

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Методическое пособие по обучению базовым навыкам наблюдения  
на 6-м телескопе БТА с прибором SCORPIO-2

Опарин Д. В.

Направление подготовки: 03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Профиль подготовки: 01.03.02 АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ

п. Нижний Архыз, 2019

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Предварительные калибровки</b>	<b>4</b>
2.1	Интерфейс управления SCORPIO-2 . . . . .	4
2.1.1	Меню управления экспозициями (EXPOSURE CONTROL) . . . . .	6
2.1.2	Меню управления редуктором . . . . .	8
2.1.3	Меню управления платформой (REMOTE CONTROL OF ADAPTER) . . . . .	8
2.2	Обучение во время выполнения калибровок . . . . .	9
2.2.1	Съёмка bias . . . . .	9
2.2.2	Фокусировка коллиматора и определение положения щели. . . . .	10
<b>3</b>	<b>Открытие телескопа</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Наблюдения</b>	<b>17</b>
4.0.1	Фокусировка телескопа. . . . .	17
4.0.2	Точное наведение на объект. Гидирование телескопа . . . . .	18
	<b>Список литературы</b>	<b>21</b>

Пособие подготовлено в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования программы подготовки кадров высшей квалификации в САО РАН, Блока 2 Практики и рассчитано на 18 академических часов.

Данное пособие предназначено в помощь наблюдателям при обучении студентов-практикантов и аспирантов, не имеющих наблюдательного опыта (далее – обучаемые), начальным навыкам наблюдений в первичном фокусе 6-м телескопа БТА с многорежимным фокальным редуктором SCORPIO-2. Процесс подготовки разбит на несколько блоков и построен таким образом, чтобы обучаемый не только ознакомился с методикой наблюдений на данном приборе, но и мог принять непосредственное участие в проведении реальных наблюдений.

Пособие не является инструкцией по эксплуатации прибора SCORPIO-2 и применимо лишь в образовательных целях. Описание прибора расположено на сайте [https://www.sao.ru/hq/lfvo/devices/scorpio-2/manuals/Scorpio2\\_man2013\\_1.pdf](https://www.sao.ru/hq/lfvo/devices/scorpio-2/manuals/Scorpio2_man2013_1.pdf)

## 1 Введение

Прибор SCORPIO-2 (Spectral Camera with Optical Reducer for Photometric and Interferometric Observations - 2) является спектральной камерой с оптическим редуктором фотометрических и интерферометрических наблюдений.

Многорежимный фокальный редуктор SCORPIO-2 позволяет проводить различные наблюдения протяженного и звездного объекта в первичном фокусе 6-м телескопа САО РАН в следующих режимах:

- Прямые изображения в фотометрических системах Джонсона-Казинса (UBVRI), SDSS (ugriz), а также в узкополосных фильтрах
- Длиннощелевая спектроскопия
- Длиннощелевая спектрополяриметрия
- Широкополосная поляриметрия

- 3D-спектроскопия со сканирующим интерферометром Фабри-Перо
- 3D-спектроскопия с блоком интегрального поля (IFU)

## 2 Предварительные калибровки

В ходе наблюдений со SCORPIO-2 первое занятие по подготовке нового наблюдателя целесообразно проводить во время предварительных калибровок за 2-3 часа до заката. Этого времени достаточно, чтобы подготовиться к наблюдениям, сняв необходимый набор калибровок и устранив возможные неполадки, и в то же время ознакомить обучаемого с интерфейсом управления прибором, режимами наблюдений и требуемыми калибровками.

### 2.1 Интерфейс управления SCORPIO-2

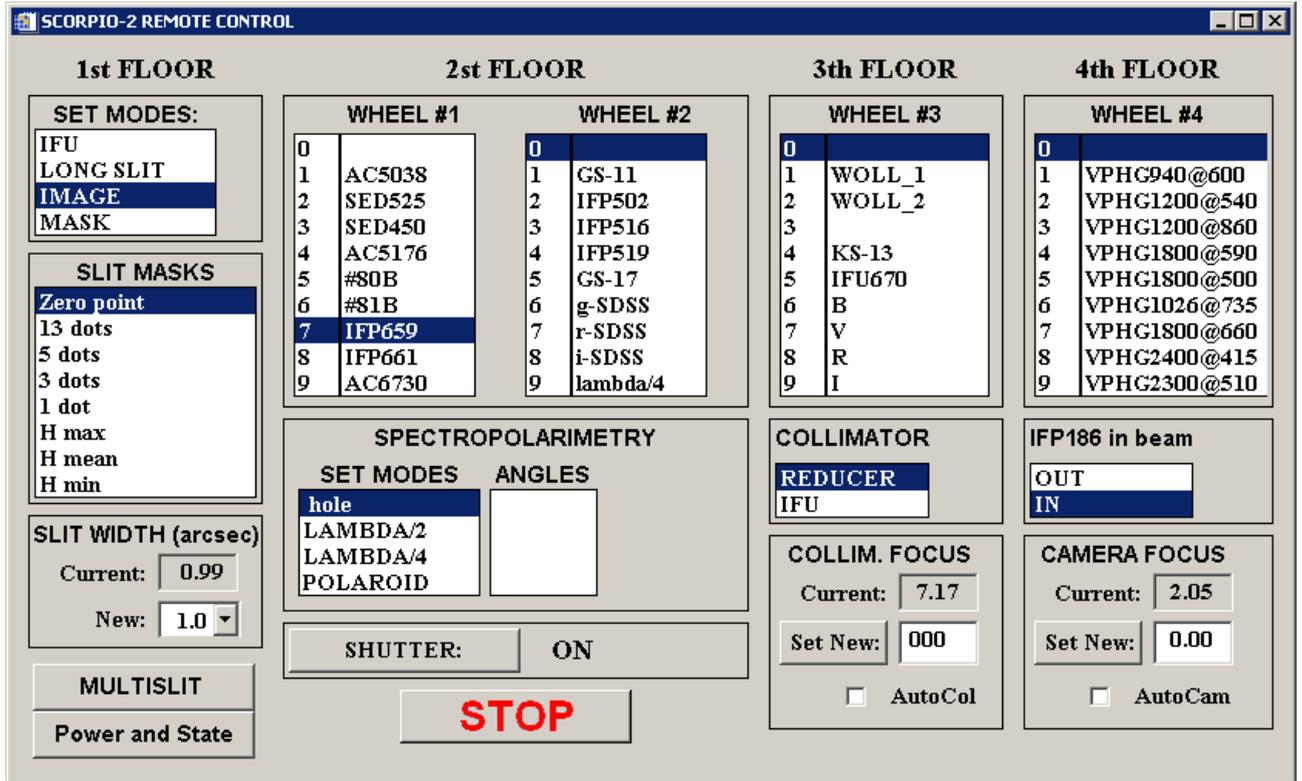
Управление SCORPIO-2 осуществляется через два промышленных компьютера, установленных в стакане первичного фокуса БТА: **LENA-2** (компьютер, с которого осуществляется собственно управление прибором) и **RARE-2** (компьютер для управления гидированием). Удалённый доступ из комнаты удалённых наблюдений осуществляется через windows-компьютеры с помощью программы Netop Remote Control.

