механизмы должны перемещаться последовательно, например в начале каретка решеток устанавливается в "0", а только потом – вводится интерферометр Фабри-Перо). Здесь же отображается текущее значение фокуса коллиматора ("`F(col)=...`"). Во время движения моторов меню режимов замирает и становится вновь активным ("кликабельным") только когда все моторы остановятся. Если этого долго не происходит – значит какой-то сбой механики.

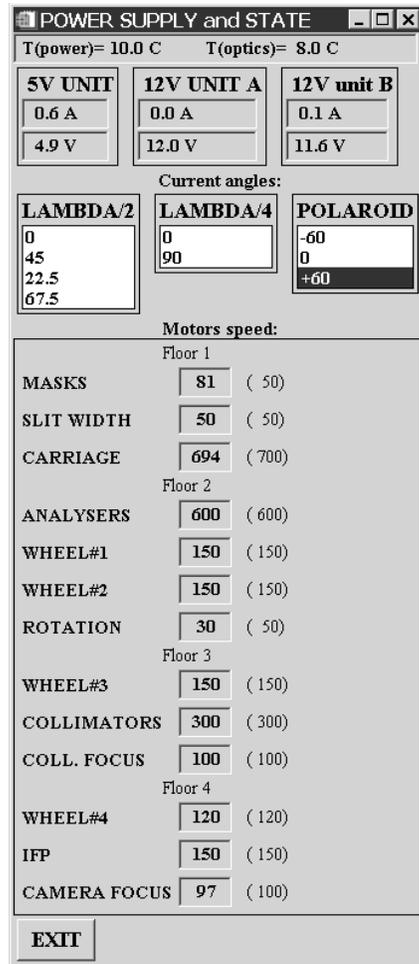


Рис. 9: Индикация состояния блока питания, анализаторов и кодов скоростей.

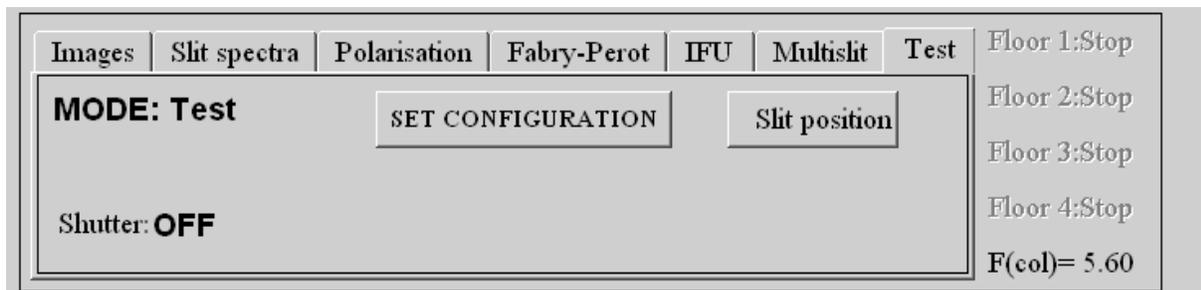


Рис. 10: Меню переключения режимов: тестовый режим.

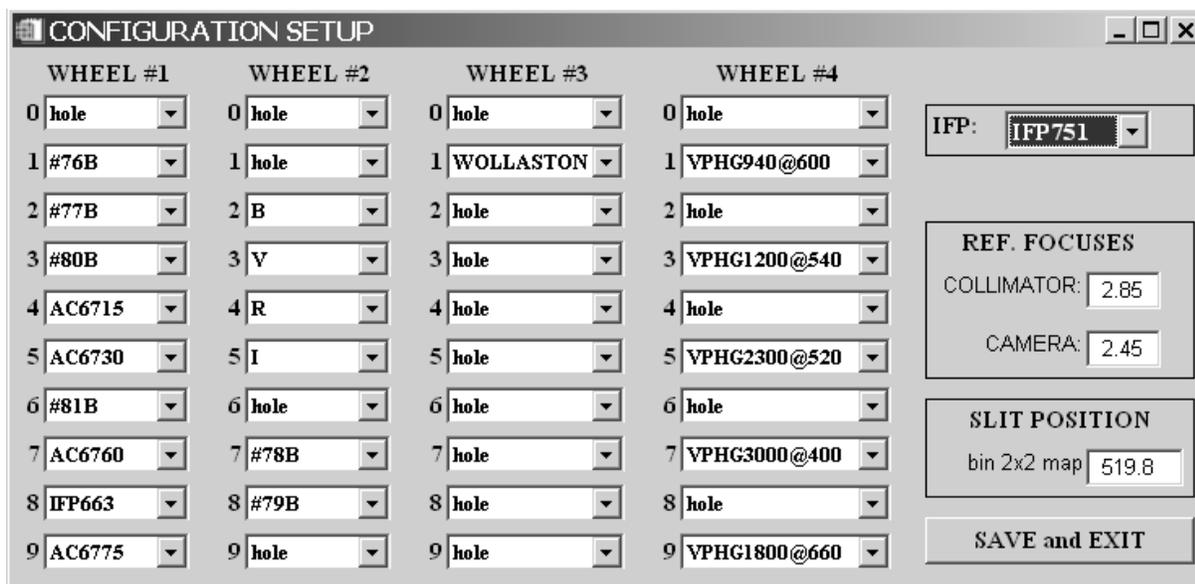


Рис. 11: Окно записи конфигурации.

Тогда следует нажать кнопку **STOP** в меню управления отдельными узлами (предыдущая глава) и перезапустить программу.

Если связи с редуктором нет (выключено питание), но в меню управления узлами спектрографа стоит флажок **AutoCol**, то меню управления режимами мигает, из-за того, что программа периодически посылает команду на фокусировку коллиматора.

Параллельно, все движения моторов отображаются и в меню управления отдельными узлами "**SCORPIO-2: remote control**", именно поэтому его не следует закрывать (можно только сворачивать). Если после установки требуемой моды, наблюдатель что-нибудь сдвинет в меню управления отдельными узлами, например передвинет фильтр при установленной моде **IMAGES** – то это никак не отразится на состоянии меню режимов, однако при переключении мод и возвращении обратно в режим изображений – программа установит тот фильтр, что стоял в окне **Filter** моды **IMAGES**, а не тот, что был выбран в меню управления отдельными узлами. Предполагается, что для наблюдений должно хватать возможностей меню режимов, без обращения к отдельным моторам.

4.5.1 Mode: Test

Этот режим (рис. 10) открывается при первом запуске программы управления, также в него можно перейти из любой другой моды без перемещения механизмов. Здесь доступны следующие действия:

1. **Slit position.** При нажатии на кнопку – все оптические элементы выводятся из пучка, а каретка 1-го этажа вводит длинную щель, не меняя ее текущую ширину. Этот режим используется для фокусировки коллиматора (процедура полностью аналогичная той, что была на старом спектрографе), а также для измерения положения щели, требуемое для точного наведения на объект.

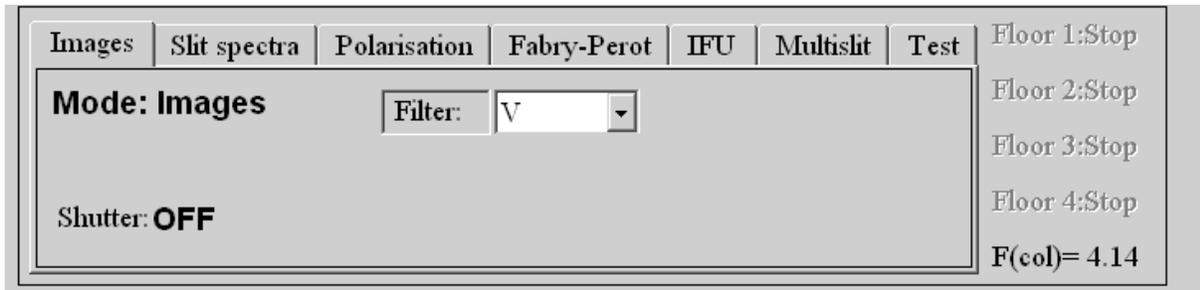


Рис. 12: Режим прямых снимков.

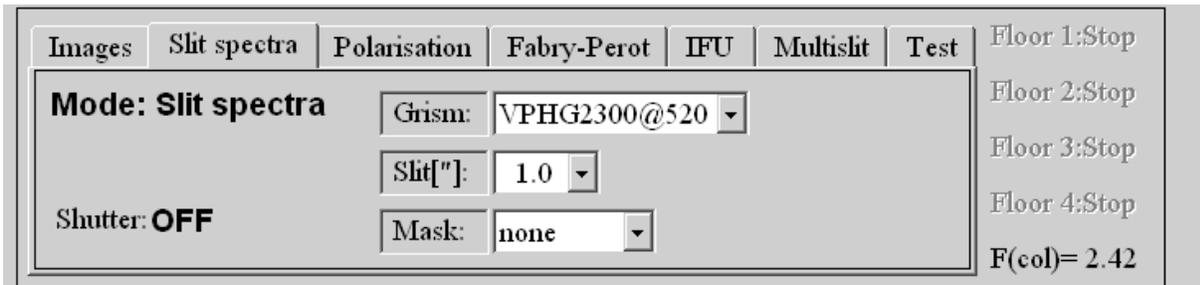


Рис. 13: Режим спектроскопии.

2. **SET CONFIGURATION**. Кнопка вызывает меню (рис. 11), в котором для каждой турели прописываются установленные в них решетки, фильтры и фазовые пластинки. Здесь же указывается название установленного ИФП, а также опорные значения фокуса коллиматора. Фокус камеры пока нигде не используется – дается просто в напоминание. В окне **SLIT POSITION** прописывается положение щели спектрографа, измеренное по кадру $\text{binning}=2 \times 2$. Оно записывается в дескриптор **SLITPOS** fits-файлов для того, чтобы положение щели отображалось поверх изображений в программе визуализации – это удобно для контроля наведения на объект.

4.5.2 Mode: Image

В режиме прямых снимков (рис. 12) доступен всего один параметр – требуемый фильтр, из тех, что установлены в первых двух турелях.

4.5.3 Mode: Slit Spectra

В режиме длиннощелевой спектроскопии (рис. 13) доступны следующие действия:

1. **Grism**. Установка дифракционной решетки, из выпадающего списка.
2. **Slit ["]**. Установка ширины щели (в секундах дуги) из представленного списка
3. **Mask**. Выбор маски на щель ('без маски' и '13-точечный тест')

4.5.4 Mode: Polarization

Режим поляриметрии (рис. 14) позволяет выполнять как спектрополяриметрические измерения, так и поляризационные наблюдения в фильтрах:

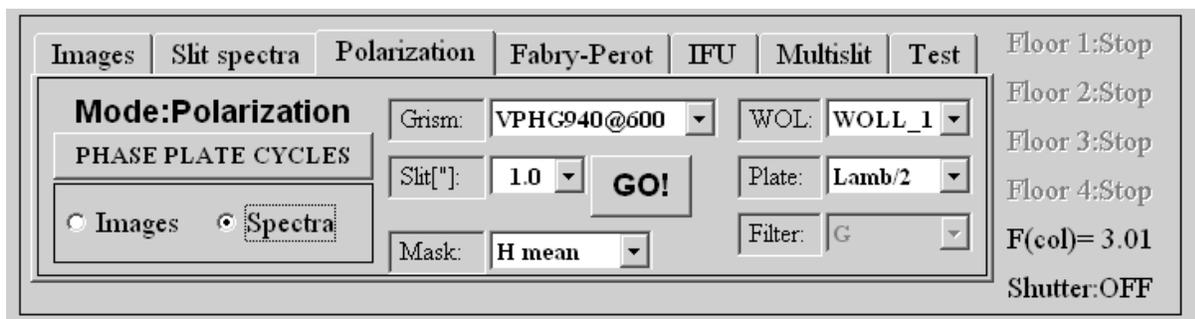


Рис. 14: Режим спектрополяриметрии.

