

# Несколько советов по работе с любительским телескопом Meade RCX400

В. Корнилов, Б. Сафонов

20 октября 2009 г.

## Введение

Известно, что небольшие, 25–30 см, телескопы любительского класса применяются при решении многих астрономических задач: исследование переменных звезд, поиск экзопланет, регистрация оптических гамма-всплесков. Очень часто такие инструменты используются в астроклиматических исследованиях.

Для исследований оптической турбулентности в месте установки 2.5 м телескопа ГАИШ был приобретен 30 см телескоп RCX400 фирмы Meade — прогрессивный представитель своего класса. Ниже мы хотели бы изложить несколько советов о том, как все-таки заставить такой телескоп функционировать в автоматическом режиме длительное время. Возможно, некоторые советы связаны со спецификой данного телескопа, другие носят более общий характер и могут быть применены в иной ситуации.

Мы эксплуатируем такой телескоп на высоте 2100 м над уровнем моря при температурах до  $-20^{\circ}\text{C}$  при влажности доходящей до 100% уже 2 года почти каждую ясную ночь. Несмотря на периодически возникающие проблемы, с этим телескопом проведено  $\approx 2000$  часов измерений оптической турбулентности в течение которых сделано более 2500 наведений.

Не будем описывать особенности устройства телескопа, их можно найти в руководстве пользователя и на разных сайтах. Подчеркнем лишь, что разработчики старались сделать удобный для эпизодических наблюдений инструмент. А телескоп для автоматической работы (без оперативного вмешательства оператора, только с периодическим удаленным контролем) все-таки устанавливается на длительное время и постоянно находится под управлением внешней машины.

Естественно, что многие заложенные функции (например, наличие GPS приемника) выглядят излишними и, наоборот, некоторых нужных функций не хватает. Однако мы не собираемся критиковать недостатки инструмента, а постараемся изложить наш опыт по их преодолению.

## 1 Установка телескопа и дополнительные мероприятия

Вилочная монтировка телескопа позволяет использовать его и в полярном, и в альт-азимутальном варианте. Если такая возможность есть — установите телескоп в экваториальной конфигурации. Тем самым вы значительно упростите себе задачи контроля поведения инструмента. Не надейтесь

на то, что программное обеспечение исправит ошибки установки монтировки телескопа. Отъюстируйте положение полярной оси со всей возможной тщательностью. Недостатком полярной установки является некоторая потеря жесткости из-за дополнительного экваториального клина под основание монтировки. Однако если это стационарная массивная конструкция, то ее влияние будет много меньше вибраций самой монтировки.

Если размеры укрытия позволяют использовать только установку в альт-азимутальной конфигурации, так же тщательно установите азимутальную ось строго вертикально. Для этого можно использовать накладной уровень. Наш инструмент установлен в альт-азимутальной конфигурации, внутри укрытия размерами 1.5 на 1.5 метра с крышей типа кабриолет из плотной палаточной ткани. На Рис. 1 (слева) хорошо видно, что используется только часть штатной треноги.



Рис. 1: Телескоп Meade RCX400 под куполом автоматического астроклиматического монитора ГАИШ. Слева: июль 2007 г, справа: март 2008 г

Как бы удачно ни складывалась ситуация, избежать возникновения проблем не удастся. Поэтому нужно тщательно продумать средства контроля и методы ликвидации нештатных ситуаций. Конечно, здесь речь идет не об аварийных случаях выхода из строя узлов телескопа, а о часто случающихся программных сбоях и их последствиях.

Плохо проведенные и неправильно закрепленные кабели от приемной аппаратуры также могут служить источником проблем, поэтому все они должны быть сведены в один жгут достаточной длины. Связывать кабели и провода в жгут проще всего пластиковыми стяжками, но они своими хвостиками могут цепляться за разные предметы, поэтому ту часть жгута, которая при вращении телескопа будет так или иначе двигаться, лучше скреплять изолентой или кольцами из термоусадочной трубки.

В некоторых случаях просто необходимо дистанционное включение/выключение питания телескопа. Можно использовать любой покупной ТСП/IP выключатель, но мы предпочли изготовить специальный преобразователь +24/+12 Вольт (основное питание нашей установки — +24 Вольта от двух последовательно соединенных аккумуляторов), управляемый по той же последо-

вательной линии RS232, которая обеспечивает управление телескопом. Для программной однородности, этот блок включает и выключает питание командами :oN# и :oF#. Другие команды пропускаются дальше на телескоп.