Для начала работы нужно выбрать на рабочем столе на компьютере LENA-2 иконку **SCORPIO-2 CCD & Adapter**. Она запускает меню управления экспозициями и платформой-адаптером, меню управления узлами спектрографа (т.н. «инженерное меню»), а так же подключает сервер управления ПЗС **CCDserv**.

Знакомство обучаемого с интерфейсом управления стоит начинать с инженерного меню (рисунок 1), поскольку его конфигурация довольно точно повторяет конструкцию прибора:

- Этаж 1. Каретка элементов в фокальной плоскости на 4 положения: блок увеличителей IFU, длинная щель переменной ширины, свободное отверстие для изображений, многощелевая маска. Ширина щели меняется в пределах 0.5-7".
- Этаж 2. Две турели светофильтров. Каретка вращающихся поляризационных элементов: ( $\lambda/2$ ,  $\lambda/4$ , polaroid)

Рис. 1: Инженерное меню.



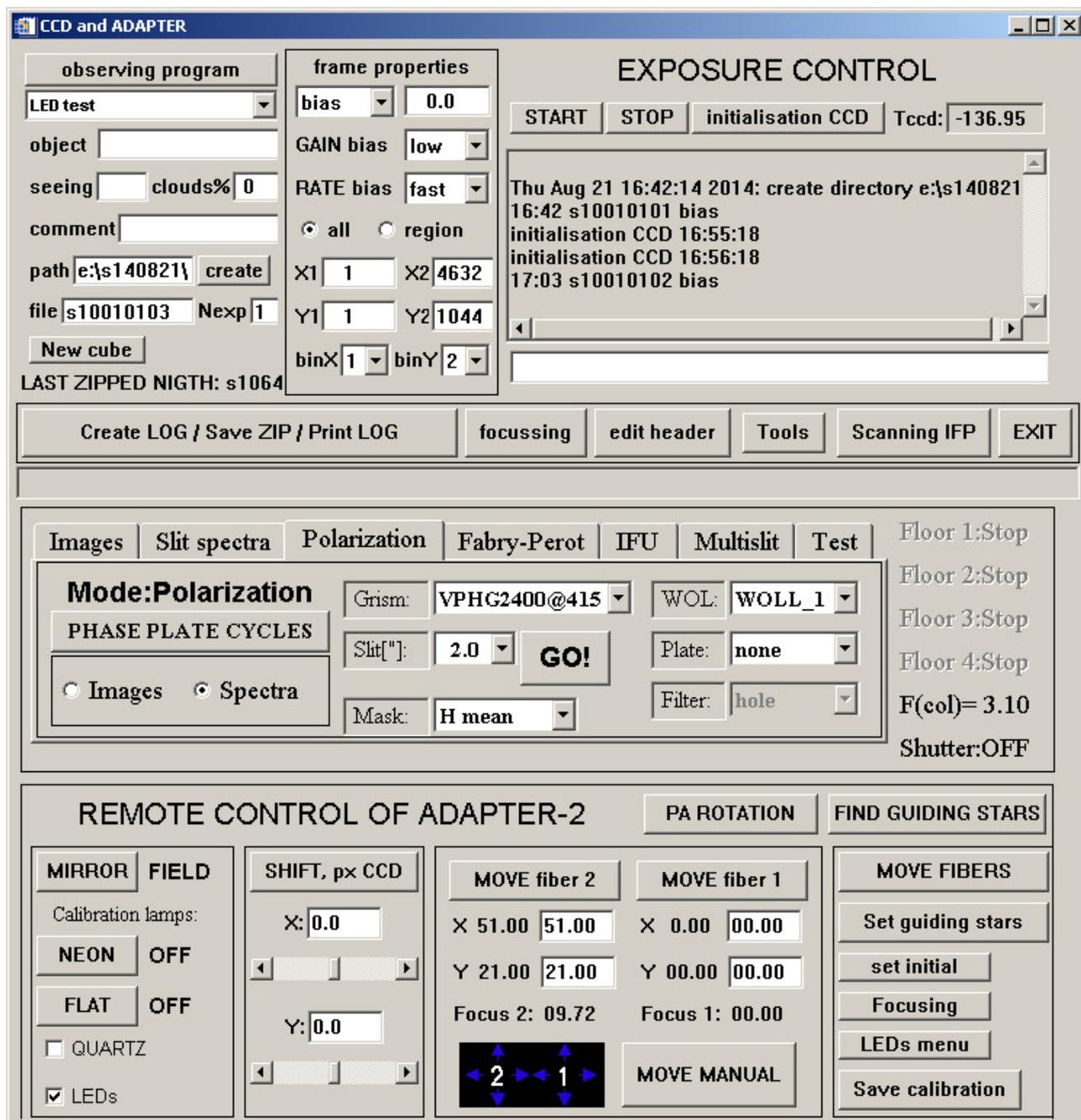
- Этаж 3. Каретка смены коллиматоров. Механизм фокусировки коллиматоров. Турель с призмами Волластона.
- Этаж 4. Турель с гризмами. Механизм ввода интерферометра Фабри-Перо. Механизм фокусировки камеры.

Рассказ об инженерном меню следует сопровождать ссылками на описание прибора [https://www.sao.ru/hq/lsfvo/devices/scorpio-2/index\\_rus.html](https://www.sao.ru/hq/lsfvo/devices/scorpio-2/index_rus.html).

Меню отображает актуальную конфигурацию прибора (фокус камеры, коллиматора, ширину щели, введённые в пучок элементы и т.п.) и позволяет вручную перемещать отдельные подвижные элементы.