1. **Phase Plate Cycles.** Запуск циклов экспозиций с проворотом фазовых пластин.
2. **Images/Spectra.** Выбор режима, в соответствии с которым становятся активными элементы необходимые для установки параметров спектральных или фотометрических наблюдений.
3. **Grism.** Установка дифракционной решетки, из тех, что представлены в выпадающем меню.
4. **Slit ["].** Установка ширины щели (в секундах дуги) из представленного списка
5. **Mask.** Выбор маски на щель ('без маски', 'средняя щель', 'короткая щель', 3 и 5-ти точечные тесты)
6. **WOL.** Выбор призм Волластона из списка.
7. **Plate.** Выбор фазовых пластин из списка.
8. **Filter.** Выбор фильтра в режиме изображений.
9. **GO.** Запуск перемещения элементов

В отличие от всех остальных режимов, перемещение элементов здесь выполняется только после нажатия на кнопку **GO**. Это сделано потому, что часто при смене конфигурации надо изменить сразу несколько позиций.

4.5.5 Mode: Fabry-Perot

Меню наблюдений со сканирующим ИФП похоже на управление режимом прямых снимков, но здесь для выбора доступны только узкополосные фильтры, а интерферометр по умолчанию вводится в пучок. Кнопка **"IFP PARAMETERS"** открывает окно управления интерферометром.

4.6 Платформа

Оболочка управления платформой запускаются одновременно с общим интерфейсом управления SCORPIO-2. После запуска программа каждую секунду опрашивает состояние платформы (обоих микропроцессоров). Вид интерфейса управления показан на рис. 15.

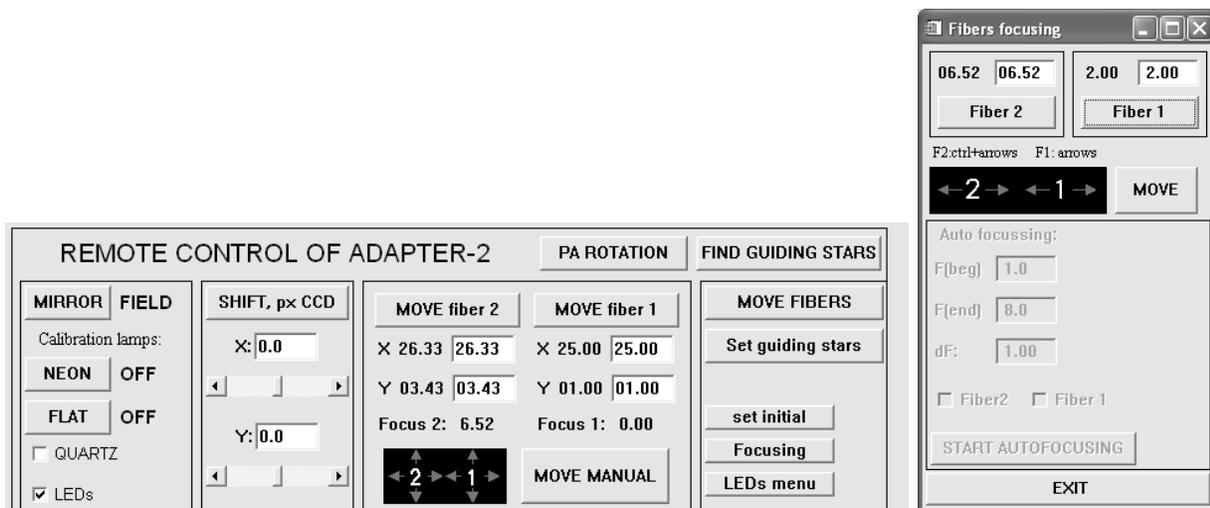


Рис. 15: Меню управления платформой (слева) и меню фокусировки гидирующих микроскопов

4.6.1 Отличия от интерфейса управления старой платформой

- Положение зеркала, ламп и концевиков подвижек постоянно мониторяются и отображаются. Во время переезда, состояние зеркала = GO.
- У лампы FLAT - два параметра: QUARTZ (лампа непрерывного спектра) и LEDs (линейка светодиодов). Можно выделить флажком один или сразу оба.
- Вместо того, чтобы нажимать кнопки **MOVE fiber 1/2**, **MOVE FIBERS**, **SHIFT, p x CCD**, достаточно нажать ENTER в соответствующем поле.
- Можно одновременно запускать перемещения любого элемента, пока другие еще едут.
- Если нажать одновременно стрелочки X и Y – будет ехать сразу по обеим координатам.
- **set initial** устанавливает в ноль только X и Y, не двигая фокус и зеркало.
- Добавлена кнопка вызова программы управления светодиодами и лампами **LEDs menu**
- Управление фокусами обоих микроскопов вынесено в отдельное меню (рис. ??), запускаемое от кнопки **focusing**. Из этого меню есть возможность двигать фокус стрелочками с клавиатуры, зарезервированы поля для автофокусировки.

4.6.2 Положение зеркала

При любом изменении положения зеркала обновляется файл `d:\adapter.cfg\mirros.pos` в который записывается одно слово, соответственно FIBERS, FIELD или GO. Этот файл используется для обмена с программой гидирования.

4.7 Программа управления поворотным столом

Для установки требуемой ориентации щели спектрографа необходимо в меню управления платформой-адаптером нажать кнопку **PA Rotation**. Открывается окно "POSITION ANGLE of the SLIT" показанное на рис. 16. Здесь слева красной линией показано текущее положение щели спектрографа

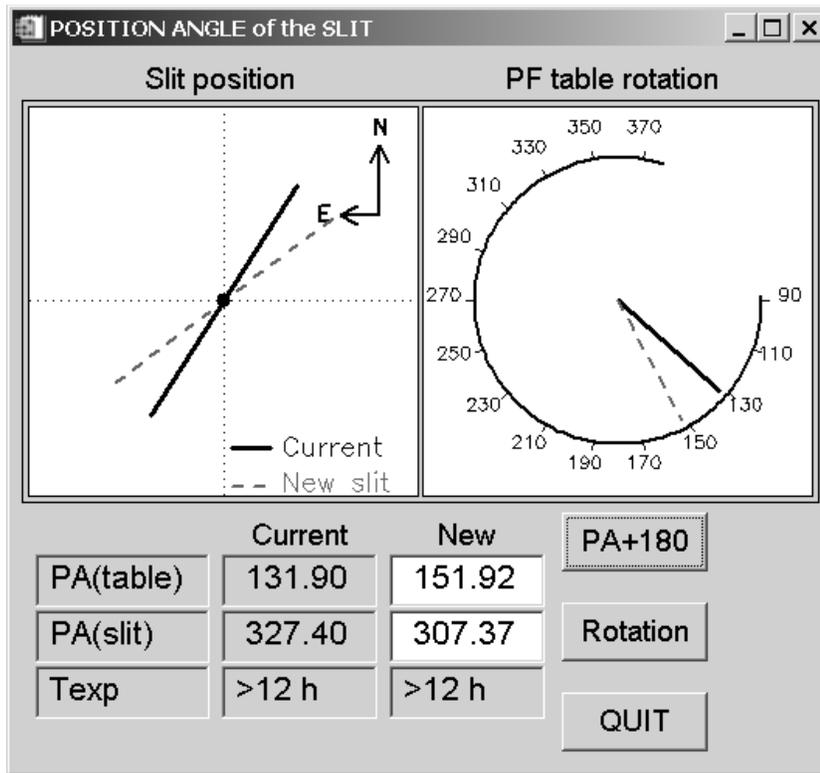


Рис. 16: Меню программы вращения поворотного стола.

относительно направлений "север-юг" и "запад-восток" а справа такой же линией отмечено текущее положение поворотного стола ПФ. Красная стрелочка показывает скорость вращения стола в единицах $^{\circ}$ /час.

Ниже в виде таблицы указаны текущие значения (**Current**) угла поворотного стола **PA(table)** и позиционного угла щели **PA slit)** (отсчитывается от направления на север против часовой стрелки). В графе **Texp** показывается время, оставшееся до достижения концевика поворотного стола (т.е. максимальное время экспозиции, при условии, что будут продолжаться наблюдения данного объекта).

Графа **New** предназначена для ввода новых значений углов. Причем можно вводить как значения **PA slit)**, так и **PA(table)**, при вводе одного из этих углов второй пересчитывается (константу для пересчета программа берет из конфигурационного файла). Новые значения углов отображаются на графиках синим пунктиром, а в графе **Texp** показывается максимально возможное время экспозиции с новым положением поворотного стола. Нажатие кнопки **PA+180** меняет значения новых углов на 180° , это полезно в тех случаях, когда требуются либо более продолжительные экспозиции, либо меньшее различие между текущим и новым положением поворотного стола.

Нажатие кнопки **Rotation** приводит к вращению поворотного стола к его новому положению. Остановить вращение стола из этого меню нельзя, надо использовать программы непосредственного управления телескопом на компьютере robs1 (интерфейс оператора БТА и т.п.).

QUIT – выход из программы.

4.8 Программа анализа качества изображений и фокусировки

Программа используется для поиска положения лучшего фокуса телескопа по полученной последовательности кадров с разными значениями фокуса (далее – "фокусировочная последователь-