Для удаленного контроля и разрешения нештатных ситуаций хорошо зарекомендовала себя установка под укрытием обычной WEB-камеры с широкопольным объективом, так чтобы видеть большую часть инструмента. Мы использовали достаточно чувствительную камеру Philips SPC900NC. Камера дает возможность видеть телескоп ночью при лунном освещении. Дополнительно можно установить дистанционно включаемый яркий светодиод. Создаваемого им освещения достаточно для того, чтобы понять, что происходит под куполом.

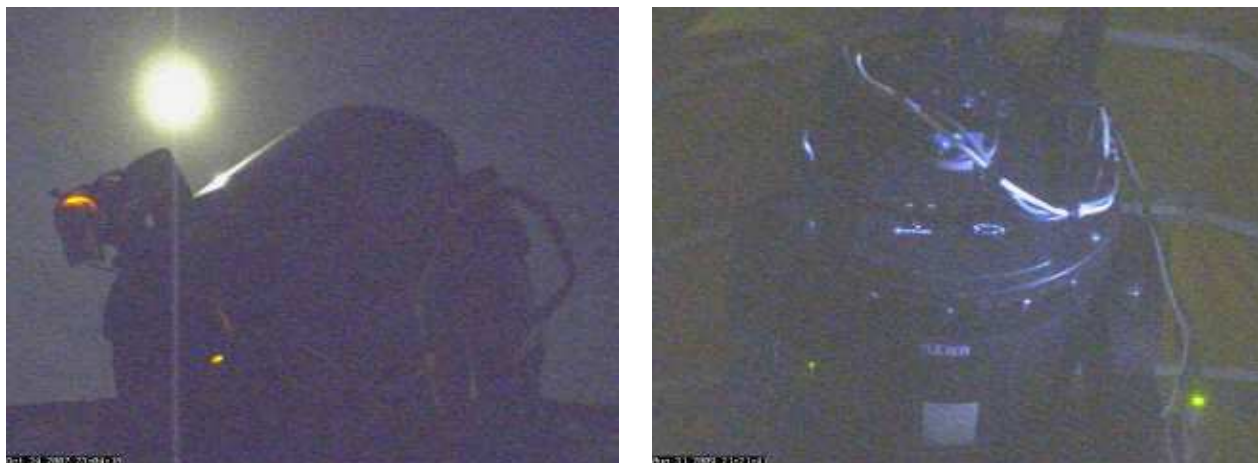


Рис. 2: Визуальный контроль телескопа при помощи WEB-камеры Philips SPC900NC. Слева: во время измерений при полной Луне, справа: при закрытом куполе и включенной подсветке. Зеленым светятся светодиоды купола, сигнализируя тем самым, что он закрыт

Еще одна проблема обнаружилась через 2–3 месяца после установки телескопа. Это насекомые, которые с приближением осени начинают забиваться во все щели, в частности, в щель между коррекционной пластиной и трубой. Для защиты от этого явления нам пришлось установить специальную манжету из мягкой ткани, закрывающую внутренний объем трубы телескопа. Мера оказалась достаточно эффективной, необходимость чистки зеркала больше не возникала.

Если выполняемая задача позволяет — ограничьте максимальную скорость движения телескопа по осям до разумной величины, например:  $3^\circ/\text{с}$ . Это предотвратит выход из строя двигателей приводов в случае затруднений движению телескопа (например, при низких температурах).

## 2 Искатель телескопа

Не надейтесь, что выполненная по звездам штатная процедура настройки системы позиционирования **Auto Alignment** долго прослужит. Максимум — несколько ночей. Выполнить ее удаленно без дополнительного оснащения проблематично. Поэтому: выкиньте штатный держатель искателя и замените его надежным, юстируемым массивным держателем. Установите вместо окуляра на искатель ПЗС камеру. Вполне подойдет та же Philips SPC900NC. При этом поле зрения будет достаточным: в случае штатного искателя RCX400 —  $0.9^\circ \times 1.2^\circ$ . Целесообразно смонтировать камеру в герметичном металлическом корпусе, как разбирается заводской корпус можно увидеть

на сайте <http://www.robertreeves.com/900NC.htm>.

В режиме максимальной экспозиции вы сможете видеть звезды до  $7^m \div 8^m$ . На Рис. 3 показано изображение Плеяд, полученное при 5 кадрах в секунду и включенном автоматической регулировки усиления (gain=auto).