Меню управления экспозициями и платформой-адаптером (рис. 2) состоит из трёх больших блоков: Меню управления экспозициями (**EXPOSURE CONTROL**), меню управления редуктором и меню управления платформой (**REMOTE CONTROL OF ADAPTER-2**).

Рис. 2: Меню управления экспозициями и платформой-адаптером



### 2.1.1 Меню управления экспозициями (EXPOSURE CONTROL)

Левая группа полей и кнопок:

**observing program** – меню для заполнения формы с названием наблюдательной программы и фамилией автора.

**object** – название объекта.

**seeing** – качество изображения.

**clouds** – облачность в процентах.

frame properties – в этом блоке задаются параметры экспозиции, такие, как:

**Тип экспозиции.** Обучаемому следует дать описание следующих

- bias – «кадр смещения».
- dark – «кадр темнового тока». При наблюдениях на SCORPIO-2 Обычно не используется, поскольку уровень темнового тока матрицы мал.
- neon – калибровка шкалы длин волн с помощью He-Ne-Ar лампы.
- flat – засветка «плоским полем» от лампы непрерывного спектра или набора светодиодов.
- map – съёмка объекта в режиме прямых снимков
- obj – съёмка объекта для большинства режимов наблюдения

**Длительность экспозиции** в секундах.

**GAIN** – уровень кванта преобразования ( $GAIN\ low=2.0e/ADU$ ,  $GAIN\ high=0.5e/ADU$ ).

**RATE** – скорость считывания.

**binX, binY** – биннинг по осям

**all** (полный кадр) или **region** (его прямоугольный фрагмент, задаваемый координатами **X1,X2,Y1,Y2**).

Правая группа полей и кнопок:

**START** – запуск экспозиции. Запускает серию экспозиций, если  $N_{exp} > 1$ . **STOP** – останавливает экспозицию.

**initialization CCD** – инициализация ПЗС. Используется при перезапуске сервера CCD или в случае сбоя матрицы.

**Tccd** – показывает температуру чипа ПЗС.

В окне под верхним рядом кнопок отображается автоматически заполняемый лог-файл.

Нижний ряд кнопок:

**Create LOG/Save ZIP/print LOG** – архивирует наблюдения за ночь, сохраняет их на внешние серверы и создаёт электронный журнал наблюдений.

**focussing** – служит для фокусировки коллиматора, камеры и телескопа.

**editheader** – позволяет редактировать fits-шапку.

**Tools** – вызов сервисных функций.

**Scanning IFP** – меню работы со сканирующим ИФП.

**EXIT** – выход из программы.

### 2.1.2 Меню управления редуктором

Меню управления редуктором представлено набором вкладок, позволяющим выбрать требуемый режим наблюдения. При переключении вкладок начинается перемещение подвижных элементов в положение, соответствующее последним наблюдениям в данной моде. Из всего набора представленных режимов наблюдений обучаемого на данном этапе целесообразно ознакомить со следующими:

**Test** – режим, используемый при калибровках и для записи конфигурации редуктора. При переключении в эту моду перемещения подвижных элементов не происходит.

**IMAGE** – режим прямых снимков.

**Slit spectra** – режим длиннощелевой спектроскопии.

Знакомство с другими режимами наблюдений следует проводить на более поздних этапах обучения (не рассматриваемых в данном пособии) и только в случае необходимости для дальнейшей работы.

На правой панели отображается статус механизмов на всех четырёх этажах (находятся ли они в движении), текущий фокус коллиматора и состояние затвора камеры.

### 2.1.3 Меню управления платформой (REMOTE CONTROL OF ADAPTER)

**MIRROR** - позволяет вручную перебрасывать зеркало в положение FIELD (зеркало перекрывает центральный пучок, перебрасывает изображение центра поля в пучок) и FIBERS (зеркало выведено из пучка, перебрасывает изображение со световодов на подсмотр). По умолчанию при съёмке калибровок в режимах neon, flat зеркало выставляется в положение FIELD, в случае съёмки объектов в режимах tar Или obj – в положение FIBERS

**NEON** и **FLAT** позволяют вручную управлять включением подсветки плоского поля и He-Ne-Ar лампой.

**QUARTZ** и **LEDS** позволяют выбрать лампу непрерывного спектра или набор светодиодов для засветки в режиме плоского поля.

Кнопка **Shift CCD** – управление смещением телескопа вдоль осей X и Y изображения. Смещения задаются в пикселях при указанном значении биннинга.

Кнопка **PA Rotation** – открывает меню для управления положением поворотного стола.

Кнопки **MOVE fiber 1**, **MOVE fiber 2**, **MOVE fibers** позволяют устанавливать положение гидировочных волокон по введённым координатам, **MOVE MANUAL** – перемещать их вручную, **set initial** – выставляет оба фибера на нулевое положение.

**FIND GUIDING STARS** позволяет вызвать программу поиска гидировочных звёзд.

Знакомить обучаемого с функциями остальных кнопок на данном этапе нецелесообразно.

## 2.2 Обучение во время выполнения калибровок

Набор калибровок, снимаемых днём, подбирается под программу наблюдений и может быть достаточно широк. При этом благодаря большому запасу времени и не критичности совершаемых наблюдателем-новичком ошибок калибровочные экспозиции имеет смысл использовать для первых занятий по освоению приёмов работы со SCORPIO-2. Для этой цели отлично подходят ежедневно снимаемые калибровки – такие, как съёмка bias и фокусировка коллиматора. В то же время более сложные или редко снимаемые калибровочные экспозиции (фокусировка камеры, калибровка ИФП и т.п.) на данном этапе для обучения использовать нецелесообразно.

### 2.2.1 Съёмка bias

Будучи наиболее простым и вместе с тем регулярно используемым видом калибровочных накоплений, bias отлично подходит для того, чтобы стать объектом для первых практических занятий обучаемого с прибором.

Следует дать обучаемому самому заполнить имя объекта, выбрать программу наблюдений, задать количество экспозиций (обычно 10-20). Обучаемого знакомят со структурой имени файла (s – номер ночи – номер куба – номер файла в кубе), а так же с принятой

схемой архивации ночей в целом.

Как правило, для наблюдений требуется несколько видов bias, снимаемых с различным биннингом, GAIN И RATE. Все виды bias следует позволить обучаемому снять самостоятельно. В результате он приобретает навыки личного взаимодействия с интерфейсом прибора и понимание принципов работы с панелью **Exposure Control**.