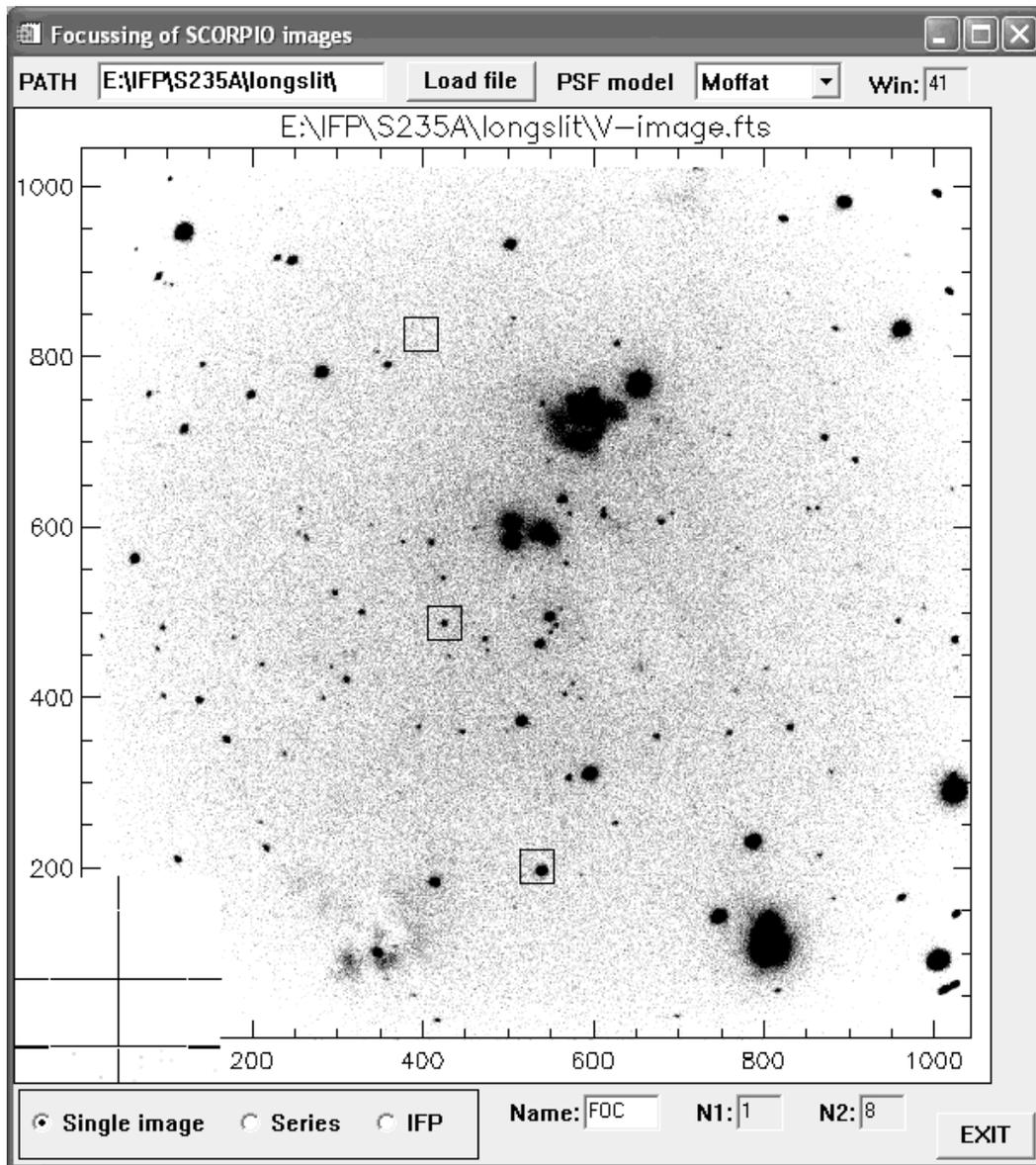


Рис. 17: Меню программы анализа качества изображений и фокусировки

ность”), а также для оценки качества изображений (seeing) по выбранным звездам в индивидуальном кадре.

Для вызова программы следует в меню **Exposure control** нажать кнопку **TOOLS** и в открывшемся меню выбрать **PSF-focussing**. Программа также автоматически вызывается по завершению накопления последовательности кадров при фокусировке телескопа.

Меню программы показано на рис.17. Кроме графического окна, где отображается анализируемое изображение, оно содержит следующие кнопки и окна:

PATH – маршрут к папке с изображениями (изменяется при загрузке новых файлов).

Load File – загрузка изображения для анализа (или для задания фокусировочной последовательности).

PSF model - выбор вида двумерной функции, описывающей изображения звезд: Гауссовская и профиль Моффата (по умолчанию).

Win - размер прямоугольного окна, в котором будут анализироваться звезды.

Single image/Series/IFP - выбор между режимами оценки размера PSF по одному кадру (**Single Image**) и поиском лучшего фокуса по фокусировочной последовательности кадров (**Series**). Режим **IFP** во многом аналогичен режиму **Series**, но здесь показывается зависимость полуширины PSF не от фокуса телескопа, а от номера канала ИФП. В этом режиме удобно следить за изменением качества изображений внутри цикла сканирования.

Name – общая часть имени файлов в фокусировочной последовательности и в режиме IFP.

N1, N2 – номера (содержащиеся в именах файлов) первого и последнего анализируемых кадров в выбранной фокусировочной последовательности и в режиме IFP.

EXIT – выход из программы.

4.8.1 Режим Single image

Необходимо загрузить желаемое изображение, навести курсор на звезду и нажать правую или левую кнопку мышки. Откроется новое окно, где будет показано увеличенное изображение звезды, написаны измеренные значения FWHM (радиальное (r) и тангенциальное (θ) относительно центра кадра), а также показаны разрезы через изображение звезды вдоль X и Y , с вписанной аппроксимирующей функцией. В избежании путаницы отметим, что FWHM измеряется как результат двумерной аппроксимации изображения звезды, а в качестве значения FWHM(r) указывается полуширина вдоль той оси изображения (малой или большой), которая наиболее близка к радиальному направлению, аналогично и FWHM(θ) - для другой оси. Т.е. большая и малая оси реального изображения вовсе не обязательно лежат точно вдоль направлений r и θ , хотя характер aberrаций оптики таков, что расфокусированные изображения звезды искажаются вдоль этих направлений (относительно центра поля зрения).

4.8.2 Режим Series

В этом режиме при нажатии кнопок мышки на выбранной звезде откроется окно, где будет показано как меняется FWHM (радиальное, тангенциальное и среднее) при смене фокуса телескопа, в каждом будет отмечено лучшее значение фокуса. Внизу окошка будут показаны изображения выбранной звезды во всех файлах фокусировочной последовательности.

При загрузке файла (**load file**) программа, в зависимости от количества файлов со сходным именем в текущей папке сама установит значения в окошках **Name**, **N1** и **N2**. При этом программа загружает в графическое окно файл из середины фокусировочной последовательности, который может и не совпадать с выбранным.

4.8.3 Режим IFP

В этом режиме при нажатии кнопок мышки на выбранной звезде откроется окно, где будет показано как меняется FWHM (радиальное, тангенциальное и среднее) на кадрах, снятых в различных каналах ИФП, выделяя пунктирными линиями последнюю снятую экспозицию.

Аналогично режиму Series, при загрузке файла (**load file**) программа, в зависимости от имени файла (и количества файлов со сходным именем в папке) сама установит значения в окошках **Name**, **N1** и **N2**.

4.9 Конфигурационные файлы

Всю информацию о путях, экспозициях, нумерации ночей - (т.е. о том, что идентично со старым спектрографом), программа берет из старого параметрического файла `d:\scorpio-2.cfg\remote.cfg`, оставляя без изменения все, что относится только к старому прибору.

Кроме того, в папке `d:\scorpio-2.cfg` есть еще следующие параметрические файлы:

scorpio-2.cfg – параметры спектрографа.

Здесь указаны номер COM-порта, положение устройств, которые не всегда отмечаются концевиками и датчиками Холла: маска на щель - MASKS, ширина щели (в arcsec) - SLIT WIDTH, позиция каретки - CARRIAGE (здесь 0= IFU, 1=LONG SLIT, 2=IMAGE, 3=MULTISLIT) и положение анализаторов - ANALYSERS (0=hole, 1=LAMBDA/2, 2=LAMBDA/4, 3=POLAROID). Файл перезаписывается, если данные устройства перемещались. В остальных случаях программа ориентируется на данные опроса микропроцессоров.

Кроме того, здесь же хранятся имена установленных фильтров, решеток и ИФП, опорные значения фокусов коллиматора и камеры, а также информация о последней конфигурации режимов (фильтр для "IMAGES", ширина щели и решетки в моде "SLIT" и т.д.).

Файл конфигурации перезаписывается каждый раз при любых изменений положения устройств прибора. При этом предыдущая версия сохраняется в файл SCORPIO-2.cfg_bak.

filters-2.cfg – список фильтров с фокусирующими поправками. В отличие от старого варианта, здесь есть дополнительный столбец **wheel** (1-4) к которому через запятую указаны номера турелей в которую фильтр предполагается устанавливаться. Это сделано для удобства, чтобы программа не предлагала интерференционные фильтры для 3-й турели и т.д.

gratings-2.cfg – список решеток с параметрами.

ifp-2.cfg – список ИФП с параметрами.

adapter-2.cfg – текущее состояние платформы. Файл перезаписывается каждый раз при любых изменений положения микроскопов или зеркала. При этом предыдущая версия сохраняется в файл `adapter-2.cfg_bak`.

5 Наблюдения со SCORPIO-2 на БТА в режиме удаленного доступа

5.1 Общие замечания

Прибор SCORPIO-2 управляется через установленные в СПФ промышленные компьютеры `lena.sao.ru` (собственно управление прибором) и `rare.sao.ru` (управление гидированием). Вся аппаратура (спектрограф, оба компьютера, ПЗС, контроллер ИФП) включены в сеть электропитания через дистанционно управляемую розетку. Управление питанием - через сайт `http://pfpower.sao.ru/` (IP: 192.168.3.45, log: SCORPIO, password: SCORPIO), а далее `Device Manager/Control`.

Вся работа с сервером `tb` (монтажка дисков, чтение параметров телескопа) ведется под пользователем `scorpio` (pass:Parobssco). В windows-сети этому пользователю соответствует каталог `scorpio_telescope`, а в Linux это `tb.sao.ru:/Users/scorpio`

5.2 Подготовка компьютеров (к. 505 лабкорпуса)

1. Linux-компьютер **robs1** – управление телескопом, контроль погоды.

(**user:** obs; **password:**Parobssco).

После входа в систему необходимо запустить интерфейс оператора `Bta_oper` и ввести пароль на управление телескопом. Краткая последовательность команд по управлению телескопом (подробнее, см. "Инструкцию по работе с интерфейсом оператора УВК БТА"):

- "СТОП" ⇒ "F3" ("Операции ⇒ наведение по введенным") ⇒ "ПУСК".
- Для наведения на АП надо вместо F3 нажать "F8" ("Операции ⇒ наведение на гнездо")

2. Windows-компьютер **robs2** – управление прибором (левый монитор) и гидирование (правый монитор), через `lera2.sao.ru`.

(**user:** obs; **password:**saoobs).

После входа в систему необходимо запустить `NetOp Remote Control` (иконка "Guest" на рабочем столе, далее выставить `Name:lera2` и нажать `Connect` После ввода пароля и соединения с удаленным компьютером `lera2` на нем должны быть запущены:

- Сетевой диск (`G:\tb\scorpio_telescop`) монтируется автоматически при входе в операционную систему (если `tb` будет запрашивать пароль, ввести `user:scorpio`, `pass: Parobssco`).
- Программа управления прибором – иконка на рабочем столе **SCORPIO-2 и платформа-2**.
- Сервер работы с ПЗС `CCDserv` – создает иконку в левом нижнем углу экрана, обычно автоматически загружается вместе с оболочкой управления.
- Сервер управления телескопом (`controlBTA`) автоматически запускается при входе в операционную систему. При этом `controlBTA` открывает окно DOS-приложений. При необходимости, программу можно перезапустить (предварительно закрыв) кликнув иконку на рабочем столе.
- IDL-приложение `control_pf2` для пересылки коррекций на телескоп (иконка на рабочем столе, обычно загружается автоматически при входе в операционную систему)
- Интерфейс работы с гидом: иконка на рабочем столе **ViewTV-2**

5.3 Замечание о сбое чтения параметров телескопа

При загрузке компьютера LERA2 иницируется запуск программы создания файла параметров телескопа `bta_write` на `tb.sao.ru`. Однако, если сервер `tb.sao.ru` перезагружался, или на нем произошел серьезный сбой, то обновленные параметры телескопа перестают заноситься в `fits`-шанку и программу на LENA следует перезапустить. Это можно сделать любым из трех способов:

1. Кликнуть на иконку `bta_write` на рабочем столе LENA.
2. Напрямую запустить пакет `d:\scorpio.cfg\bta_write.bat`.
3. Перезагрузить компьютер LENA.

