

УДК 523.44

## ТЕЛЕСКОП РТТ150 В МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТАХ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

*Р.И. Гумеров, И.М. Хамитов, Г.И. Пинигин*

### Аннотация

РТТ150 с апертурой 1.5 м относится к классу малых телескопов. Однако благодаря современному навесному оборудованию и модернизации системы управления удалось создать эффективную и современную инструментальную базу астрономических исследований. В статье представлены результаты позиционных, фотометрических и спектральных наблюдений малых тел Солнечной системы, полученные в ходе выполнения международных проектов. Комплексные наблюдения, а также высокое качество получаемых данных вывели телескоп на лидирующие позиции в своем классе и сделали возможным его участие в наземной поддержке международных космических проектов, таких как GAIA и SRG.

**Ключевые слова:** астероиды, эфемериды, массы, спектры, фотометрия.

### Введение

Определение орбит, направления оси и периода вращения, оценка масс, плотности и состава астероидов на основе позиционных, фотометрических и спектральных наблюдений является важнейшей и интереснейшей проблемой современной астрономии. Несмотря на значительный интерес исследователей к изучению малых тел Солнечной системы, имеющиеся экспериментальные данные неоднородны и недостаточны, а решение упомянутой проблемы и задач, в нее входящих, далеки от завершения. Необходимо продолжение исследований, ведущихся в этой области, постановка новых проектов (наземных и космических) реализующих набор более точных и однородных наблюдательных данных. Высокие требования к имеющимся данным по указанной проблеме предъявляются при формировании списка объектов наблюдений для готовящегося космического проекта GAIA (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) [1, 2]. Данные, полученные в результате таких исследований, необходимы также при решении задач, связанных с проблемой астероидной опасности.

С момента установки телескопа РТТ150 для повышения точности фотометрических, позиционных и спектральных измерений непрерывно проводятся инструментальные и методические усовершенствования, которые позволили реализовать практически все достоинства высококачественной оптики и механики телескопа, привести инструмент к современному виду. Тестирование усовершенствований и новых опций выполнялось в процессе наблюдений по астрофизическим и астрометрическим проектам. В частности, высокую точность для позиционных наблюдений удалось подтвердить при выполнении проекта по определению связи оптической и радио опорных систем координат. Здесь позиционные наблюдения оптических компонент внегалактических радиоисточников были выполнены с точностью, предельной для наземных астрометрических наблюдений [3].

Высокая астрометрическая точность RTT150 стимулировала начало проекта по определению масс астероидов динамическим методом [4]. Фотометрические исследования астероидов также оказались весьма точными и показали возможность определения блеска для объектов до  $17^m$  с точностью до  $0.01^m$  и для объектов до  $20^m$  с точностью до  $0.05^m$  [5].

Разработанная в 2011 г. новая утилита системы управления RTT150 позволила осуществить ведение телескопа по заданной траектории, и благодаря этому стало возможным выполнение спектральных наблюдений быстро движущихся астероидов.

## 1. Инструменты

Астрономический зеркальный телескоп АЗТ-22 с апертурой 1.5 м был изготовлен Ленинградским оптико-механическим объединением (ЛОМО) по заказу Казанского государственного университета (КГУ), вторым из серии АЗТ-22. Первый телескоп был изготовлен ЛОМО по заказу Московского государственного университета и установлен в начале 90-х годов XX в. на высокогорной обсерватории Майданак, Узбекистан.

В 1995 г. между КГУ, Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) и Комитетом по науке и технике Турции (TÜBİTAK) было достигнуто соглашение и подписан договор о совместном 20-летнем использовании казанского телескопа АЗТ-22. Время работы на телескопе было поделено между участниками этого международного договора в пропорции: TÜBİTAK – 40%, КГУ – 45% и ИКИ РАН – 15%. В соответствии с договором телескоп был установлен в Турецкой национальной обсерватории (TUG) в 1998 г. Первые данные наблюдений были получены в 2001 г. и в этом же году АЗТ-22 получил официальное наименование: *российско-турецкий полтораметровый телескоп – RTT150*. Телескоп имеет оптическую схему Ричи–Кретьена; для научного оборудования предусмотрены два фокуса: фокус Кассегрена с различным разрешением (F/8, F/16) и фокус Кудэ (F/48). Фокус Кудэ с помощью зеркал выведен на второй этаж здания телескопа в изолированную комнату, где установлен эшелюнный спектрометр.

В настоящее время используются системы F/8 и F/48. Основные оптические и габаритные характеристики приведены в табл. 1. На рис. 1 схематически показан ход лучей для обоих фокусов.

Пучок света, отраженный от главного зеркала **1**, отражается от вторичного **2** и фокусируется в фокусе Кассегрена **3**. Фокус Кудэ строится с помощью системы диагональных зеркал **4**, **5** и вторичного зеркала F/48.

### 1.1. Навесные приборы

*Спектрометр низкого разрешения* – TFOSC (Turkish Faint Object Spectrometer and Camera) является многоцелевым инструментом и используется как для получения прямых изображений, так и в качестве низкодисперсного спектрометра (рис. 2); установлен в фокусе Кассегрена F/8.