### 2.2.2 Фокусировка коллиматора и определение положения щели.

Так как оптические элементы (светофильтры, гризмы и т.п.), используемые в спектрографе, имеют различную толщину, им соответствуют различные смещения фокуса. Для SCORPIO-2 опорной является фокусировка в фильтре V системы Johnson-Cousins. Это значит, что поправки фокуса для других оптических элементов высчитываются относительно значения фокуса, при котором при введённом в пучок фильтре V фокальная плоскость коллиматора совпадает с положением щели.

Для фокусировки коллиматора снимается последовательность изображений щели с различными значениями фокуса, после чего программа выстраивает зависимость значения ширины щели от  $F_{coll}$  и аппроксимирует её гауссианой. Значение фокуса, при котором ширина щели минимальна, и есть лучший фокус.

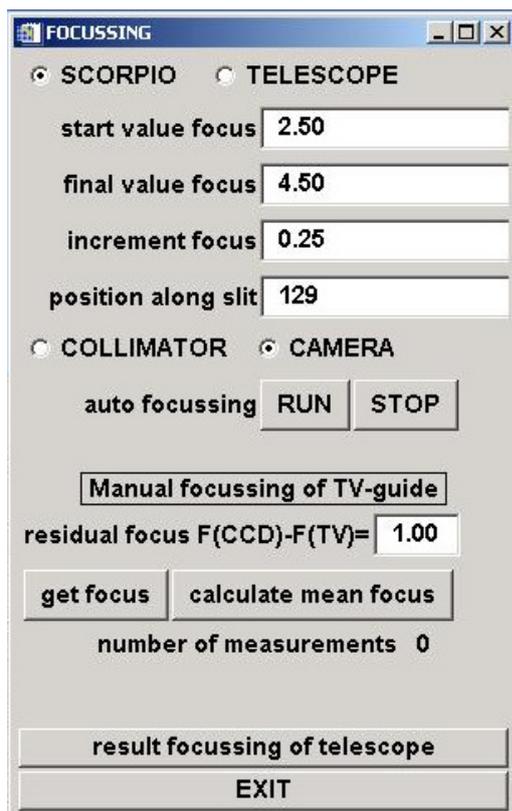
Рекомендуемая последовательность действий (выполняется обучаемым под руководством наблюдателя):

- Выбрать моду **Test – Slit position**. Нажатие данной кнопки выводит из пучка все оптические элементы, а каретка 1 этажа вводит длинную щель. В меню управления узлами спектрографа вручную ввести в пучок фильтр V. Рекомендуется выставить ширину щели 1".
- выставить тип экспозиции neon,  $T_{exp}=2$ ,  $binX=2$ ,  $binY=2$ . GAIN=low, RATE=fast.
- Нажать кнопку **focussing**, в появившемся меню **SCORPIO/Telescope** выбрать **SCORPIO**, в меню (рис. 3) **COLLIMATOR/Camera** выбрать **COLLIMATOR**. Выставить начальное, конечное значение фокуса и шаг. **position along slit** по умолчанию выставляется на уровне центра щели. Нажать **RUN**.
- Программа снимет серию экспозиций с заданными значениями фокуса, после чего

выведет фокусировочную кривую и значение лучшего фокуса в ps-файл (пример приведён на рис. 4). Значение лучшего фокуса нужно занести в параметры конфигурации прибора: **Set configuration** – Focus(coll).

Данные операции выполняются обучаемым под руководством наблюдателя. При наличии времени следует дать возможность повторить калибровку самостоятельно.

Рис. 3: Меню фокусировки

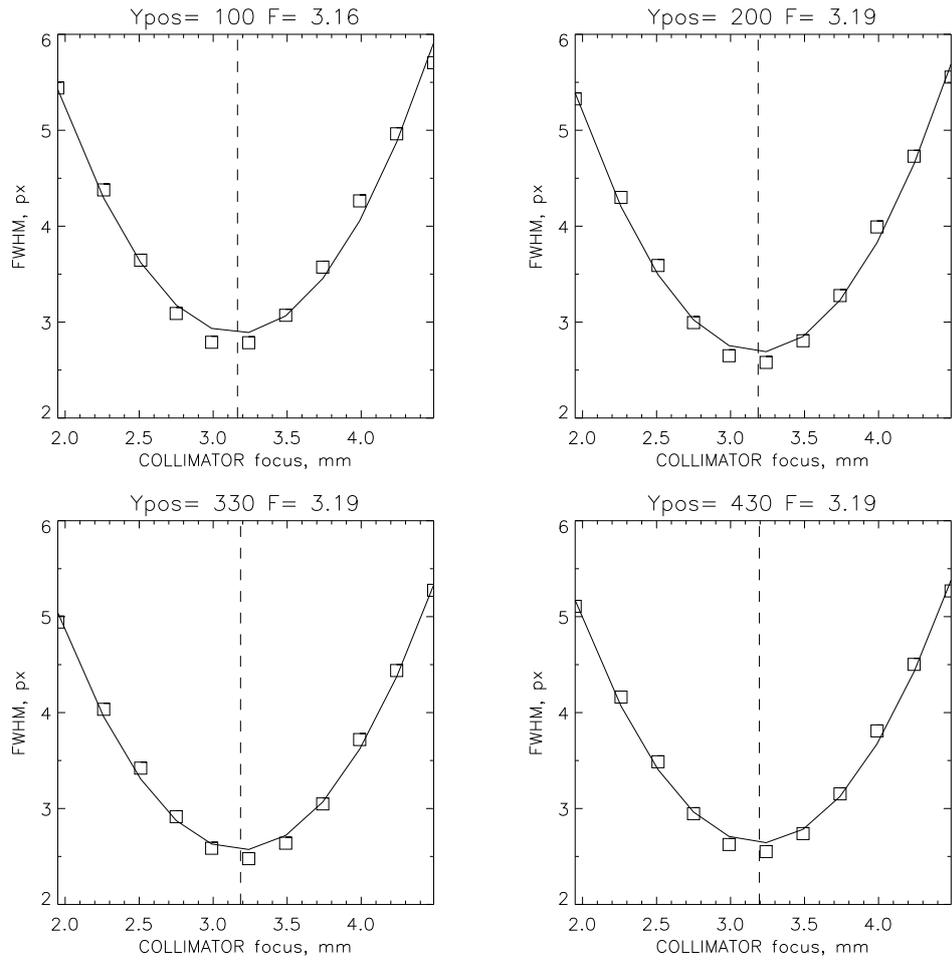


После этого следует снять калибровку положения щели, используемую в дальнейшем при обработке длиннощелевых наблюдений. Обучаемый должен самостоятельно заполнить поля **object** («slitpos») и **file**, после чего в моде **Test** нажать кнопку **Slitpos**, чтобы вывести из пучка фильтр V. Тип экспозиции неоп,  $T_{exp} = 1$  секунда,  $GAIN=low$ ,  $RATE=fast$ .  $binX=2$ ,  $binY=2$ . При этом ему поясняется, что в дальнейшем значение положения щели используется при наведении на объект во время наблюдений.