5.4 Принудительный запуск программы визуализации

Иногда неожиданно "вылетает" программа визуализации снятых экспозиций. Чтобы ее запустить заново, достаточно кликнуть на рабочем столе иконку `View_AP`.

5.5 Перед началом наблюдений: основное меню

1. **Observing program** - заполнить форму с названиями наблюдательных программ, указать фамилии наблюдателей. Закрывать форму и выбрать текущую программу из списка.
2. **Path(create)** - сменить текущий каталог с данными (создать новый).
3. Проверить конфигурационные установки (имена фильтров и дисперсеров, фокус на щель):
MODE:TEST ⇒ **SET CONFIGURATION**.
4. Измерить значение текущего фокуса коллиматора (глава ??) и указать полученное значение в меню конфигураций **MODE:TEST** ⇒ **SET CONFIGURATION** ⇒ **Ref.Focuses** ⇒ **COLLIMATOR**.
5. Если предполагается наблюдать в спектральном режиме – уточнить координаты изображения щели на ПЗС. Для этого в режиме
MODE:TEST ⇒ **Slit position** производим короткую экспозицию NEON через фильтр V (Техр= 1 сек), BinX=2, BinY=2, name="Slitpos" и измеряем координату X центра щели. Полученное значение X_{slit} заносим в меню конфигураций (**MODE:TEST** ⇒ **SET CONFIGURATION**).

5.6 Нумерация ночей и файлов

Название каталога содержащего файлы накоплений текущей ночи должно иметь вид: **SYMMDD**, где **S** – идентификация прибора, **YY** – две последние цифры года, **MM** – месяц, **DD** – число. Таким образом, **S000921** соответствует наблюдениям в ночь 21/22 сентября 2000 г.

Названия файлов с накоплениями должны иметь вид **SXXXXYYZZ.FTS**, где **S** – идентификация прибора, далее **XXX** – номер ночи (приняты сплошная нумерация ночей, 001 соответствует первым наблюдениям со SCORPIO на БТА 21.09.2000), **YY** – номер "куба данных" и **ZZ** – номер изображений в кубе. Под кубом здесь понимается совокупность всех накоплений для данного объекта (изображения в различных каналах при наблюдениях с ИФП, набор экспозиций в различных фильтрах, спектральные накопления и калибровки). Так файл **S10230427.FTS** – означает накопление номер 27 в кубе 04 для ночи 1023.

5.7 Замечания о запуске экспозиций

1. Если зеркало находилось в положении MIRROR=FIELD, то при запуске экспозиции obj, зеркало перекидывается в положение MIRROR=FIBERS. При запуске экспозиций neon и flat, зеркало само перебрасывается в положение MIRROR=FIELD.
2. Для каждого типа экспозиции можно задать свою комбинацию параметров считывания ПЗС (gain, rate, all region, binX, BinY). Но при смене формата считываемого кадра для экспозиций obj, такие же значения биннинга и фрагмента считывания автоматически устанавливаются для bias, neon и flat
3. При спектральных наблюдениях обычно работают с BinX=1 BinY=2, в то время как изображения при наведении объекта на цель снимают с BinX=BinY=2. Чтобы не менять каждый раз параметры считывания объекта, прямые снимки в этом режиме удобно получать с помощью типа экспозиции MAP.

5.8 Наведение на объект

Ввод координат в телескоп и грубое наведение осуществляется согласно инструкции к программе управления телескопом. Обычно во время наведения редуктор устанавливается в режим изображений (MODE:Images), поскольку даже при съемке спектров сперва получают изображение объектов в поле.

Сразу во время наведения телескопа можно запустить программу поиска гидрирующих звезд (кнопка **Find Guiding Stars**) и установить гидрировочные поля по предварительным координатам.

После наведения, если объект виден на подсмотре, его можно установить на крест в центре поля с помощью пульта коррекции положения телескопа (при этом зеркало должно быть в положении FIELD). Затем, поскольку координаты телескопа изменились, следует вновь запустить поиск звезд гидрирования.

Описание последовательности действий для точной установки гидрировочных звезд дано в главе ??.

5.9 Фокусировка телескопа

Перед началом наблюдений (а также периодически в течение наблюдательной ночи) необходимо произвести фокусировку телескопа, т.е. совместить фокальную плоскость телескопа со щелью спектрографа. Грубая фокусировка производится "на глаз" с помощью пульта управления телескопом по изображению звезд на подсмотре. Для более точной фокусировки производится серия накоплений изображений звезд для различных значений фокуса телескопа. Рекомендуемая последовательность действий:

1. Установка конфигурации спектрографа для прямых снимков в выбранном фильтре: **MODE:Images**.
2. В меню **EXPOSURE CONTROL** выбрать тип экспозиции – MAP, подобрать время экспозиции по пробному снимку GAIN=low, RATE=fast, BinX=2, BinY=2.
3. Нажать кнопку **focusing**, в открывшемся меню выбрать: **SCORPIO** ⇒ **Telescope=TELESCOPE**. Далее задать диапазон и шаг изменения фокуса (обычно 0.5 – 1.0 мм). **name file of series** – имя файлов фокусировочной последовательности (к этому имени будет еще добавляться порядковый номер).

4. Нажать **RUN**. Программа производит серию экспозиций с разными значениями фокуса телескопа, эти экспозиции сохраняются в файлы с заданными именами. Для того, чтобы программа управляла фокусом телескопа, должен быть запущен сервер `controlBTA` и IDL-приложение `control_pf2` на компьютере `rare.sao.ru`.
5. После того, как будут накоплены все кадры фокусирующей последовательности откроется меню программы оценки качества изображений (подробнее см. 4.8), где уже будут установлены необходимые параметры. Выбор звезды для фокусировки производится нажатием кнопки мыши. Далее в каждом файле автоматически вокруг этой звезды оценивается уровень фона в анализируемом окне, в изображениях звезд вписывается двумерный профиль, при выводе фокусирующих зависимостей рисуются три графика: FWHM в тангенциальном направлении, FWHM радиальное и FWHM среднее. Практика показала, что при хороших изображениях ($< 1.5 - 2''$) лучший фокус надо смотреть по первой картинке (FWHM тангенциальное). При более плохих изображениях оценки лучшего фокуса по всем графикам близки друг к другу.
6. Найденное значение лучшего фокуса устанавливает с помощью клавиши **Set Focus** (под фокусирующими графиками).

Качество фокусировки необходимо время от времени контролировать, поскольку фокус телескопа в течение ночи может меняться, прежде всего из-за температурных деформаций трубы телескопа.

5.10 Точная установка объекта на щель

Напишем, когда будет отлажена программа автоматической установки.

5.11 Архивация наблюдательных данных и создание журнала наблюдений

После нажатия кнопки **Create LOG/Save Zip/ Print LOG** создается текстовый журнал наблюдений в текущем каталоге (`sYYMMDD.txt`), его PS-версия открывается для распечатки в программе `GhostView`, а файлы с данными наблюдений в текущем каталоге архивируются (создается серия ZIP-файлов, в каждом упакован свой “куб”. Архивы автоматически копируются на компьютеры `tb`, `alcor` и `mizar` вместе с журналом наблюдений и файлом `log.txt`).

6 Особенности наблюдений в режиме прямых снимков

Режим считывания ПЗС: `readout rate: low`, `binning:2x2`

Рекомендуемая последовательность действий:

1. Ввод координат, перенаведение телескопа.
2. Разворот по позиционному углу (если требуется).
3. Запуск программы поиска гидрирующих звезд (кнопка **Load telescope parameters**) – можно запускать уже в момент перенаведения телескопа.
4. `MODE:images`, выбрать требуемый фильтр.
5. Когда телескоп наведен по требуемым координатам – уточнить позиционный угол, произвести точную установку гидрирующих звезд на кресты.

6. Запустить автогид.
7. Запустить экспозицию.
8. Сменить фильтр (если требуется).
9. После того, как сняли по одной экспозиции в каждом фильтре, рекомендуется сделать небольшое смещение телескопа по X или Y на 20-40 рх.

7 Особенности наблюдений в режиме "длинная щель"

Перед началом наблюдательной ночи необходимо получить изображение щели, засвеченной лампой NEON (имя объекта задать – **slitpos**) и измерить положение центра щели при биннинге 2×2). Значение координаты щели (X_{slit}) – следует указать в настройках конфигурации (MODE:TEST \Rightarrow SET CONFIGURATION).

*Формула для расчета позиционного угла щели: $PA_{slit} = P2 - P_{table} + 312$
 Для установки требуемого позиционного угла лучше использовать специальное меню, см. главу 4.7. 4.7*

Режимы считывания ПЗС:

readout rate: **Normal** – для объектов, **Fast** – для калибровок.

binning: **1x2** – для спектров, **2x2** – для прямых снимков.

Рекомендуемая последовательность действий:

1. Ввод координат, наведение телескопа.
2. Разворот по позиционному углу.
3. Запуск программы поиска гидрирующих звезд (кнопка **Load telescope parameters**) – можно запускать уже в момент перенаведения телескопа. Поскольку программа поиска звезд рисует положение щели спектрографа на небе (а также направление атмосферной дисперсии), то можно заранее прикинуть – подходит ли требуемый позиционный угол и развернуть поворотный стол в более удобное положение.
4. MODE:images, установить фильтр для получение изображения объекта. Рекомендуется выбрать фильтр, близкий по длине волны к середине изучаемого спектрального диапазона, чтобы уменьшить влияние атмосферной дисперсии.
5. Когда телескоп наведен по требуемым координатам – уточнить позиционный угол, произвести точную установку гидрирующих звезд на кресты.
6. Запустить автогид.
7. Запустить экспозицию tar.
8. Установить объект на щель.
9. Перейти в режим MODE:Slit-spectra.
10. Кадры спектра сравнения (NEON).
11. Сделать требуемое число экспозиций объекта.

8 Особенности наблюдений со сканирующим ИФП

8.1 Предварительные установки

1. MODE:TEST \Rightarrow SET CONFIGURATION \Rightarrow IFP: выбрать ИФП из списка
2. MODE:IFP \Rightarrow IFP parameters. Проверить связь с контроллером, нажав кнопку IFP init в интерфейсе управления (рис. 18).
3. Проверить, что установлены фильтров для объектов и калибровки. Рекомендуемые фильтры для выделения линий калибровочной He-Ne-Ar лампы:

длина волны	фильтр
5015.68Å	IFP502
5080.08Å	IFP508
5145.31Å	IFP516
5187.75Å	IFP519
5221.27Å	AC5241
6598.95Å	AC6605, #80, #81
6678.15Å	AC6654, AC6684, AC6700
6717.04Å	AC6715, AC6730, AC6735
6752.83Å	AC6760
6871.29Å	AC6852

следует выбирать калибровочную линию наиболее близкую к длине волны на которой наблюдаем объект.