Рис. 3: Изображение Плеяд, полученное с камерой искателя. Самая слабая звезда на кадре имеет величину  $8.3^m$

Конструкция искателя позволяет выполнять фокусировку камеры вращением объектива, установленным на резьбе. После фокусировки объектив нужно надежно зафиксировать во избежание его самопроизвольных сдвигов, иначе оптические оси искателя и телескопа со временем заметно (порядка нескольких минут дуги) разойдутся.

### 3 Проблема сохранения системы координат

Главной задачей монтировки телескопа является наведение и слежение за исследуемым объектом. В принципе, вилочная монтировка Meade RCX400 и его электроника обеспечивает выполнение этой задачи, однако слабым местом является начало работы.

Примененные в качестве определяющих ориентацию монтировки в пространстве устройств уровень горизонта и магнитометр хороши для выездных любительских сессий, однако при стационарной установке телескопа достаточно бессмысленны. Настройка системы координат телескопа при помощи наведения на 2-3 ярких звезды (Auto Alignment) обеспечивает хорошую точность, но только в течение нескольких ночей, поскольку на передний план выходит проблема сохранения этой точности от выключения до включения телескопа.

Конечно, можно не выключать телескоп вообще, но, даже если отвлечься от экономии энергии, это не решает проблему полностью. Как правило, в течение нескольких ночей система координат теряется из-за сбоев и ошибок фирменного программного обеспечения. За 2 года наблюдений мы последовательно проверили несколько вариантов сохранения и восстановления системы координат. В списке перечислены эти режимы завершения/старта работы телескопа:

1. **Park position.** Предусмотренная в системе команд Meade парковка телескопа по команде

:hP# обладает следующими недостатками: 1) нет возможности получить информацию о завершении этой процедуры, 2) общая ошибка ПО телескопа при движении в горизонтальной системе координат часто приводит к наезду на ограничитель и потере системы координат.

2. **Sleep Mode.** Эта возможность позволяет свести энергопотребление к минимуму не выключая телескоп. Режим включается командой :hN# и нормальное функционирование включается :hW#. Однако несколько раз наблюдался эффект, когда, находясь в спящем режиме, телескоп вдруг начинал двигаться с большой скоростью и упирался в ограничители.
3. **Home Position.** При старте телескопа подается команда :hF# — поиск исходной позиции. Телескоп позиционируется по своим датчикам, что дает достаточную точность для наведения с использованием искателя. Недостатками является большая продолжительность этой процедуры и низкая надежность датчика уровня.
4. **Default Position.** В этом режиме телескоп перед каждым выключением устанавливается в строго определенное положение. Координаты этого положения заранее устанавливаются с помощью команды :hS#, как координаты по умолчанию. Таким образом, при включении телескоп уже имеет правильную горизонтальную систему координат. Для работы в экваториальной системе нужно установить точное время. Недостаток очевиден: выключение телескопа в неправильном положении или его случайный сдвиг в выключенном состоянии приводит к потере ориентации.

Из перечисленных способов только **Home Position** обеспечивает восстановление системы координат, хоть и с небольшой точностью. Другое достоинство этого метода — его автономность, не требуется периодическая инспекция положения телескопа и удаленные манипуляции. Поэтому этот метод использовался в течение 1.5 лет как основной. Однако, после выхода из строя датчика уровня (из-за движений по высоте переломилась кабель, соединяющий плату уровня/магнитометра с основной платой) нам пришлось искать альтернативный метод восстановления ориентации.

Оказалось, что, ориентируясь по опорному изображению с подкупольной камеры, возможно вручную (командами смещения) установить телескоп в требуемое исходное положение с точностью лучше 20 – 30' без особых проблем. Затем питание телескопа нужно выключить. После последующего включения система координат будет соответствовать положению телескопа. Эта процедура оказалась настолько простой и безотказной, что последние месяцы мы используем именно ее.

Уточнение системы координат происходит каждый раз после успешного наведения на измеряемые звезды при помощи команды синхронизации :SA# и при завершении работы телескоп будет установлен в уточненное исходное положение.

Еще одним полезным приспособлением является лазерная указка, закрепленная на трубе телескопа и, при правильном исходном положении, указывающая на нанесенную на стене укрытия соответствующую метку. Точность позиционирования при этом лучше 10' и обслуживание телескопа вспомогательным персоналом становится безопасным.

В принципе, имея камеру искателя, можно, используя недокументированные команды :ЕК . . . # (смотри раздел Фокусировка), можно выполнить и процедуру **Auto Alignment**, однако мы не проверяли эту возможность.