Координаты положения щели измеряются в приложении View Ap. Обучаемый вносит получившийся результат в конфигурационный файл.

По завершении урока обучаемый получает понимание работы с меню управления узлами SCORPIO-2, принципов фокусировки и способен помочь наблюдателю при подготовке

Рис. 4: Пример фокусирующей кривой



к наблюдениям. В дальнейшем следует поощрять проведение обуаемым этой части калибровок самостоятельно.

### 3 Открытие телескопа

Как правило, процесс открытия телескопа и первого наведения на объект занимает от 20 до 30 минут. Это время целесообразно потратить на ознакомление обучаемого с основами управления телескопом.

Из комнаты удалённых наблюдений управление телескопом осуществляется с Linux-компьютера с помощью следующих программ: **telescope** (служит для упрощения ввода координат объекта, рис. 5), **bta client** и **bta oper** (для управления механизмами телескопа и индикации его состояния, рис. 6). На данном этапе обучения рассматриваются только программы **telescope** и **bta oper**.

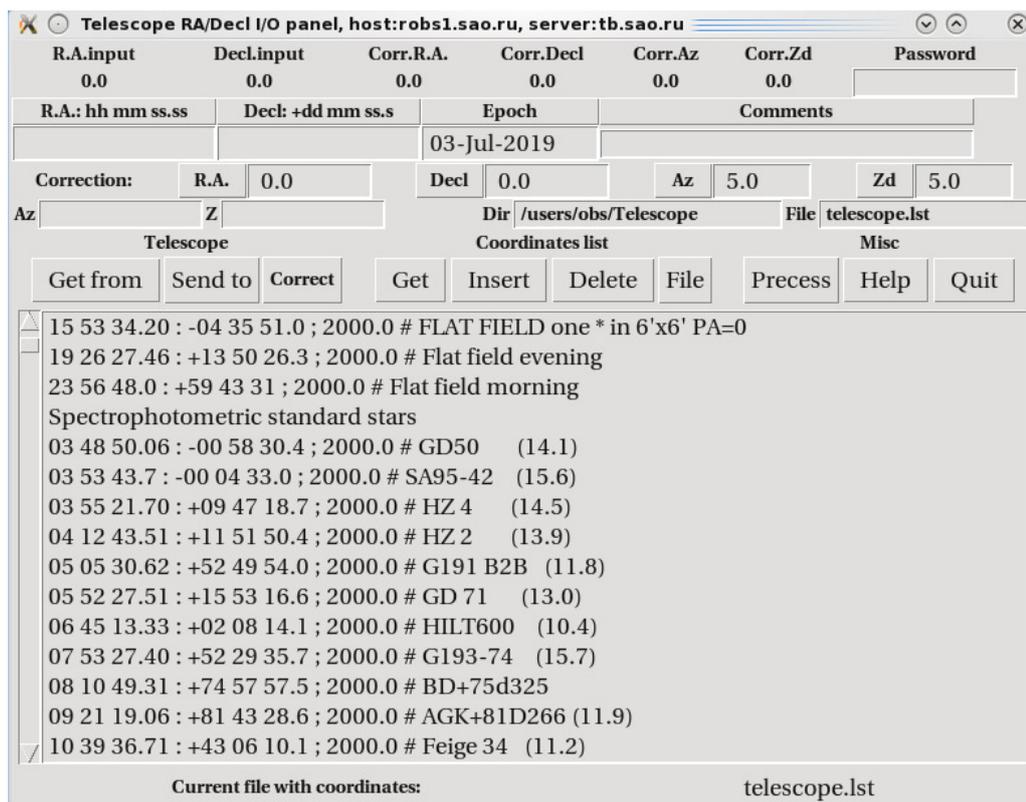
Программа **telescope** используется для ввода координат объекта из файла или с клавиатуры в интерфейс оператора телескопа. Инструкция по работе с программой расположена на сайте <https://www.sao.ru/tb/telescope/telescope.html>. На текущем этапе внимание обучаемого следует обратить на следующие элементы интерфейса:

- Поля координат **R.A.**, **Decl.** – склонение и прямое восхождение объекта. Вводятся в строго определённом формате. **Epoch** – эпоха, для которой актуальны координаты. **Comments** – комментарии. Здесь может быть указано как имя объекта, так и иная информация. Для корректной работы программы заполнять это поле не обязательно, однако оно облегчает работу со списком.
- Поля **Dir** и **File** – прописывают путь к файлу со списком объектов.
- Кнопки **Insert**, **Delete** и **FILE** используются при манипуляциях с объектами из списка.
- **Send to** – кнопка для отправки координат в программу **bta oper**

Интерфейс оператора БТА **bta oper** в комнате удалённых наблюдений запускается с пониженным уровнем доступа, однако полномочий наблюдателя хватает для управления телескопом в течение ночи. Для проведения операций для начала или окончания наблюдений требуется участие оператора телескопа.

Полное описание программы представлено на сайте [https://www.sao.ru/tb/bta\\_oper/node1.html](https://www.sao.ru/tb/bta_oper/node1.html), однако на данном этапе обучения стоит обратить внимание на следующие элементы интерфейса:

Рис. 5: Интерфейс программы telescope



- Кнопки управления движением телескопа: **Ф3** (наведение по введённым координатам), **Стоп** (остановка движения телескопа), **Пуск** (начало движения телескопа).
- Индикаторы положения телескопа – схематически отображают положение телескопа по азимуту (**A**), зенитному расстоянию (**Z**), ориентацию поворотного стола (**P2**).
- Индикатор значения фокуса телескопа - представлен в виде линейной шкалы с бегунком.
- Информация о текущих координатах  $\alpha$ ,  $\delta$ , название ближайшего концевика и оставшееся время движения до него.

Для удобства наблюдателя информация о состоянии телескопа, а так же погодных условиях дублируется на большие настенные экраны (рис. 7). Обучаемому следует разъяснить действующие ограничения на наблюдения по погодным условиям (такие, как скорость ветра, разница температур на улице и главного зеркала и т.п.)