Для вызова программы подбора фильтров для наблюдений объекта и калибровок (рис. 19) нужно в меню управления экспозицией нажать кнопку **TOOLS** и выбрать опцию **IFP filters**. Далее ввести лучевую скорость или красное смещение, температуру в СПФ (достаточно точности 5 °С) и выбрать эмиссионную линию из списка (Line/wavelength). В правом окне будет отображен запрошенный спектральный диапазон, схематично тонкой черной линией отмечены линии в спектре объекта (на рис. 19 это H α и дублет [NII]), изучаемая линия дополнительно отмечается вертикальным красным пунктиром. Жирными цветными линиями будут показаны кривые пропускания рекомендуемых фильтров, внизу указана рекомендуемая длина волны сканирования и фильтры для калибровки шкалы длин волн.

8.2 Наблюдения

1. Установить параметры считывания объекта и калибровок (обычно работаем с полным полем, bin 4x4), gain=high. Однако, при экспозициях NEON и FLAT надо ставить gain=low (так как лампы очень яркие).
2. Нажать **REMOTE IFP**, в открывшемся меню (см рис. 18) установить требуемую длину волны сканирования (длина волны калибровочной линии, см. выше) и спектральный диапазон (то, что будет писаться в FITS-шапку: H β , [OIII], H α , [NII] или [SII]). Программа сама (в зависимости от названия установленного ИФП) выберет величину константы QG, порядок интерференции и число спектральных каналов.
3. Выбор типа сканирования (**Type of scanning**):

- Весь куб (All channels (Odd+Even)) – для OBJ, NEON и FLAT

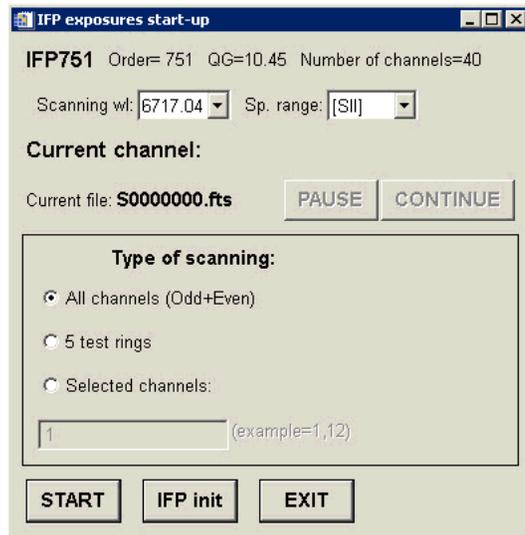


Рис. 18: Интерфейс управления сканирующим ИФП

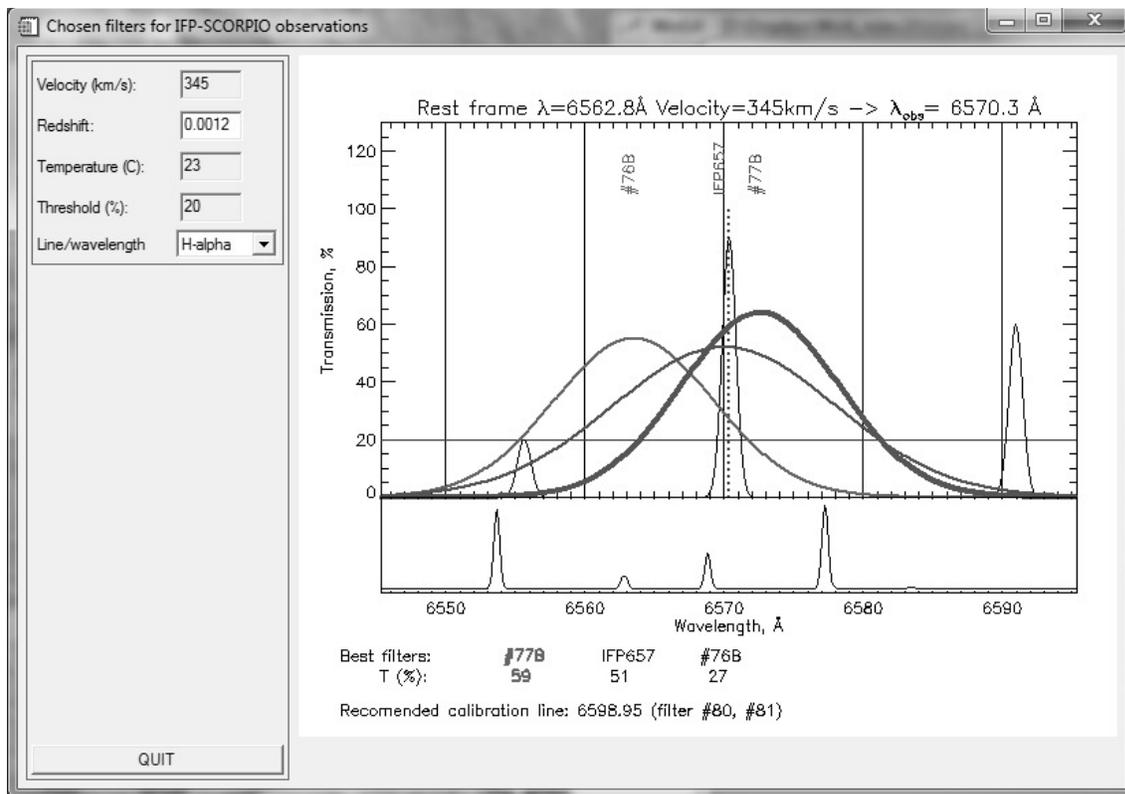


Рис. 19: Интерфейс программы выбора фильтров для наблюдений с ИФП

- Произвольные каналы (5 test rings) – контрольные накопления NEON
- Произвольные каналы (Selected channels) – выбор каналов через запятую (пересъем накоплений OBJ)

*Тип, номер и параметры текущей экспозиции задаются как обычно, в меню **Exposure control**. Однако для запуска накоплений с требуемым типом сканирования необходимо нажимать кнопку **START** в меню управления ИФП (**IFP exposures start-up**). Если же нажать аналогичную кнопку в общем меню **Exposure control** (frame properties), то сканирования производиться не будет, а запустится обычное накопление.*

4. Нажать **IFP init** – инициализация
5. По возможности, перед началом ночи произвести калибровку NEON (All channels) для всех тех длин волн сканирования, на которых предполагаются наблюдения. Калибровки FLAT в тех фильтрах, в которых предполагаются наблюдать можно снимать реже – раз в несколько дней, если настройка ИФП не меняется. Удобно снимать FLAT на следующий день, после наблюдений, когда ясно, какие фильтры актуальны.
6. После того, как установили объект в поле (следует помнить про блики относительно оптической оси!), запускаем кадр NEON в двух-трех каналах (в окне Selected channels, указать номер канала, например: 1, 15, 30). Эти экспозиции необходимы для контроля стабильности сканирования и положения центра колец. **Как правило, перенаведение телескопа приводит к расстройке ИФП – если калибровочные кольца необычно широкие – надо заново сделать инициализацию!**
7. Вводим фильтр для наблюдений объекта и в этот же куб записываем каналы OBJ (All channels).
8. Закончив экспозицию объекта, в этот же куб записываем несколько кадров NEON (для контроля стабильности ИФП). Type of scanning=5 test rings (Пять каналов, номера которых равномерно распределены в диапазоне сканирования)
9. После наблюдений – произвести калибровку NEON (All channels) для всех требуемых длин волн сканирования.
10. При необходимости – калибровки FLAT в тех фильтрах, в которых проводились наблюдения.

Во время наблюдений удобно пользоваться режимом IFP в программе анализа PSF (подробнее см. главу 4.8.3)

Для остановки цикла сканирования достаточно нажать кнопку **STOP** в меню **Exposure control**. При этом сразу прерывается текущее накопление. Альтернативный вариант – можно нажать кнопку **PAUSE** в меню управления ИФП (**IFP exposures start-up**). В этом случае текущая экспозиция не прерывается, но после нее сканирование останавливается и может быть запущено вновь (с того же номера канала ИФП) нажатием кнопки **CONTINUE**. Во время паузы можно производить любые действия с программой управления (тестовые экспозиции, изменять конфигурацию прибора и т.д.), но нельзя закрывать окно **IFP exposures start-up**, поскольку его повторный вызов обнуляет счетчик каналов. Возможность сделать паузу удобна в том случае, если наблюдатель хочет проверить фокусировку телескопа, а потом продолжить сканирование.

9 Особенности поляриметрических наблюдений

Все поляриметрические программы, реализуемые с прибором SCORPIO-2, можно классифицировать следующим образом.

1. Поляриметрия изображений:
 - с дихроичным поляроидом;
 - с призмой Волластона;
 - с двойной призмой Волластона;
2. спектрополяриметрия:
 - с призмой Волластона;
 - с двойной призмой Волластона.

9.1 Выставление режима

Выставление режима наблюдений происходит в меню управления экспозициями и платформой-адаптером (рис. 14). Для перехода в режима поляриметрии среди вкладок меню необходимо выбрать "Polarization". Далее в зависимости от типа задачи переключателем на центральной панели слева выбирается либо режим спектрополяриметрии ("Spectra"), либо режим поляриметрии изображений ("Images"). Как видно на рис. 14, при поляриметрии изображений половина из раскрывающихся меню становится недоступной.

1. Поляриметрия изображений.
 - В меню выбора анализатора (WOLL) в раскрывающемся меню доступны три позиции: дихроичный поляроид (Polaroid), призма Волластона (WOLL_1) и двойная призма Волластона (WOLL_2).
 - Если режим работы предполагает использование модулятора, в раскрывающемся меню Plate можно выбрать полуволновую ($\lambda/2$) или четвертьволновую ($\lambda/4$) пластину. Если модулирующая пластина не нужна, в меню Plate ставится позиция none.
 - В меню выбора фильтра (Filter) выбирается один из доступных фильтров. В случае работы с одной из призм Волластона выставление в пучок фильтров из 3-ей турели невозможно! Если предполагается проводить наблюдения без фильтра, в меню выбирается hole.
2. Спектрополяриметрия.
 - В меню выбора решетки (Grism) в раскрывающемся меню необходимо выбрать одну из объемных фазовых голографических решеток.
 - Ширина щели выставляется в меню Slit.
 - При работе с призмами Волластона разводимые изображения (в обыкновенных и необыкновенных лучах) накладываются друг на друга. Чтобы избежать наложения, используются маски, ограничивающие поле зрения. Выбор маски производится с помощью меню Mask. Маска H_min используется при работе с WOLL_2, а H_mean – при работе с WOLL_1. Также в меню Mask можно выбрать один из двух вариантов точечных масок 3dots (трехточечный тест, используется при работе с WOLL_2) и 5dots (пятиточечный тест, используется при работе с WOLL_1).

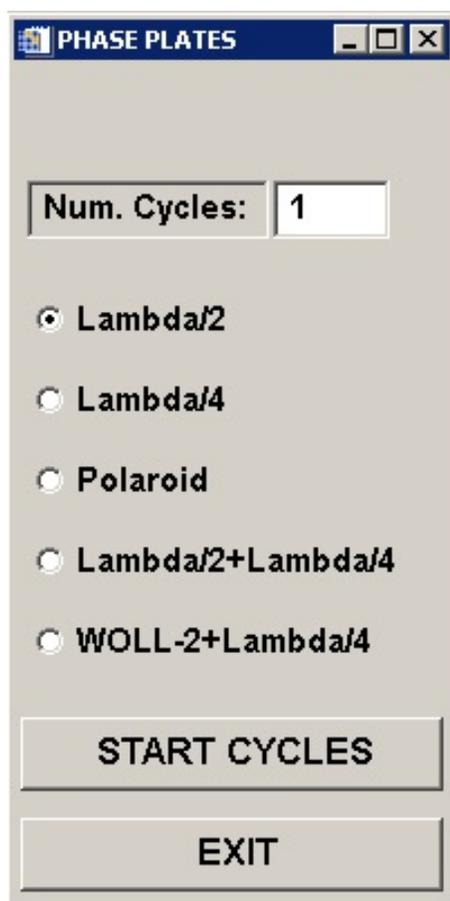


Рис. 20: Меню управления циклами вращения поляроида и модулирующих пластин.