Основные характеристики и оборудование прибора:

- *приемник излучения* – охлаждаемая азотом ПЗС-камера Fairchild 447, формат  $2K \times 2K$ , размер пикселя  $15 \mu \times 15 \mu$ ;
- *угловое поле зрения* –  $13 \times 13$  угл. мин, элемент разрешения 0.39 угл. сек;
- *набор гризм* – покрывает оптический диапазон  $\lambda = 330 \div 1200$  нм с разрешением  $R = 200 \div 5000$ ;
- *лампы для калибровки спектров* – галогеновая, неоновая, Fe-Ar и гелиевая лампы;

Табл. 1

Основные характеристики телескопа

Диаметр главного зеркала	1500 мм
Фокусное расстояние главного зеркала	$f/3$
Покрытие главного зеркала	Al + SiO <sub>2</sub>
Длина трубы	4970 мм
Диаметр центрального отверстия главного зеркала	580 мм
Монтировка телескопа	Экваториальная монтировка вилочного типа
Вес	37 т

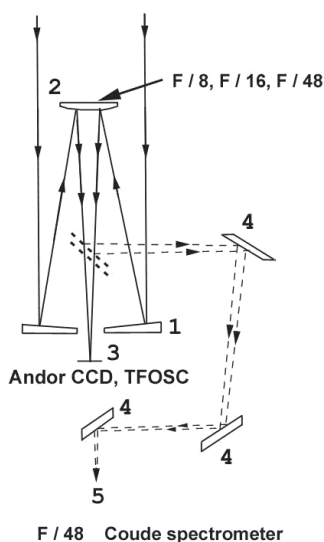


Рис. 1. Схема хода лучей для фокусов Кассегрена и Кудэ в телескопе РТТ150

- набор фильтров – UVBRI (система Бесселя), ugriz (система SDSS),  $H\alpha$ ,  $H\beta$ , OIII, SII и ряд других узкополосных фильтров в линиях и в континууме.

Прибор TFOSC имеет три колеса для фильтров: на 5, 5 и 8 посадочных мест соответственно, а также одно колесо для гризм, которое расположено в параллельном пучке света камеры TFOSC. Для получения длительных экспозиций в оснастку прибора добавлен фокальный офсетный автогид. Управление механизмами TFOSC, а также приемником излучения интегрировано в систему управления телескопом РТТ150. Программное обеспечение (ПО) позволяет автоматизировать фотометрические наблюдения на данном приборе. В настоящее время основная часть наблюдений малых тел Солнечной системы выполняется на TFOSC.

*Прибор прямых изображений* – предназначен для позиционных и фотометрических наблюдений. Прибор установлен в фокусе Кассегрена  $F/8$  и также оснащен офсетным фокальным автогидом (рис. 3). Приемниками излучения прибора являются камеры, изготовленные фирмой Andor Technologies ([www.andor.com](http://www.andor.com)):

- *iKon DW436* – предназначена для получения прямых, прецизионных астрометрических и фотометрических снимков; электронно-охлаждаемая (до  $-90^\circ\text{C}$  от окружающей температуры)  $2\text{ K} \times 2\text{ K}$  ПЗС-камера на основе чипа фирмы Маркони с размером пикселя  $13.5\ \mu \times 13.5\ \mu$ . Поле зрения в фокусе установки  $8.2 \times 8.2$  угл. мин с элементом разрешения  $0.24$  угл. сек;

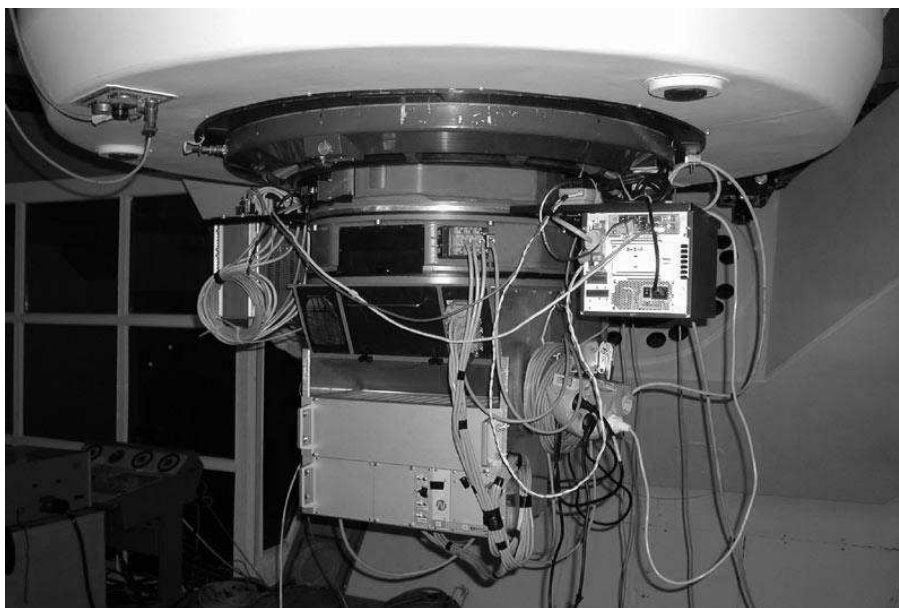


Рис. 2. Прибор TFOSC на кольце главного зеркала РТТ150

- *iXon DU-888* – предназначена для получения фотометрических рядов с высоким временным разрешением; электронно-охлаждаемая (до  $-90^{\circ}\text{C}$  от окружающей температуры),  $1\text{ K} \times 1\text{ K}$  ПЗС-камера с технологиями электронного умножения сигнала (EMCCD) и размером пикселя  $13.5\ \mu \times 13.5\ \mu$ . Поле зрения в фокусе установки  $4.0 \times 4.0$  угл. мин с элементом разрешения  $0.24$  угл. сек. Минимальное время одной экспозиции порядка  $1$  мс, изображение всего поля со считыванием всех элементов матрицы может быть получено до  $8$  раз в секунду. Уменьшение области считывания и применение биннинга может сократить время считывания кадра с матрицы до значений порядка  $1 \div 3$  мс.

Для многоцветной фотометрии прибор обеспечен набором фильтров UBVRI (система Бесселя) и ugriz (система SDSS).