После того, как обучающемуся разъяснены основные элементы интерфейса управления телескопом, следует позволить ему осуществить следующее наведение на объект. Для этого он должен:

Рис. 6: Интерфейс программы bta oper

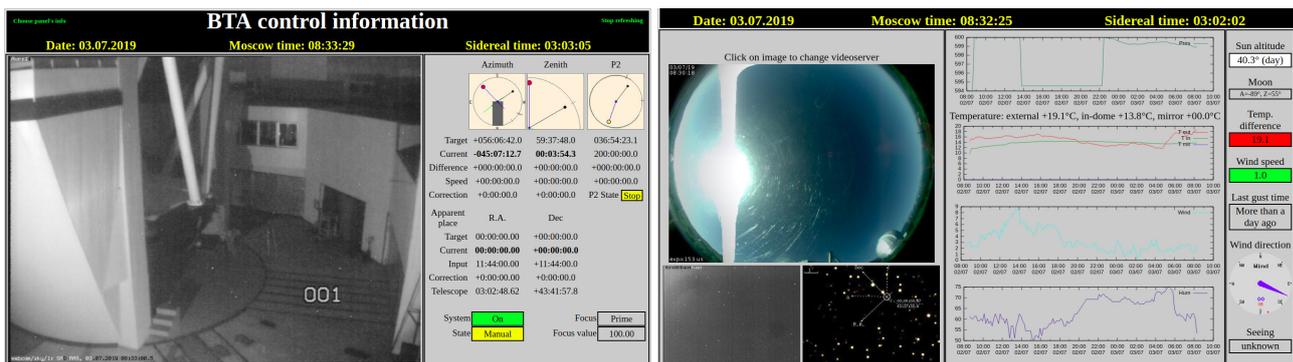
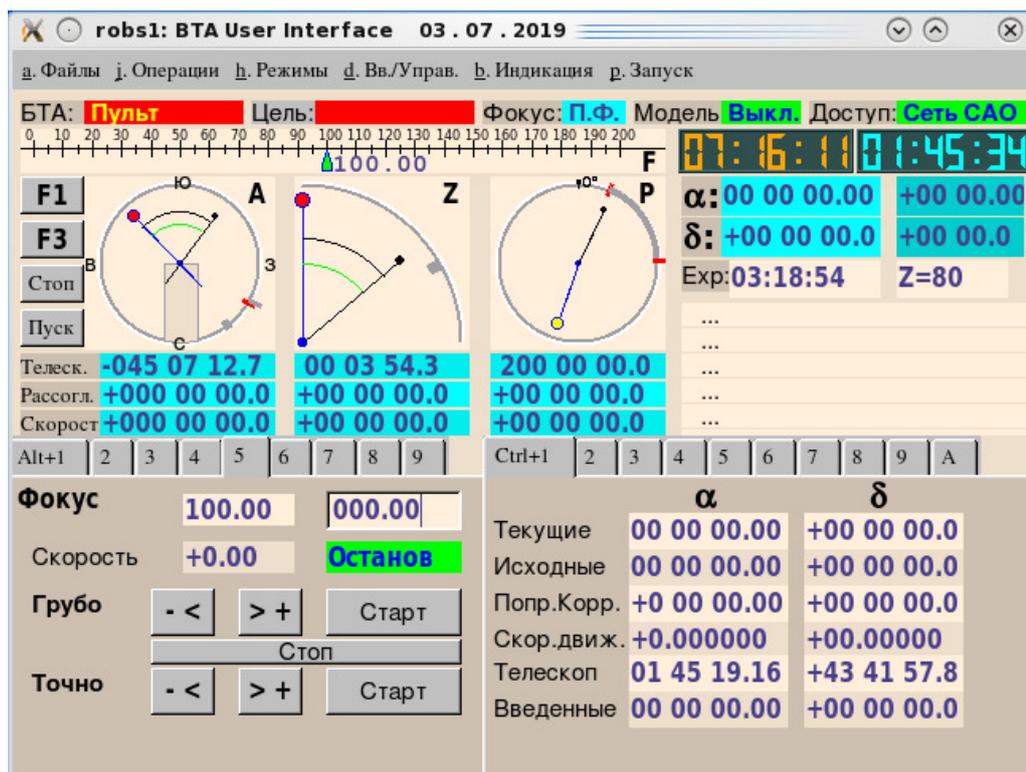


Рис. 7: Информационные панели

- В окне программы telescope заполнить в требуемом формате следующие поля: R.A., Decl, Epoch, в поле Comments для удобства ввести имя объекта. Если объект уже заведён в список, то просто выбрать его двойным кликом мыши.
- Отправить введённые координаты на телескоп, нажав **Sent to – Precess and send – Normal (without correction)**.
- Предлагаемое положение телескопа отобразится на индикаторах **A** и **Z** в программе **bta oper**. Остановить движение телескопа, нажав кнопку **Стоп**. Задать введённые координаты для перенаведения кнопкой **F3**. Отдать команду на перенаведение телескопа кнопкой **Пуск**.

По завершении урока обучаемый способен взять на себя функции по управлению наведением телескопа, позволяя наблюдателю сосредоточиться на объяснениях и работе с прибором.

## 4 Наблюдения

Обучение «при открытом забрале телескопа» затруднено тем, что наблюдатель параллельно занят непосредственно процессом наблюдений. Именно по этой причине желательно, чтобы к данному моменту обучаемый уже владел определёнными навыками работы с прибором.