- При работе с некоторыми решетками полезно использовать полосовые фильтры, отсекающие второй порядок решетки – LP525 для VPHG1026@735 или LP425 для VPHG940@600.
- Остальные пункты дублируются с режимом поляриметрии изображений.

*После заполнения всех доступных пунктов, обязательно нажмите кнопку **Go!**, иначе обложка не отреагирует на выбор элементов!*

В случае дихроичного поляроида и призмы Волластона в сочетании с модулирующей пластиной, наблюдения необходимо проводить в циклах, вращая анализатор/пластину. Это реализовано в дополнительном меню "Phase plate cycles". Меню доступно либо при нажатии кнопки с таким названием во вкладке Polarization (центральная панель на рис. 14, слева), либо при выборе пункта меню "Phase plate cycles" в меню Tools. В любом из вариантов появляется окно, представленное на рис. 20. В поле Num. Cycles задается необходимое количество циклов вращения, а с помощью переключателя выбирается нужный оптический элемент.

9.2 Работа в режиме поляриметрии изображений

Порядок работы в режиме поляриметрии изображений похож на работу в режиме прямых снимков. Ниже приведены особенности съемки калибровочных кадров.

1. В начале или в конце ночи снимаются кадры BIAS с такими же параметрами как и научные кадры (обычно binning 2×2, gain=high, rate=norm).

2. В начале или в конце ночи снимаются кадры FLAT. Для разных анализаторов кадры flat снимаются по-разному, однако существует общая рекомендация подбирать экспозицию так, чтобы по кадру накопление составляло порядка 10 000 ADU. Снимать калибровку flat достаточно один раз за ночь.

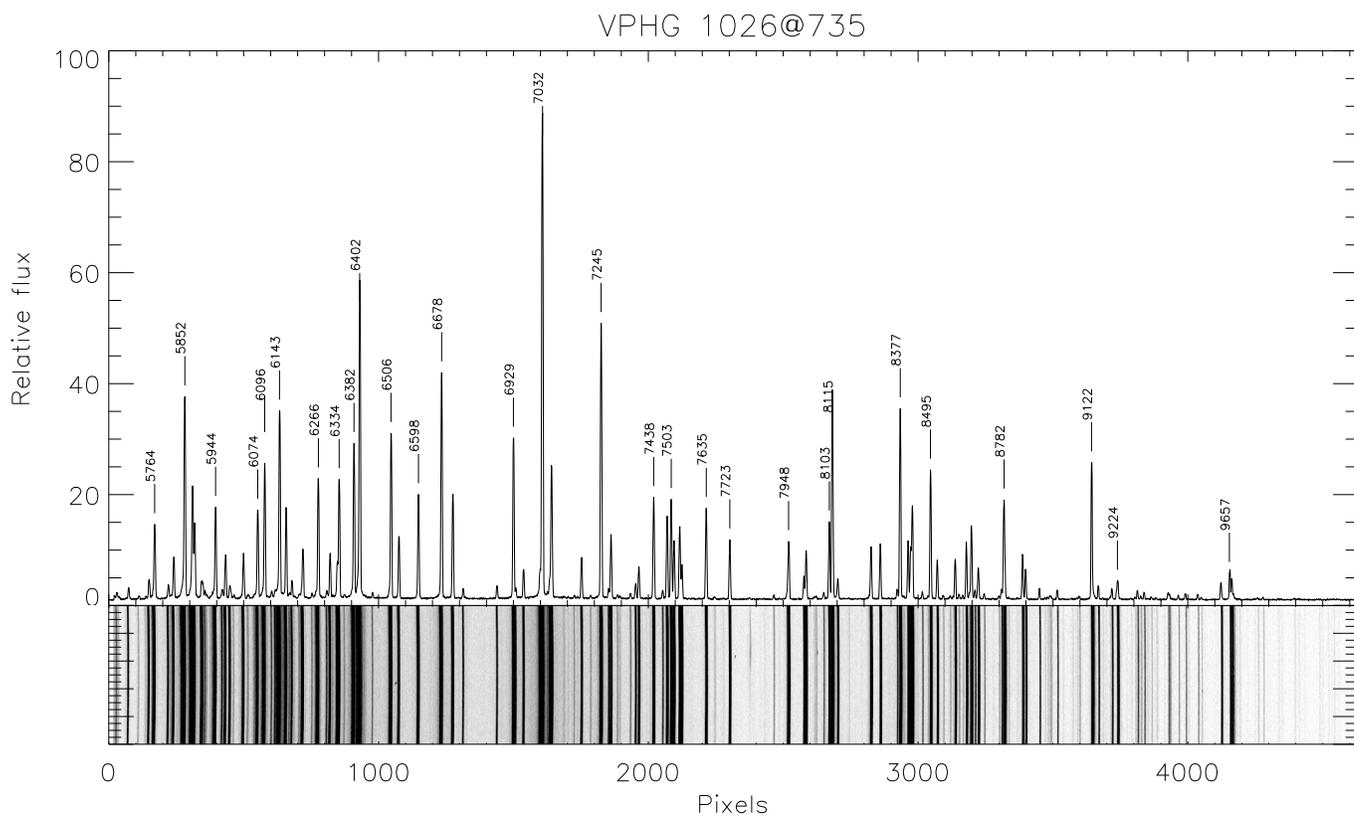
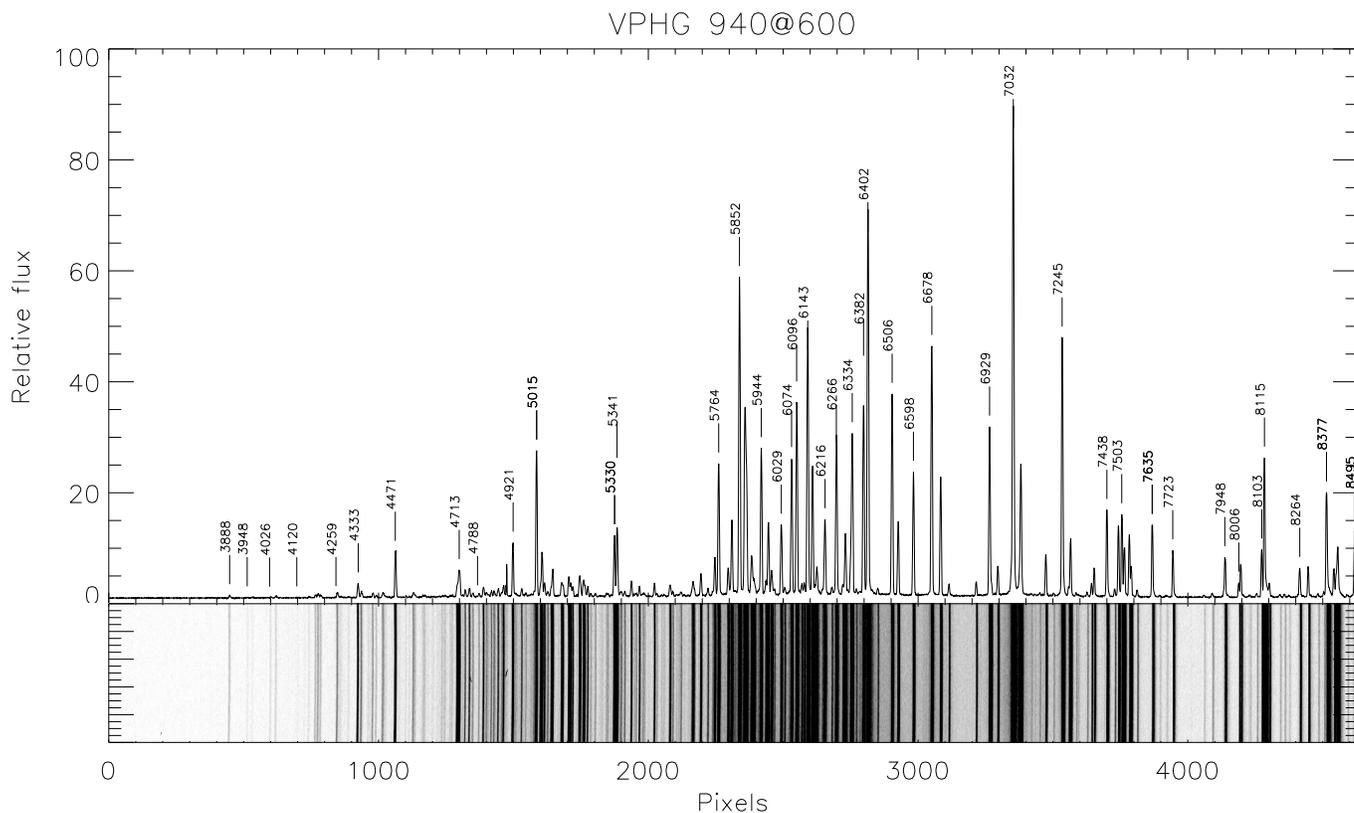
- Polaroid: засветка плоского поля производится с помощью калибровочной лампы NEON. Во вкладке Polarization выставляется тот же режим работы, что и для научных кадров. Выставляется тип кадров neon. Время оптимальной экспозиции сильно зависит от выбранного фильтра, но обычно составляет 10-30 секунд. После этого в меню Phase plate cycles задается 3-5 циклов.
- WOLL_1/WOLL_2: для съемки flat-кадров используется галогеновая лампа, устанавливаемая на спайдерах стакана первичного фокуса. Съемка кадров плоского поля проводится либо в сумерки (астрономические или навигационные), либо в темное время в непогодные ночи.
При подготовке к съемке кадров flat по освещенным крышкам зеркала необходимо позвонить оператору АСУ с тем, чтобы тот выключил свет в подкупольном помещении, закрыл крышки главного зеркала и открыл крышки стакана. Забрало при этом закрыто, положение телескопа не важно. С помощью управляемых розеток прибора (pfpower.sao.ru) включите лампу: Device Manager \Rightarrow Control \Rightarrow LAMP.
- Каждую ночь необходимо снимать стандарт нулевой поляризации и поляризованный стандарт в том же режиме, что и научные кадры.