## 4 Фокусировка

Конструкция механизма фокусировки телескопа по идее весьма прогрессивна и гибка. Однако реальное воплощение приводит к тому, что в процессе перефокусировок оптическая система телескопа постепенно приходит в разъюстированное состояние: коррекционная пластина (вместе с закрепленным на ней вторичным зеркалом) наклоняется. Появляется так называемая вторичная кома, постоянная по всему полю. Кроме того, оптические оси прибора и искателя расходятся. Внефокальное изображение становится не осесимметричным. Поскольку в приборе DIMM используются две внеосевых апертуры, эта кома проявляется в каждом изображении как астигматизм.

Штатная электроника телескопа позволяет проводить процедуру коллимации, т.е. специально наклонять коррекционную пластину в двух направлениях с целью добиться совмещения осей зеркал. Эта процедура рассчитана на присутствие наблюдателя и выполнить ее удаленно, даже если вы можете контролировать изображение в поле зрения телескопа, задача нетривиальная.

Тем не менее, если вы работаете с одним прибором, следует инспектировать внефокальное изображение не нарушая рабочую фокусировку телескопа. Расфокусировать изображение звезды можно либо выдвинув окуляр подсмотра прибора, либо отодвинув ПЗС-камеру. После этого нужно провести тщательную юстировку (коллимацию) и запомнить ее командой меню “Collimation/Set Default”. Тогда восстановление оптимальной коллимации для рабочего фокуса возможно командой меню “Collimation/Restore Default”.

Чтобы удаленно вызвать выполнение пункта меню “Collimation/Restore Default”, не имеющей соответствующей команды в списке команд удаленного управления, можно воспользоваться недокументированной командой :ЕК...#, имитирующей нажатие кнопки пульта. Коды кнопок приведены в приложении А. Последовательность подаваемых команд отражает навигацию по меню AutostarII в предположении, что он находится в исходном после включения питания состоянии и приведена в таблице.

Таблица 1: Последовательность команд для вызова “Collimation/Restore Default”

Номер	Команда	Кнопка	Номер	Команда	Кнопка
1	:ЕК09#	Mode	8	:ЕК68#	Scroll down
2	:ЕК09#	Mode	9	:ЕК68#	Scroll down
3	:ЕК09#	Mode	10	:ЕК13#	Enter
4	:ЕК13#	Enter	11	:ЕК68#	Scroll down
5	:ЕК68#	Scroll down	12	:ЕК13#	Enter
6	:ЕК68#	Scroll down	13	:ЕК68#	Scroll down
7	:ЕК68#	Scroll down	14	:ЕК13#	Enter

Отметим, что необходимо дожидаться ответа на каждую команду, т.е. пауза между подачей команд должна быть не меньше 2 с, а начинающаяся после подачи последней команды процедура восстановления коллимации занимает не меньше 1.5 мин. Пульт при этом может быть отключен.

## 5 Противоросник

У всех катадиоптрических телескопов есть слабое место — коррекционная пластина находится у верхнего края трубы и поэтому склонна к запотеванию вследствие радиационного охлаждения при ясном небе. При повышенной приземной влажности, которая часто наблюдается в месте установки нашего телескопа в межсезонье, эта проблема приводит к потере заметной части наблюдательного времени.

В конструкции телескопа имеется нагреватель коррекционной пластины, однако эффективность его работы крайне низка, поскольку мощность нагревательного элемента мала и расположен он только по краю коррекционной пластины, имеющей плохую теплопроводность. Рассмотрев различные способы борьбы с запотеванием, мы остановились на классическом пассивном противороснике. Однако, поскольку свободного места под укрытием телескопа мало, мы модифицировали его конструкцию.

Так как для работы комбинированного прибора MASS/DIMM требуется не вся апертура телескопа а только три участка диаметром около 10 см, наш противоросник представляет из себя металлическую крышку, надеваемую на передний край трубы с тремя восьмиугольными трубками диаметром 10 – 11 см и длиной по 15 см. Расположение этих отверстий и трубок выбрано в соответствии с необходимой для MASS/DIMM геометрией входных апертур.

После установки противоросника в ноябре 2007 г проблема запотевания практически была решена. Такого вида бленда (смотри Рис. 1) несколько неудобна для юстировки прибора и телескопа, поэтому она должна легко сниматься и устанавливаться вновь.