### 1.2. Система управления РТТ150

Значительные усилия были приложены к усовершенствованию, а точнее к созданию системы управления телескопом, потому что система управления, которой изначально был оборудован телескоп, была крайне примитивной и ограниченной по своей функциональности. В своей штатной комплектации, полученной от предприятия-изготовителя и доставленной на обсерваторию TUG в 1998 г., телескоп имел только релейную логику, обеспечивающую подачу питания на телескоп, ручное включение и выключение приводов по часовому углу и склонению, ручное управление приводами фокусировки и балансировки (блок-схема штатной системы управления на рис. 4). Отсчеты положения телескопа, фокусировки и балансировочных грузов осуществлялись визуально по сельсинам. Понятно, что в таком состоянии телескоп был малопригоден для выполнения наблюдений с современной навесной научной аппаратурой. Поэтому нами для системы управления РТТ150 были определены основные функции, и для реализации этих функций на основе современных комплектующих от фирм-изготовителей Advantech, Atmel, Fastwell, Omron и др. к настоящему времени разработан комплекс аппаратуры и ПО. Здесь же нужно отметить, что исходную аппаратную базу, несмотря на то что она морально устарела, переделывать не стали из следующих соображений.

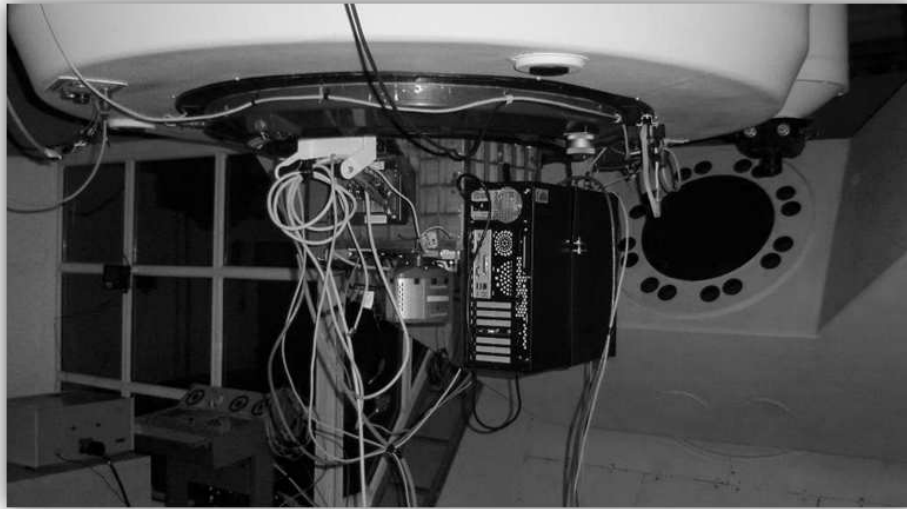


Рис. 3. Прибор прямых изображений (Andor)

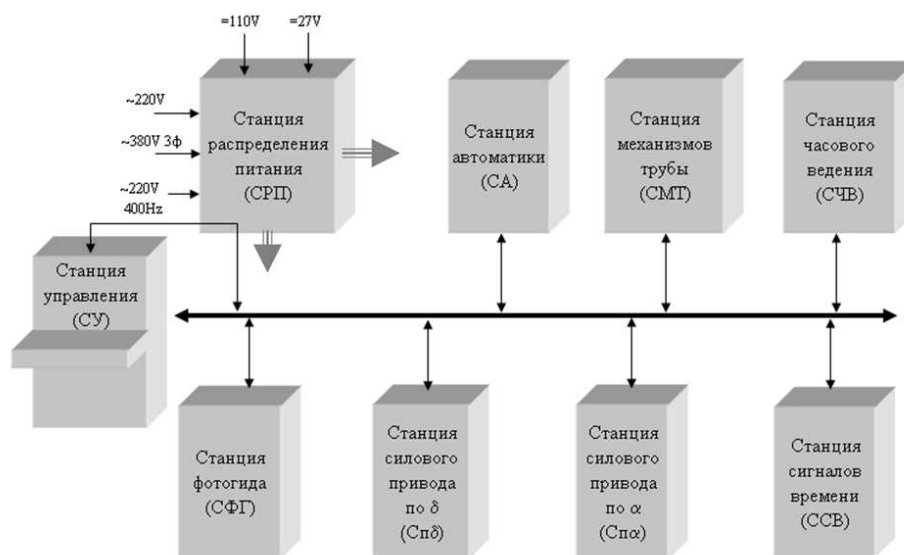


Рис. 4. Система управления телескопом АЗТ-22; штатная комплектация

Во-первых, потребовались бы очень большие монтажные работы, перепайка сотен кабелей, разъемов; во-вторых, штатная релейная логика оказалась весьма устойчивой к грозовым разрядам, что весьма актуально для высокогорной обсерватории TUG.

*Основные функции системы управления РТТ150:*

- автоматическое наведение телескопа по заданным координатам с точностью (аппаратной) не меньше 0.15 угл. сек, определяемой оптическим кодовым датчиком;
- гидирование по звезде с такой же аппаратной точностью; в качестве датчика рассогласования используется ПЗС-камера в главном фокусе;

- коррекция за рефракцию в зависимости от зенитного расстояния как при наведении, так и при гидрировании;
- коррекция наведения за гнутые в зависимости от положения трубы;
- алгоритмическая (программная) коррекция дефектов главной шестерни;
- управление фокусировкой и автоматическая коррекция температурной дефокусировки;
- управление балансировкой и возможности ее коррекции в зависимости от положения телескопа;
- температурный контроль конструкции телескопа и подкупольного пространства;
- формирование необходимых сигналов для часового ведения, синхронизации работы элементов телескопа и управления навесной научной аппаратурой;
- некоторые вспомогательные функции, такие как реализация последовательности процедур включения/выключения телескопа и его систем, управление крышками зеркала и т. п.;
- управление куполом (контроль соответствия и коррекция азимута щели по азимуту трубы, управление створками);
- обеспечение удобной консоли для наблюдателя;
- запись и хранение информации о текущем состоянии телескопа;
- обеспечение возможности управления телескопом в режиме удаленного доступа;
- сохранение необходимой информации о телескопе и условиях наблюдений (в FITS-заголовках кадров) для дальнейшей обработки данных.