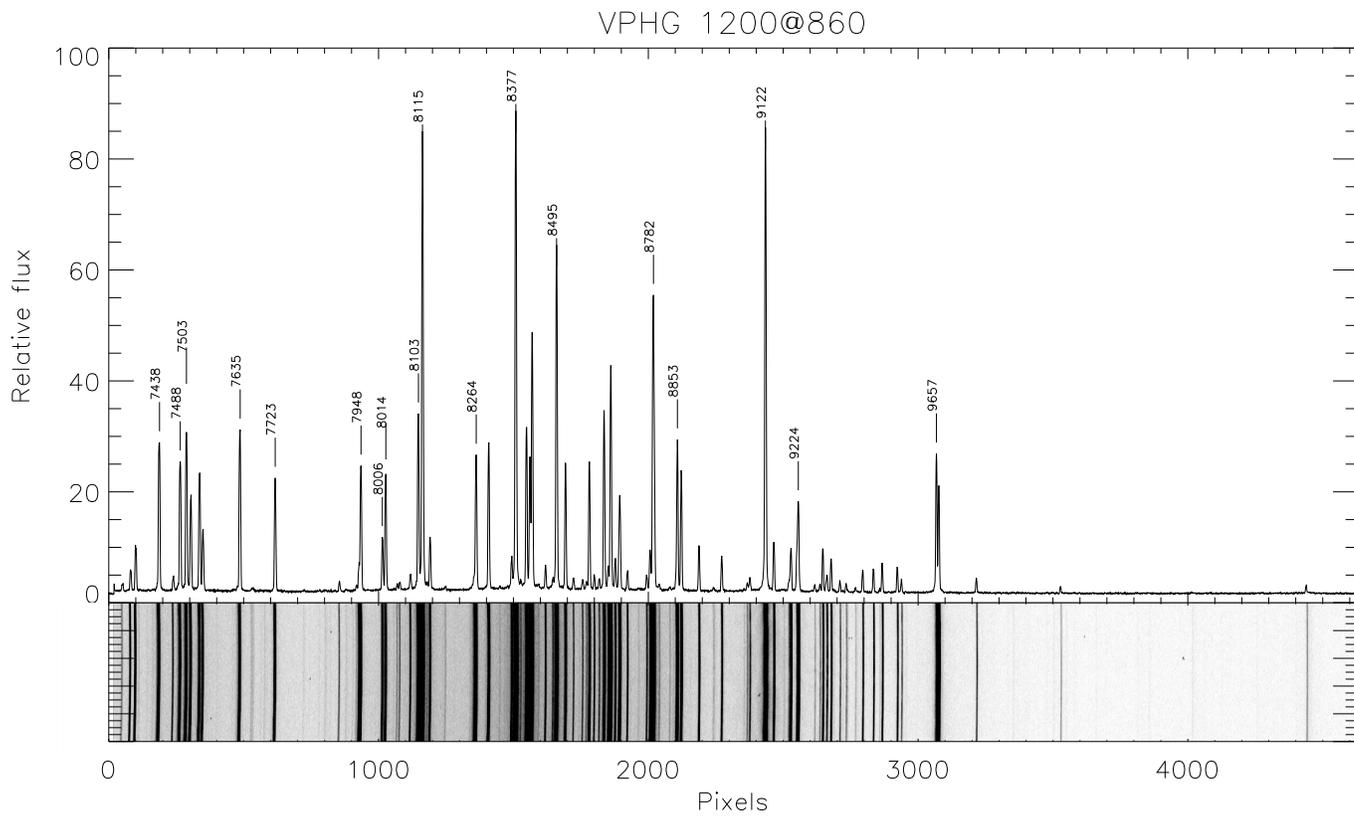
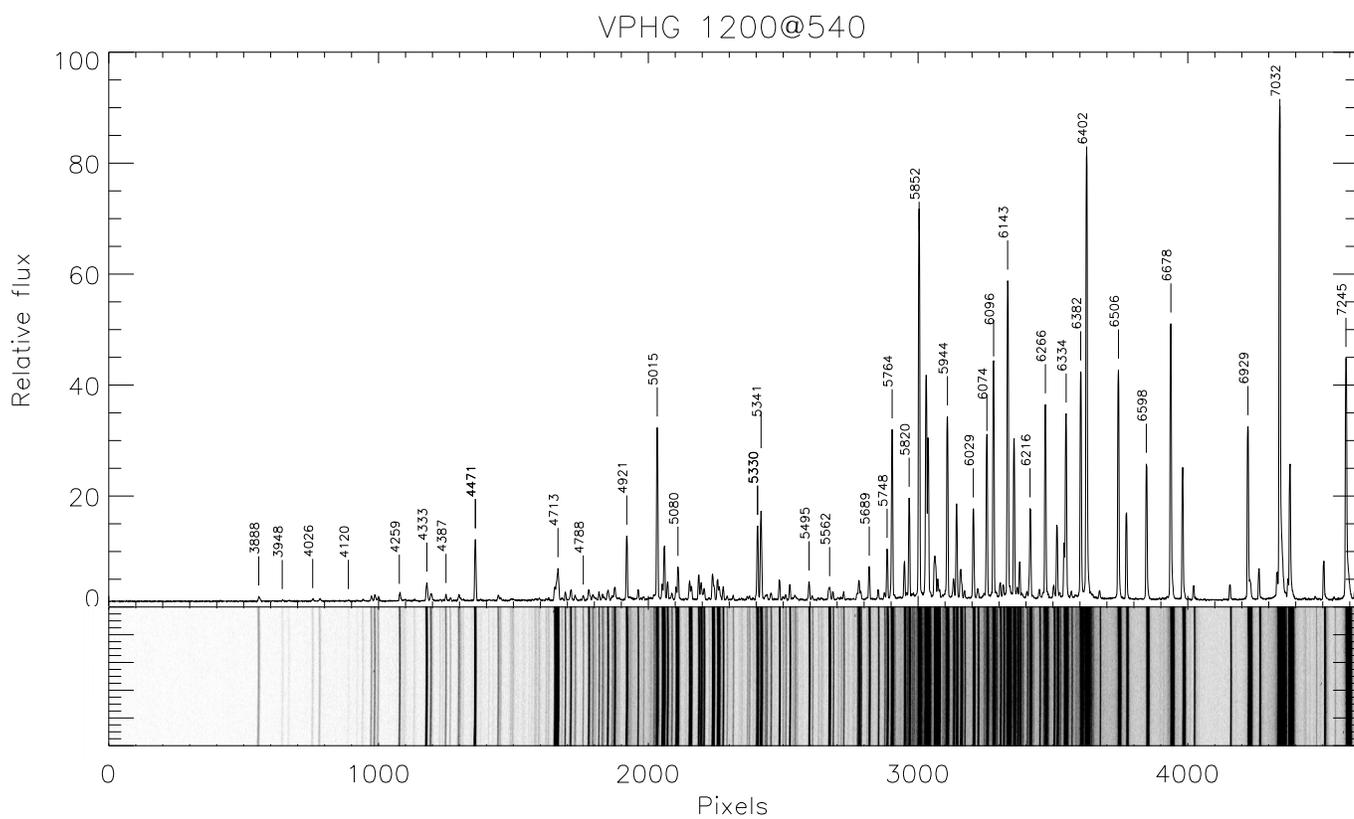
9.2.1 Работа в режиме с спектрополяриметрии

Порядок работы в режиме поляриметрии изображений похож на работу в режиме "длинная щель". Ниже приведены особенности съемки калибровочных кадров.

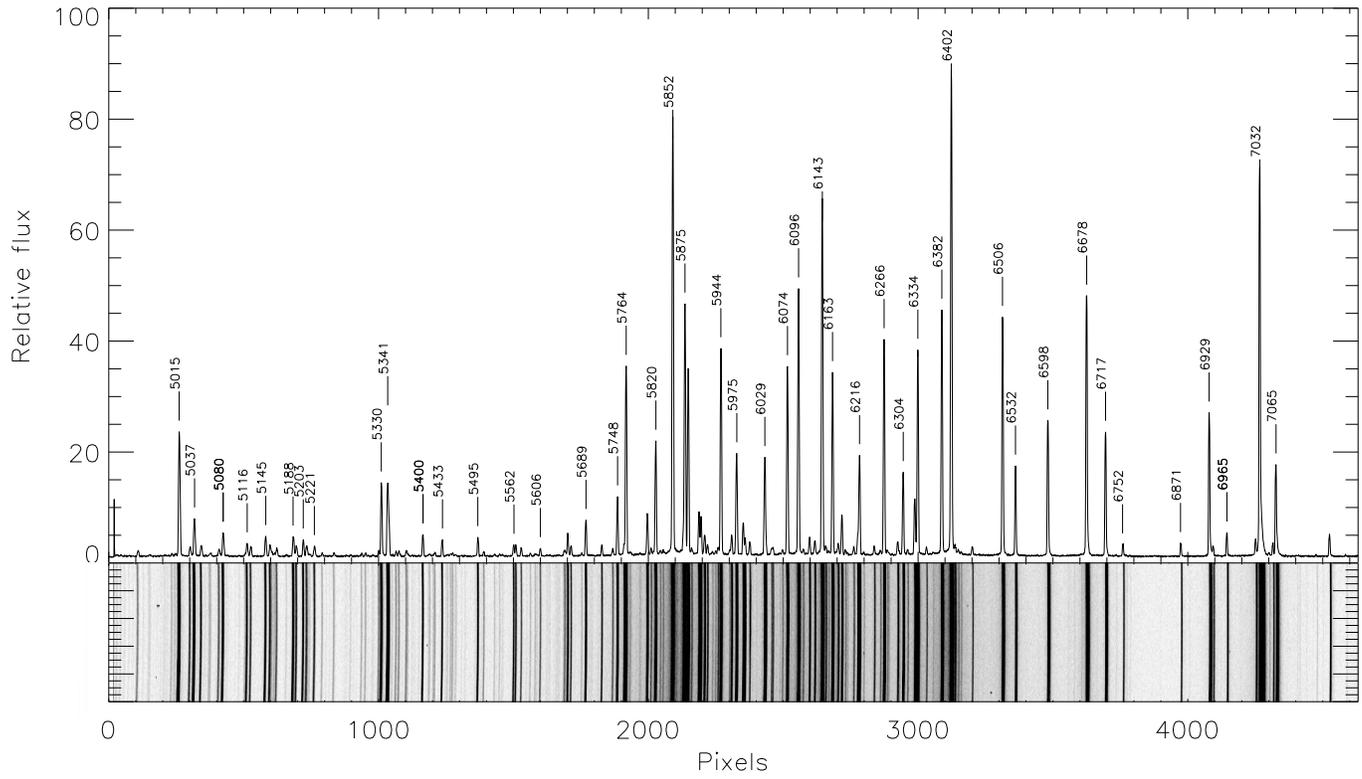
1. В начале или в конце ночи снимаются кадры BIAS с такими же параметрами как и научные кадры (обычно binning 2×4 или 2×1 , gain=high, rate=norm).
2. Каждую ночь необходимо снимать стандарт нулевой поляризации и поляризованный стандарт в том же режиме, что и научные кадры.
3. В кубе объекта и каждого из наблюдаемых стандартов должен содержаться полный набор калибровок в том же режиме:
 - NEON – время экспозиции зависит от решетки и бинирования, но обычно составляет 15-60 секунд;
 - FLAT;
 - DOTS – при работе с призмой WOLL_1 используется пятиточечный тест 5dots, а при работе с WOLL_2 – трехточечный 3dots. Для засветки при этом используется лампа flat.

A Атлас спектра сравнения лампы с He-Ne-Ar наполнением.