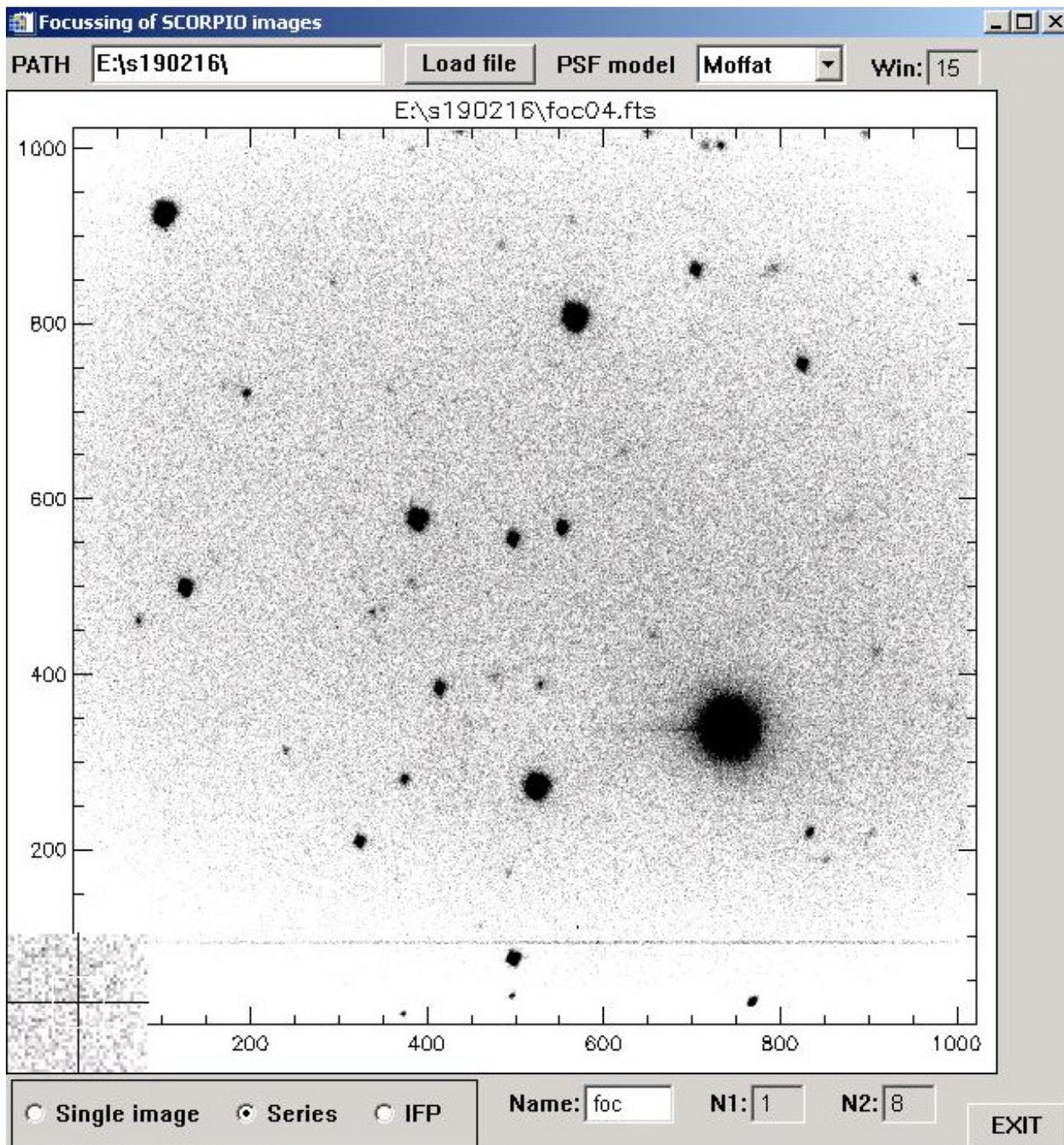
### 4.0.1 Фокусировка телескопа.

Принцип фокусировки телескопа заключается в последовательной съёмке звезды при различных значениях фокусного расстояния и аппроксимации получившейся зависимости FWHM от  $F_{tel}$  гауссианой. В целом данная операция во многом схожа с фокусировкой коллиматора.

Рекомендуемая последовательность действий (выполняется обучаемым под руководством педагога):

- навестись на звёздное поле или стандарт.
- Выбрать моду **Image**, выбрать фильтр
- выставить тип экспозиции **map**,  $T_{exp}=2$ ,  $binX=2$ ,  $binY=2$ .  $GAIN=low$ ,  $RATE=fast$ . Снять короткую экспозицию для проверки положения и оценки уровня сигнала.
- Нажать кнопку **focussing**, в появившемся меню **SCORPIO/Telescope** выбрать **Telescope**. Выставить начальное, конечное значение фокуса и шаг. . Нажать **RUN**.
- Программа снимет серию экспозиций с заданными значениями  $F_{tel}$  (обратите внимание обучаемого, как изменяется значение фокуса телескопа на индикаторах в клиенте программы **bta oper**), после чего автоматически запустит программу **PSF-focussing** (рис. 8 ).
- Выбрать режим **Series** (если не выбран по умолчанию). При нажатии на звезду откроется окно, показывающее изменение FWHM при смене фокуса телескопа. По нескольким звёздам выбрать лучшее значение фокуса, нажать **Set focus**. Программа автоматически выставит требуемое значение фокуса телескопа.

Рис. 8: PSF-focussing



#### 4.0.2 Точное наведение на объект. Гидрирование телескопа

При проведении длинных экспозиций на БТА в ведении телескопа могут накапливаться погрешности – объект может «съехать» в поле зрения на расстояние до 1". Это бывает связано как с особенностями альт-азимутальной монтировки телескопа (вращение поля зрения, что, например, бывает хорошо заметно на малых  $Z$ ), так и с погодными условия-

ми (ветер, дрожание атмосферы и т.п.). Потому в наблюдениях со SCORPIO-2 при длинных экспозициях применяется гидирование по звёздам поля. Рекомендуется осуществлять гидирование по двум опорным звёздам: по одной корректируется ведение монтировки телескопа, вторая служит для контроля вращения поля.

Программа поиска звёзд гидирования вызывается из меню управления платформой кнопкой **FIND GUIDING STARS**. Меню программы (рис. ??) представляет собой карту площадки неба радиусом 15' в текущих координатах телескопа, на которую по данным каталога USNO 2.0 нанесены звёзды ярче 20 величины. На карте отрисовано центральное поле зрения SCORPIO (6.1'x6.1'), а так же поля, в пределах которых могут перемещаться фиберы гидирования. Управление гидированием осуществляется с компьютера RARE-2 с помощью программы **TVGuide**.