*Структура системы управления.* Система управления РТТ150 в нынешнем ее виде представляет собой программно-аппаратный комплекс и содержит элементы, работающие в «жестком» реальном времени. В то же время для реализации удобного, многофункционального терминала – рабочих окон наблюдателя, для использования программных средств поддержки научных приборов, для эффективного доступа к файлам, базам данных, инструментам их обработки необходимо иметь многозадачную платформу, для которой предлагается наиболее широкий спектр подобных средств. Поэтому, очевидно, нужно иметь две платформы: одну реального времени с интерфейсными и функциональными аппаратными модулями, взаимодействующими с устройствами телескопа, другую – общего назначения. В качестве первой мы используем DOS (процессор PCA-6186 работает под DOS): удовлетворяет время реакции на прерывания, а также обеспеченность бесплатными драйверами. А в качестве второй – Windows, как наиболее привычную среду для большей части наблюдателей. Связь между этими платформами осуществляется по сетевому протоколу. Блок-схема системы управления телескопом представлена на рис. 5.

Контроллер для работы непосредственно с аппаратурой построен, как было отмечено, на платформе реального времени и выполняет первые десять функций системы управления через штатные станции телескопа. Аппаратная база – IPC610: процессорный модуль PCA-6186 плюс функциональные модули, обеспечивающие сигнальный интерфейс, цифровой и аналоговый ввод/вывод. Остальные элементы – стандартные персональные компьютеры, снабженные контроллерами навесных приборов и дополнительными модулями от фирмы Advantech для преобразования интерфейсов.

*Программное обеспечение* системы управления представляет собой распределенное приложение. Взаимодействие между различными модулями ПО осуществляется через локальную сеть с использованием протокола TCP/IP. Общая архитектура и взаимодействие различных частей ПО представлены блок-схемой на рис. 6.

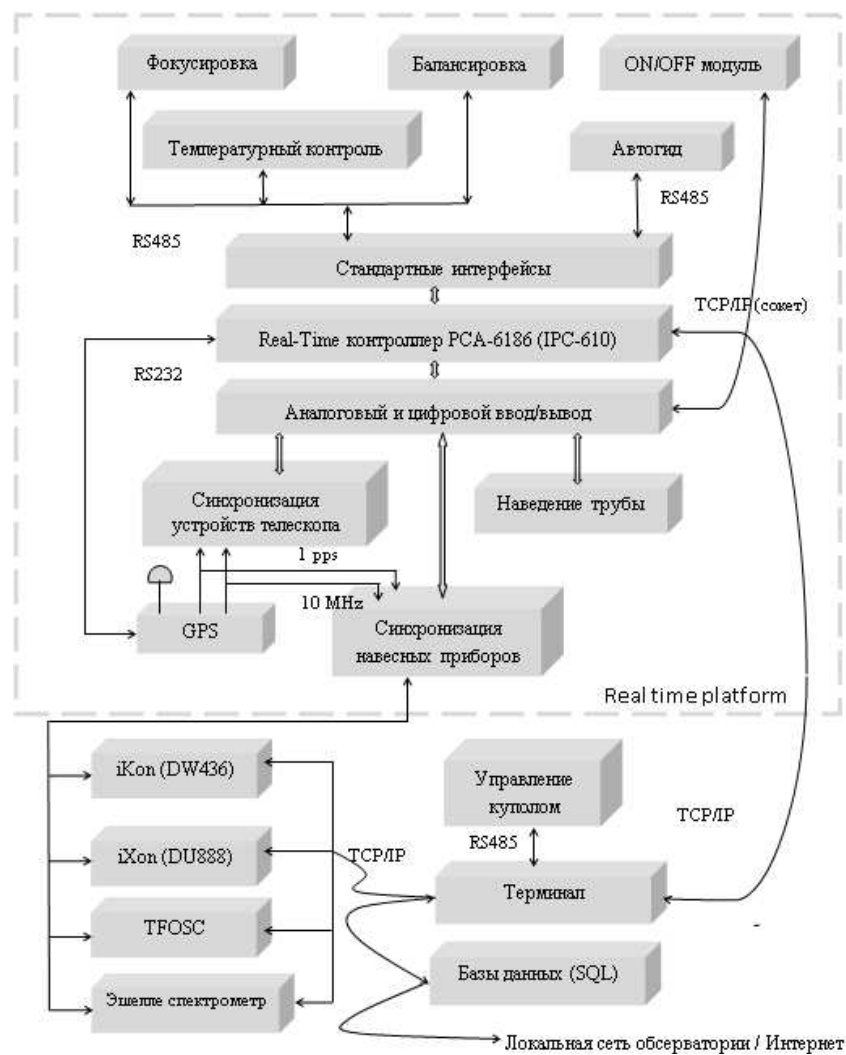


Рис. 5. Блок-схема системы управления АЗТ-22

Программа AztClient обеспечивает работу терминала наблюдателя в любой точке локальной сети (распределенная клиент-серверная архитектура) и взаимодействует с набором серверов, также запущенных на различных компьютерах и реализующих каждый свою часть функциональности системы управления.

*Основные блоки ПО системы управления РТТ150:*

1. AztServer – сервер, который осуществляет взаимодействие с управляющей программой реального времени на DOS-машине, позволяет сделать надежное сопряжение между циклограммой жесткого реального времени управления аппаратурой и «плавающими» во времени процессами Windows.

2. DomeRPC – сервер управления куполом - обеспечивает взаимодействие с контроллером купола через COM-порт, предоставляя клиентской программе удобный COM-интерфейс для управления куполом.

3. Meteo – сервер, считывающий информацию с сайта метеостанции и преобразующий нужные данные из формата HTML в набор свойств COM-интерфейса. Полученные данные Meteo сохраняет в базе данных и передает клиентским приложениям.