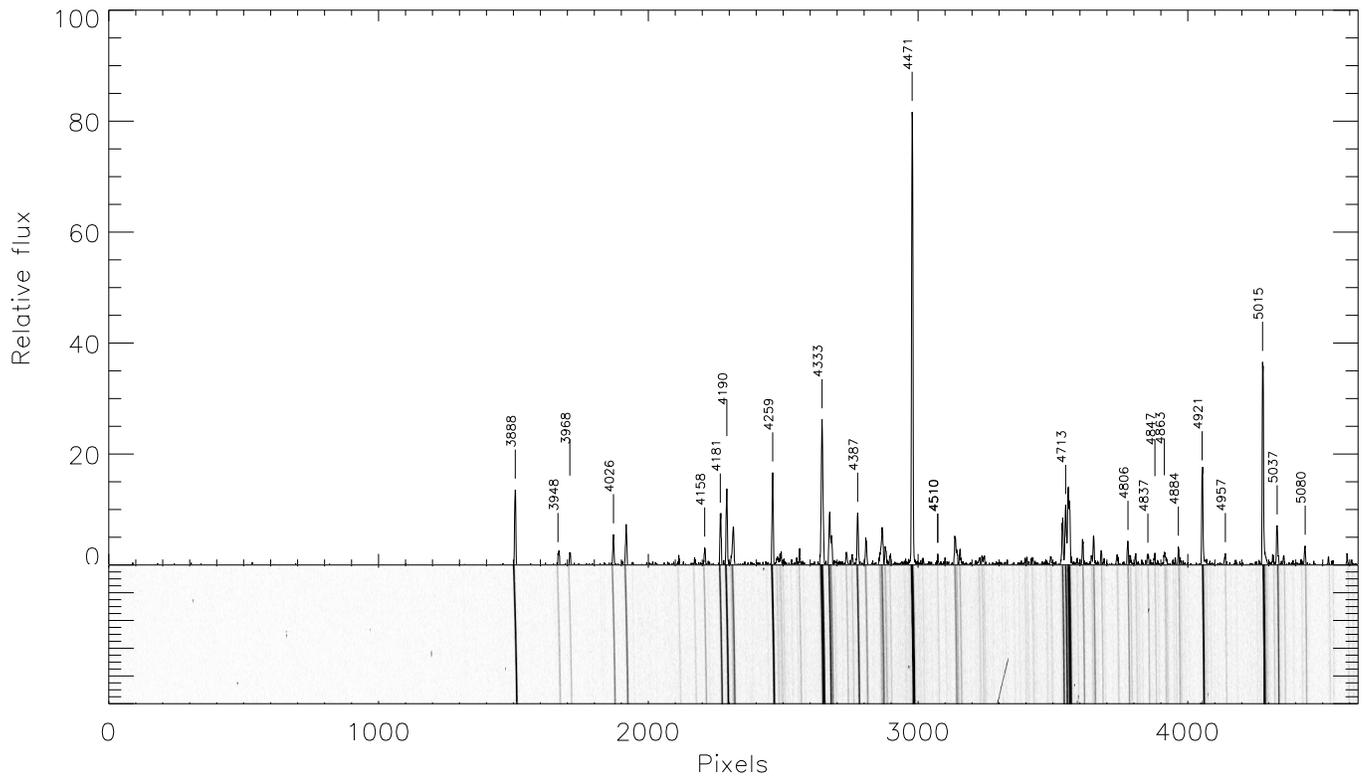




VPHG 1800@590



VPHG 2400@415



С Рекомендуемые времена калибровочных экспозиций в режиме спектроскопии с длинной щелью

Матрица E2V CCD42-90

ширина щели - 1''

BinX=1

BinY=2

gain=low

grism	t_{exp} (counts)		
	NEON	FLAT/QUARTZ	FLAT/LEDs
VPHG 940@600	50 сек (30 000)	5 сек (40 000)	20 сек (28 000)
VPHG 1026@735	45 сек (30 000)	5 сек (37 000)	35 сек (35 000)
VPHG 1200@540	70 сек (31 000)	5 сек (23 000)	35 сек (30 000)
VPHG 1200@860	120 сек (15 000)	15 сек (28 000)	30 сек (30 000)
VPHG 1800@590	90 сек (27 000)	15 сек (30 000)	60 сек (25 000)
VPHG 1800@660	45 сек (24 000)	10 сек (32 000)	70 сек (30 000)
VPHG 2400@415	180 сек (4 000)	60 сек (29 000)	180 сек (18 000)

D Пустые площадки (плоские поля) для калибровки фотометрических данных (Фатхуллин Т.А.)

Обозначение	$\alpha_{J2000.0}$	$\delta_{J2000.0}$	Р.А.	Комментарии
BF1	04 : 29 : 53.4	+54 : 16 : 10	0	звезды в поле
BF2	04 : 29 : 52.5	+24 : 28 : 08	0	звезд нет
BF3N	15 : 53 : 35.0	-04 : 35 : 56	0	звезда на краю
BF4S	15 : 53 : 30.5	-04 : 44 : 29	0	звезд нет
BF5	19 : 21 : 30.0	+12 : 28 : 51	0	звезды в поле
BF6	19 : 26 : 26.5	+13 : 50 : 18	0	звезды в поле
BF7	23 : 56 : 50.4	+59 : 43 : 27	0	звезды в поле

Е Фотометрические стандарты (Фатхуллин Т.А.)

Для получения абсолютных звездных величин стандартная процедура калибровки требует наблюдений полей, содержащих фотометрические стандарты. Наиболее часто используемые стандарты приведены в работе Landolt, 1992, AJ, 104, 340 (карточки отождествления и координаты доступны, например, по адресу <http://www.la.eso.org/lasilla/Telescopes/2p2T/Landolt/>). Кроме того, можно рекомендовать использовать поля стандартов, измеренных Питером Стетсоном (Stetson, 2000, PASP, 112, 925). Карточки отождествления и координаты полей Стетсона доступны по адресу <http://www2.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/community/STETSON/standards/>. В случае наблюдений поля, имеющего пересечение с обзором SDSS, для относительной привязки можно рекомендовать использовать уравнения перехода от SDSS фотометрической системы к Джонсона-Крона-Коузиса. Несколько вариантов таких уравнений (и ссылки на соответствующие работы) можно получить по адресу <http://www.sdss.org/dr6/algorithms/sdssUBVRITransform.html>.

F Список рекомендуемых спектрофотометрических стандартов

Star Name	RA (2000) h m s	Dec d ' ''	V mag.	Spec type	Spectral coverage(mkm)	File Name
G158-100	00 33 54.32	-12 07 57.1	14.89	dG-K	0.32-0.92	g158_100
GD50	03 48 50.06	-00 58 30.4	14.06	DA2	0.11-0.92	gd50
SA95-42	03 53 43.67	-00 04 33.0	15.61	DA	0.11-0.92	sa95_42
HZ4	03 55 21.70	+09 47 18.7	14.52	DA4	0.11-0.92	hz4
LB227	04 09 28.76	+17 07 54.4	15.34	DA4	0.32-0.92	lb227
HZ2	04 12 43.51	+11 51 50.4	13.86	DA3	0.11-0.92	hz2
GD71	05 52 27.51	+15 53 16.6	13.03	DA1	0.00-3.00	gd71
G191-B2B	05 05 30.62	+52 49 54.0	11.78	DA1	0.00-3.00	g191b2b
HILT600	06 45 13.33	+02 08 14.1	10.44	B1	0.33-1.04	hilt600
G193-74	07 53 27.40	+52 29 35.7	15.70	DA0	0.33-0.92	g193_74
BD+75d325	08 10 49.31	+74 57 57.5	9.54	O5p	0.11-0.92	bd75d325
AGK+81d266	09 21 19.06	+81 43 28.6	11.92	sd0	0.10-0.92	agk81d266
GD108	10 00 47.33	-07 33 31.2	13.56	sdB	0.11-0.92	gd108
Feige34	10 39 36.71	+43 06 10.1	11.18	D0	0.11-0.92	feige34
Feige56	12 06 39.7	+11 40 39	11.06	B5p	0.33-1.01	feige56
HZ21	12 13 56.42	+32 56 30.8	14.68	D02	0.11-0.92	hz21
Feige66	12 37 23.55	+25 04 00.3	10.50	sd0	0.11-0.92	feige66
Feige67	12 41 51.83	+17 31 20.5	11.81	sd0	0.11-0.92	feige67
GD153	12 57 02.37	+22 01 56.0	13.35	DA1	0.00-3.00	gd153
G60-54	13 00 09.53	+03 28 55.7	15.81	DC	0.32-0.92	g60_54
HZ43	13 16 21.99	+29 05 57.0	12.91	DA1	0.00-3.00	hz43
HZ44	13 23 35.37	+36 08 00.0	11.66	sd0	0.11-0.92	hz44
GRW+70d5824	13 38 51.77	+70 17 08.5	12.77	DA3	0.11-0.92	grw70d5824
BD+33d2642	15 51 59.86	+32 56 54.8	10.81	B2IV	0.11-0.92	bd33d2642
G138-31	16 27 53.59	+09 12 24.5	16.14	DC	0.32-0.92	g138_31
G24-9	20 13 56.05	+06 42 55.2	15.72	DC	0.32-0.92	g24_9
LDS749B	21 32 15.75	+00 15 13.6	14.67	DB4	0.11-0.92	lsd749b
G93-48	21 52 25.33	+02 23 24.3	12.74	DA3	0.11-0.92	g93_48
BD+25d4655	21 59 42.02	+26 25 58.1	9.76	0	0.33-0.92	bd25d4655
Feige110	23 19 58.39	-05 09 55.8	11.82	D0p	0.33-1.00	feige110
GD248	23 26 06.69	+16 00 21.4	15.09	DC	0.32-0.92	gd248

G Возможные неисправности и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
В меню управления узлами спектрографа отсутствует индикация текущего положения турелей и подвижек.	Нет связи с прибором.	Проверить наличие электропитания на спектрографе (через удаленный доступ к розетке). Проверить, правильный ли СОМ-порт указан в конфигурационном файле.
При запуске экспозиций в окне CCDserver сообщения об ошибке (отсутствие питания или связи с контроллером) и/или не работает счетчик времени экспозиции.	Сбой контроллера ПЗС.	Нажать STOP (меню Exposure Control), далее - "Initialization CCD".
В накопленном файле все значения интенсивностей равны 100. Температура ПЗС (Tccd) более чем на 1 градус отличается от -130.	Сбой контроллера ПЗС.	Провести инициализацию контроллера кнопкой "Initialization CCD".
Программа поиска звезд показывает неправильные координаты телескопа. При фокусировке телескопа программа анализа изображений говорит что все значения фокуса одинаковые. В FITS-шапку записываются неправильные координаты и метеопараметры.	1) Сбой программы создания файла параметров телескопа bta_write на tb.sao.ru (перезагрузка сервера и т.п.) 2). Сбой сервере управления телескопом на rare.sao.ru	1) Кликнуть на иконку bta_write на рабочем столе lena.sao.ru ИЛИ Напрямую запустить пакет d:/scorpio.cfg/bta_write.bat ИЛИ перезагрузить компьютер lena. 2) Закрыть окно программы controlBTA (терминал с иконкой – фотографией БТА), заново запустить программу controlBTA кликнув на иконку на рабочем столе rare.sao.ru
"Вылетает" программа визуализации снятых экспозиций.	Программный сбой.	Кликнуть на иконку View_AP на рабочем столе LENA.

Н Комментарии наблюдателей