По завершении экспозиций и требуемых калибровок следует позволить обучаемому задать координаты и выполнить операции по наведению телескопа на следующий объект наблюдений. Далее обучаемый под руководством наблюдателя должен навестись на объект наблюдения и запустить гидирование. Рекомендуемая последовательность действий:

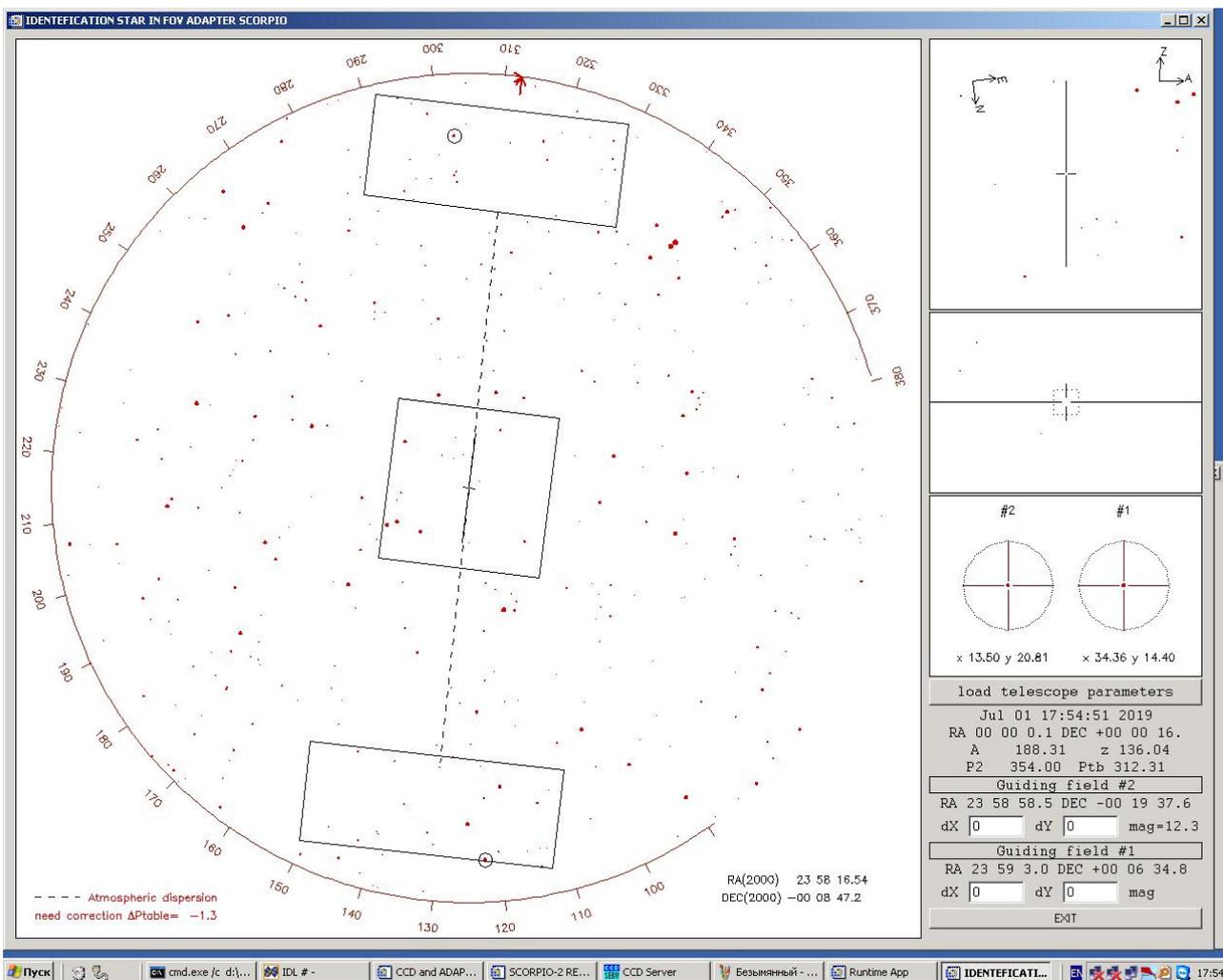
- Во время перенаведения в меню управления платформой открыть меню **PA rotation** и задать требуемый позиционный угол щели (если нужно). Переключиться в режим прямых снимков (**IMAGE**), выбрать фильтр (на усмотрение наблюдателя).
- По завершении наведения телескопа снять короткую (10-20 с) экспозицию. Используя меню **SHIFT CCD**, выставить объект в требуемое положение (например, на центр щели). Снять ещё одну экспозицию для контроля. При необходимости повторить несколько раз.
- Выбрать программу поиска опорных звёзд **FIND GUIDING STARS**, в появившемся окне в полях боковых подсмотров с помощью мышки выбрать подходящие звёзды. Закрыть программу.
- В правой группе кнопок меню управления платформой нажать **SET GUIDING STARS – MOVE FIBERS**.
- В программе управления гидированием **TVGuide** отождествить найденные звёзды. Выставить их в центр окошек подсмотра с помощью кнопок **MOVE MANUAL, MOVE**

## FIBER1, MOVE FIBER2.

- Запустить гидирование нажатием кнопки **START** на панели **GUIDING** программы управления гидированием.

Рекомендуется привлечь обучаемого к проведению данной процедуры несколько раз в течение ночи для закрепления навыка.

Рис. 9: Меню программы поиска гидировочных звёзд



По завершении урока обучаемый не становится квалифицированным наблюдателем, однако получает необходимую базу для последующего совершенствования своих навыков. Дальнейшее обучение целесообразно проводить, исходя из его конкретных научных интересов.

## Список литературы

- [1] Afanasiev V.L. Moiseev A.V. «Scorpio on the 6 m Telescope: Current State and Perspectives for Spectroscopy of Galactic and Extragalactic Objects», 2011, BaltA, 20, 363
- [2] Афанасьев В.Л., Моисеев А.В. «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕДУКТОР СВЕТОСИЛЫ 6-М ТЕЛЕСКОПА SCORPIO» 2005, ПАЖ, 31, № 3, 214
- [3] Моисеев А.В. «Описание прибора SCORPIO-2» 2012 [https://www.sao.ru/hq/lsfvo/devices/scorpio-2/manuals/Scorpio2\\_man2013\\_1.pdf](https://www.sao.ru/hq/lsfvo/devices/scorpio-2/manuals/Scorpio2_man2013_1.pdf)
- [4] Шергин В.«Описание программы ввода координат telescope» 1999[https://www.sao.ru/tb/bta\\_oper/node1.html](https://www.sao.ru/tb/bta_oper/node1.html)
- [5] В. Л. Афанасьев<sup>1</sup>, В. Р. Амирханян, А. В. Моисеев, Р. И. Уклеин, А. Е. Перепелицын «СИСТЕМА ГИДИРОВАНИЯ И КАЛИБРОВКИ SCORPIO-2 В ПЕРВИЧНОМ ФОКУСЕ 6-М ТЕЛЕСКОПА» 2017, Астрофизический Бюллетень, 72, № 4, 497