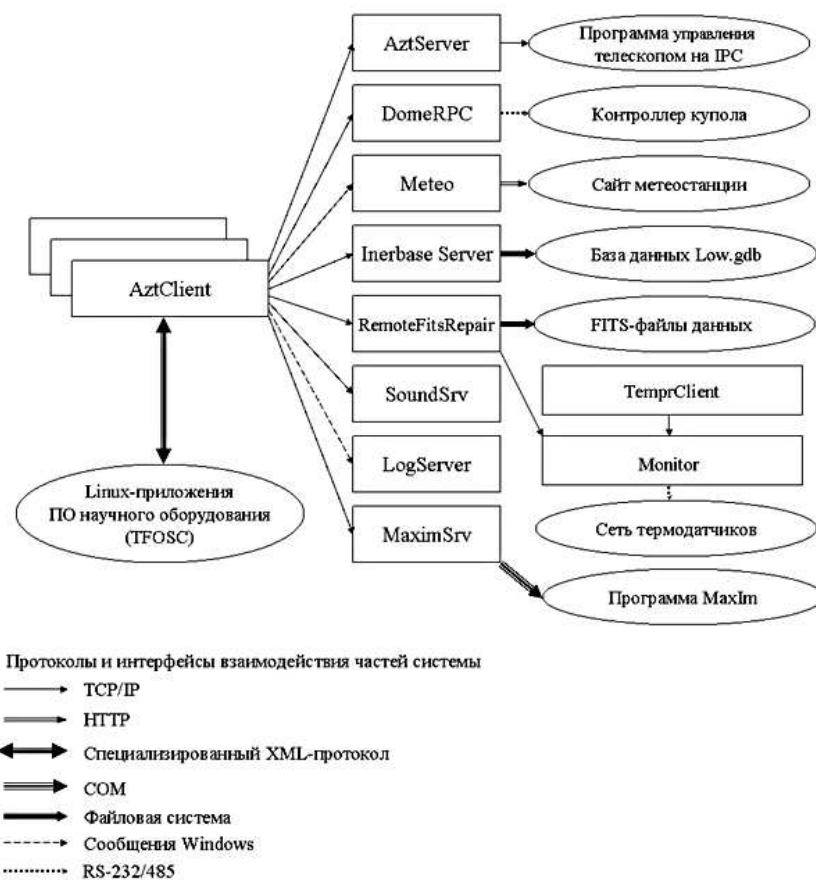


Рис. 6. Блок-схема программного обеспечения системы управления РТТ150

4. Inerbase Server – штатный сервер базы данных, реализует обмен данными клиентских приложений с базой.

5. RemoteFITSRepair – сервер, отвечает за модификацию заголовков FITS-файлов, полученных на различных навесных приборах.

6. SoundSrv – сервер звукового сопровождения, обеспечивает звуковой интерфейс программы AztClient.

7. MaximSrv – сервер, позволяющий программе AztClient работать с COM-объектами удаленной программы MaxIm.

8. LogServer – программа, отслеживающая и пишущая в лог различные внутренние события AztClient, используется для отладки и диагностики неисправностей.

Серверы представляют собой многопоточные приложения и имеют схожую архитектуру.

Для обмена данными между приложениями, использующими различные платформы (имеются в виду Windows и Linux), которые обеспечивают пользовательский интерфейс навесного научного оборудования, необходимо некоторое средство взаимодействия. Оно должно быть достаточно простым с точки зрения составителя сценария совместной работы телескопа и научного оборудования, чтобы обеспечить необходимую гибкость настройки всей системы для решения конкретных наблюдательных задач. И здесь было предложено и реализовано решение на основе связи сокета и командного протокола – подмножества XML. Между различными



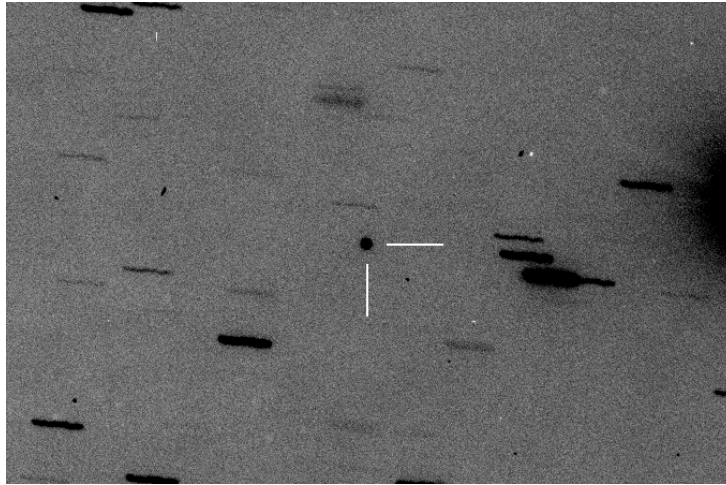


Рис. 7. Ведение объекта 7482

приложениями, функционирующими под различными платформами, устанавливается стандартное сокетное соединение с использованием транспортного протокола TCP. Далее, приложение-клиент формирует запросы, оформленные в виде XML-документов определенной структуры, и отправляет на сервер по сокету. Сервер принимает XML-текст, расшифровывает его, преобразуя в свое внутреннее представление, выполняет запрос и отправляет клиенту по сокету серию ответов. Ответы сервера также оформлены в виде XML-документов определенной структуры.

Благодаря выполненным разработкам по системе управления телескопа стали возможными полноценные наблюдения с использованием всех научных приборов, входящих в комплекс РТТ150; наблюдения могут выполняться в режиме удаленного доступа, а также в автоматическом режиме по заранее сформированному списку объектов.

Выполнение проектов, связанных с фотометрическими и спектральными наблюдениями астероидов, стимулировало реализацию новой функции – ведение телескопа по заданной траектории. Необходимую точность ведения обеспечивает алгоритмическая коррекция погрешностей механики телескопа, датчиков и дифференциальной рефракции.

На рис. 7 в качестве примера приведено изображение объекта 7482. Особенно актуальна данная функция при выполнении спектральных наблюдений на приборе TFOSC, поскольку позволяет удерживать астероид на щели спектрометра (ширина щели 2.5'') более 10 мин, что позволяет получать высококачественные данные для объектов до 16<sup>m</sup>.