## 6 Приложение А

Таблица 2: Коды команды :ЕК...# соответствующие клавиатуре Autostar II (Код в десятичном виде, коды стрелок движения определить не удалось)

Код	Кнопка	Символ	Код	Кнопка	Символ
09	MODE	LF	57	NGC (9)	9
13	ENTER	CR	63	Help	?
49	Speed (1)	1	68	Scroll down ▽	D
50	Cald (2)	2	71	Go To (press)	G
51	M (3)	3	72	Go To (release)	H
52	Focus (4)	4	85	Scroll up △	U
53	SS (5)	5	??	Arrow ↑	–
54	Star (6)	6	??	Arrow ↓	–
55	Ret (7)	7	??	Arrow ←	–
56	IC (8)	8	??	Arrow ⇒	–

# RCX400 12"

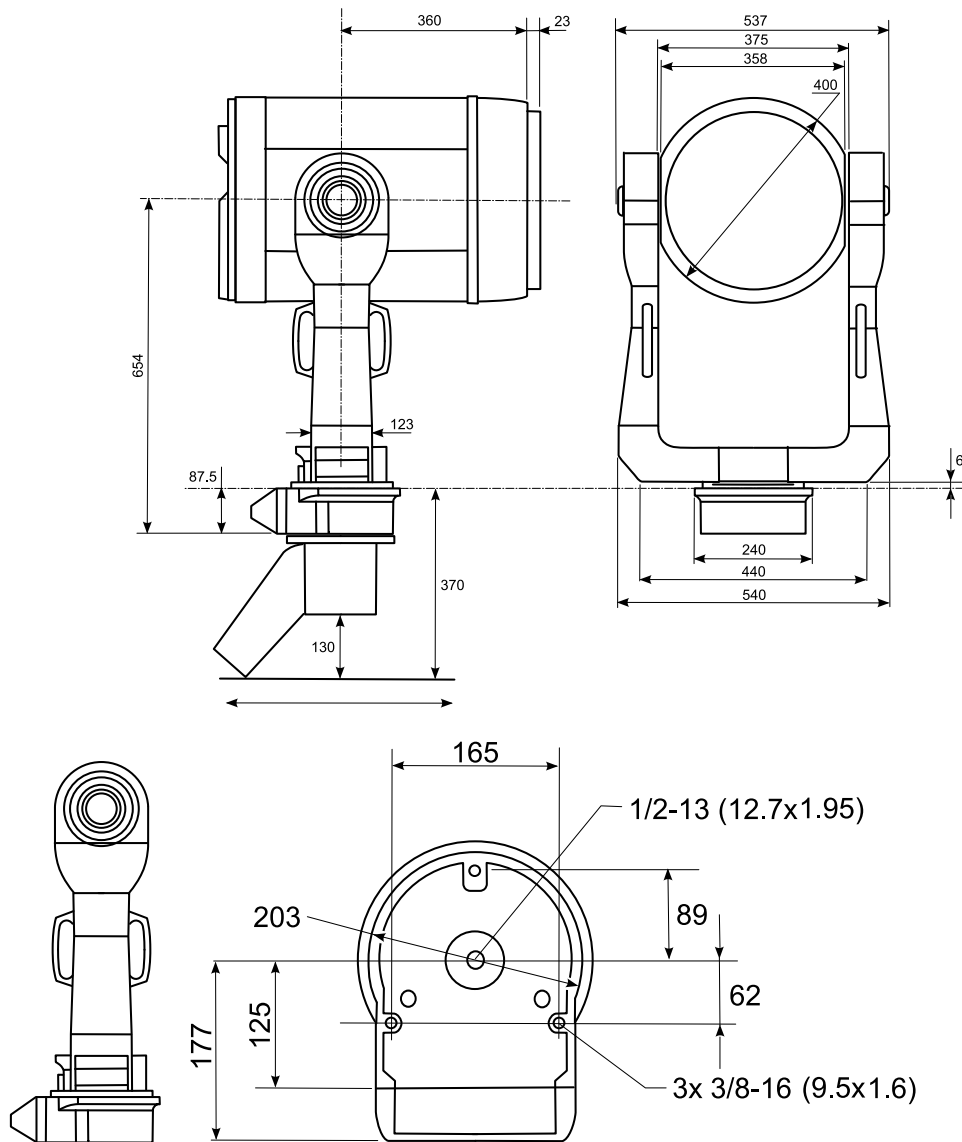


Рис. 4: Основные размеры телескопа Meade RCX400 12", необходимые для расчетов укрытия и установки