## 2. Результаты наблюдений

*Астрометрия.* Астрометрические наблюдения производятся для уточнения эфемерид астероидов и оценки масс некоторых из них динамическим методом. Для получения точных положений небесных объектов, необремененных существенными систематическими ошибками в качестве опорного каталога использовался UCAC2, а с появлением следующих версий – UCAC3 и UCAC4 – применялись и они.

Анализ разностей положений объектов полученных из наблюдений и вычислений ( $O - C$ ), а также погрешностей единичной разности ( $O - C$ ), вычисленных

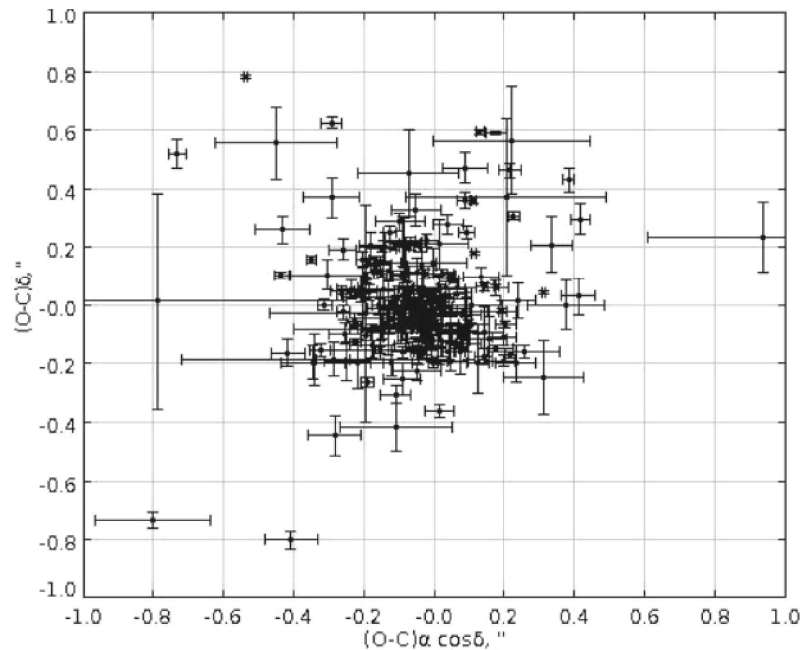


Рис. 8. Распределение величин  $(O - C)$  по обеим координатам астероидов, которые наблюдались в 2008–2012 гг.

по сходимости значений  $(O - C)$  внутри каждой серии (внутренняя погрешность наблюдений), свидетельствует о хорошем качестве наблюдений астероидов, в том числе и сближающихся с Землей (АСЗ), что подтверждают графики, приведенные на рис. 8 и 9. Из рис. 8 видно, что разности  $(O - C)$  для астероидов и АСЗ не превышают  $0.7''$  и  $0.4''$  по прямому восхождению и склонению соответственно с явной концентрацией  $(O - C)$  возле нуля. Появление сравнительно больших значений  $(O - C)$  для некоторых астероидов, не входящих в список АСЗ, еще требует своего объяснения. Заметно больший разброс  $(O - C)\alpha$  по сравнению с  $(O - C)\delta$  для АСЗ из нашего списка можно объяснить выбором объектов наблюдений, имеющих заметное движение по прямому восхождению, что привело к растяжению изображений по этой координате и увеличению ошибки их измерений. Кроме того, эти объекты имеют непродолжительную историю наблюдений, что сказывается на плохом знании их орбит и, соответственно, увеличении разностей  $(O - C)$ .

Для астероидов из списка нашего проекта (на рис. 9 обозначены как ИМП – избранные малые планеты) с блеском до  $17^m$  почти все ошибки наблюдений лежат в пределах  $0.1''$  и практически не зависят от звездной величины, что свидетельствует об отсутствии уравнения блеска в наблюдениях астероидов на РТТ150. Для наблюдений АСЗ ошибки возрастают до  $0.7''$  по обеим координатам, что связано со сложностью измерений протяженных изображений. В дальнейшем при использовании более совершенной техники обработки ПЗС-кадров можно надеяться на повышение точности измерений таких изображений.

*Фотометрия.* Для характеристики РТТ150 в фотометрических исследованиях малых тел Солнечной системы возьмем наблюдения взаимных покрытий естественных спутников Урана. Наблюдения проводились в 2007–2008 гг. в рамках международной кампании, в благоприятный период, близкий к равноденствию Урана, который происходит раз в 42 года. Взаимные события были предвычислены для РТТ150 в ИМССЕ. В результате было зарегистрировано 2 события: 14 августа 2007 г. – затмение Оберона Умбриелем и 4 января 2008 г. – затмение Миранды Ариэлем.

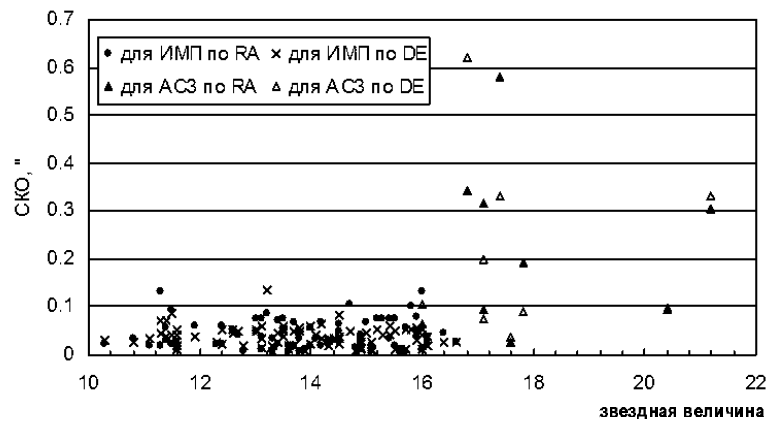


Рис. 9. Зависимость случайных ошибок положений от яркости объекта (здесь ИМП – избранные малые планеты)

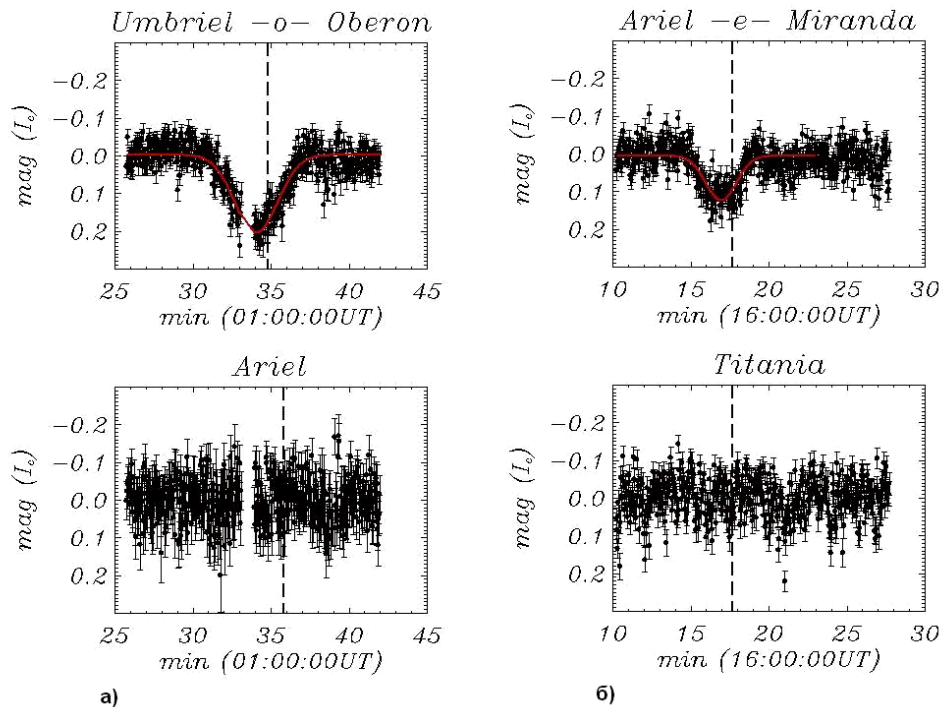


Рис. 10. Наблюдения взаимных покрытий спутников Урана на РТТ150: а) затмение Оберона Умбриелем (для сравнения показана кривая блеска спутника Ариэля); б) покрытие Миранды Ариэлем (для сравнения показана кривая блеска спутника Титания). Пунктирной линией показаны моменты минимумов, предвычисленных в ИМССЕ для РТТ150, красной линией – подгонка кривой блеска гауссианой для определения наблюдаемого минимума события

Наблюдения проводились в полосе I с разрешением 2 с с помощью ПЗС-приемника iKon (DV436). В дифференциальной фотометрии опорным источником являлся сам Уран. На рис. 10 приведены кривые блеска для вышеописанных событий.

*Спектральные наблюдения астероидов.* Ввод в наблюдательный комплекс полутораметрового телескопа РТТ150 новой возможности – ведения по заданной

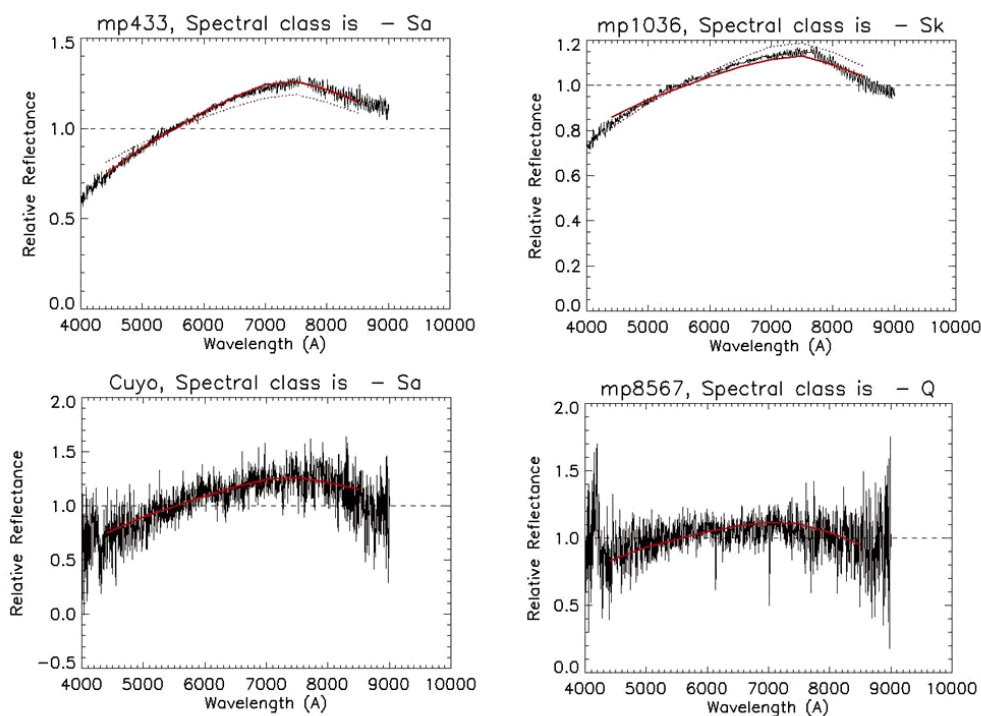


Рис. 11. Отражательные спектры АСЗ 433, 1036, 1917 и 8567

траектории – позволяет длительно экспонировать небесные объекты с большими собственными движениями и с минимальными потерями сигнала, в особенности астероиды, сближающиеся с Землей. Спектральные наблюдения астероидов на РТТ150 проводились 10 и 12 августа 2011 г. в полнолуние, а также 13 октября 2012 г. с помощью прибора TFOSS. Получены отражательные спектры для АСЗ 433 (Эрос), 1036 (Ганимед), 1917 (Куйо) и 8567, а также для ряда астероидов главного пояса с видимыми звездными величинами от  $10.5^m$  до  $16.5^m$  и собственными движениями от 20 до 160 угл. сек/ч.

Спектры охватывают видимый диапазон от 3500 до 9000 Å с разрешением R 600. Для сравнения качества спектров с астероидами известных классов (433, 1036 и 1917) проведены спектральные классификации в системе SMASS. Впервые оценен спектральный класс АСЗ 8567 – класс Q. На рис. 11 показаны спектры АСЗ; подгонка спектров (красная сплошная линия) проведена на основе программы, написанной на IDL, в которой используется среднее распределение энергии для каждого спектрального класса. Пунктирная красная линия - среднее распределение энергии таксономического класса данного астероида. Имеется небольшое отличие в определении подкласса, но в целом принадлежность тому или иному классу хорошо выдерживается даже при такой подгонке.

### 3. Выводы

Приведенные результаты наблюдений, характеристики телескопа РТТ150 и его оборудования демонстрируют очень хорошие возможности для выполнения проектов, связанных с комплексными экспериментальными исследованиями малых тел Солнечной системы, включая астрометрию, фотометрию и спектральный анализ. Однако нужно отметить, что для выполнения такого рода проектов не всегда есть

необходимые специалисты внутри одного астрономического коллектива. Поэтому первые проекты КГУ выполнялись совместно с Николаевской астрономической обсерваторией (Украина). Затем к участию в проекте присоединились турецкие коллеги из TUG [6]. А в последнее время в связи с приближением миссии GAIA интерес к исследованиям малых тел Солнечной системы, проводимым на РТТ150, проявили французские коллеги из IMCCE/Paris Observatory [7], и наши совместные работы были оформлены в виде четырехстороннего международного проекта “IJP. Observations and Study of the Small Bodies of the Solar System before and During GAIA”. Благодаря такому сотрудничеству на сегодняшний день получено почти 9000 ПЗС-кадров (и соответственно положений) для более чем 180 астероидов; для 30% из них сделаны оценки блеска и начаты спектральные наблюдения. На основе этих данных получен сводный каталог положений в системе ICRS и блеска в системе Джонсона–Казинса–Бесселя.

В заключении следует отметить, что практически все работы на телескопе осуществлялись при поддержке РФФИ (проекты № 02-02-17076-а, 05-02-17637-а, 08-02-00704-а и 12-02-00461-а), грантов АН РТ, а также частично украинских грантов.

Авторы благодарят Национальную обсерваторию TÜBİTAK (Турция), Институт космических исследований РАН и Казанский федеральный университет за поддержку в использовании российско-турецкого полутораметрового телескопа РТТ150.

#### Summary

*R.I. Gumerov, I.M. Khamitov, G.I. Pinigin.* RTT150 Telescope in International Research Projects on Small Bodies of the Solar System.

RTT150 with 1.5 m aperture belongs to the class of small telescopes. However, due to modern scientific equipment and improvement of the telescope control system, it became possible to create efficient research tools that meet all the requirements of modern astronomical experimental investigations. This paper presents the results of positional, photometric and spectral measurements of small bodies of the Solar System, obtained in the course of international projects. The possibility to carry out complex observations and to obtain high-quality data has ensured the telescope a leading position in its class and allowed its participation in the ground-based support of international space projects, such as GAIA and SRG.

**Keywords:** asteroids, ephemerides, masses, spectra, photometry.

#### Литература

1. *Mignard F.* Observations of small Solar System Bodies with GAIA // Highlights of Astronomy; V. 13; as presented at the 25th General Assembly of the IAU, 2003 / Ed. by O. Engvold. – San Francisco, CA: Astron. Soc. Pacific, 2005 – P. 737.
2. *Mignard F.* Observations of Solar System Objects with GAIA. I. Detection of NEOS // Astron. Astrophys. – 2002. – V. 393, No 2. – P. 727–731.
3. *Aslan Z., Gumerov R., Jin W., Khamitov I., Maigurova N., Pinigin G., Tang Z., Wang S.* Optical counterpart positions of extragalactic radio sources and connecting optical and radio reference frames // Astron. Astrophys. – 2010. – V. 510. – P. A10-1–A10-5. – doi: 10.1051/0004-6361/200913162.
4. *Aslan Z., Gumerov R., Hudkova L., Ivantsov A., Khamitov I., Pinigin G.* Mass Determination of Small Solar System Bodies with Ground-based Observations // ASP Conf. Ser. Solar and Stellar Physics Through Eclipses. – 2007. – V. 370. – P. 52–57.
5. *Galeev A., Gumerov R., Bikmaev I., Pinigin G., Khamitov I., Aslan Z.* Photometric Researches of Asteroids on 1.5-M Russian-Turkish Telescope // Odessa Astron. Publ. – 2007. – V. 20. – P. 43–46.

6. *Aslan Z., Gumerov R., Pinigin G.* Some results from the National Observatory of Turkey, Kazan State University, and Nikolaev Astronomical Observatory on small bodies of the Solar system // Planet. Space Sci. – 2008. – V. 56, No 4. – P. 1832–1834.
7. *Ivantsov A., Gumerov R., Khamitov I., Aslan Z., Thuillot W., Pinigin G., Hestroffer D., Mouret S.* Analysis of Astrometry and Photometry Observations of Asteroids at the RTT150 // Gaia Fun-Sso Workshop Proc. – Paris, 2011. – P. 93–96.

Поступила в редакцию  
11.01.13

---

**Гумеров Рустам Исхакович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник кафедры астрономии и космической геодезии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *rgumerov@ksu.ru*

**Хамитов Ирек Мунавирович** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Национальная обсерватория ТЮБИТАК, Турция; старший научный, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Irek\_Khamitov@hotmail.com*

**Пинигин Геннадий Иванович** – доктор физико-математических наук, профессор, директор, Николаевская астрономическая обсерватория, г. Николаев, Украина.

E-mail: *GPinigin@mail.ru*