

УДК 520.224.72

КАМЕРА SBG КОУРОВСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

© 2012 Д. В. Гламазда

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, 620083 Россия

Поступила в редакцию 05 августа 2011 г.; принята в печать 12 декабря 2011 г.

Описаны устройство и принципы действия систем телескопа SBG, модернизированного в 2005–2006 гг. в Коуровской обсерватории. Уменьшение поля зрения (ПЗС-матрица вместо фотопластинок) компенсируется возросшей оперативностью, которая достигается благодаря автоматизации как приводов телескопа, так и обработки изображений.

Ключевые слова: *телескопы — аппаратура: приёмники*

1. ВВЕДЕНИЕ

Для нормальной работы организаций, занимающихся запуском и эксплуатацией искусственных спутников Земли (ИСЗ), требуется непрерывный мониторинг орбит спутников. Для этого существуют наземные станции слежения. Однако, в настоящее время космические группировки разных стран приобрели настолько большие размеры, что штатных средств уже не хватает. Если не считать отдельные проекты, в которых должны быть выполнены высокоточные (рекордно точные) измерения положения и/или скорости аппарата, для мониторинга орбит основного количества ИСЗ достаточно наблюдений с точностью до $1''$ – $3''$. В виду дефицита наблюдательных средств оперативность работы приобретает даже более важное значение, чем высокая точность. Требуется телескоп, дающий среднюю точность, но способный быстро отнаблюдать большое количество объектов с самыми разными положениями на небе и видимыми скоростями. Таким телескопом стала после модернизации 2005–2006 гг. камера SBG Коуровской астрономической обсерватории.

Астрогеодезическая камера SBG (Satelliten Beobachtung Gerät) [1, 2] была изготовлена в 60–70-х гг. прошлого века на предприятии Carl Zeiss. Всего в СССР было установлено 6 таких камер: в Звенигороде, Риге, Симеизе, Ужгороде, Алма-Ате и Коуровке. Это была модифицированная система Шмидта с диаметром зеркала 50 см, входным зрачком 42.5 см и фокусным расстоянием 77.8 см, имеющая коррекционную пластину и полеспрямляющую линзу. Особенностью монтажа было наличие в ней 4 осей, что позволяло выставлять ось с управляемым вращением в полюс орбиты и тем самым наблюдать любые ИСЗ. Не

совсем удовлетворительная точность программно-го ведения объекта компенсировалась большим полем зрения (около $6^\circ \times 8^\circ$) фотопластинок и возможностью дополнительного гидирования с помощью ручного пульта. Первое время камера использовалась для наблюдений ИСЗ на различных высотах. После того, как программный привод перестал работать и попытки его восстановления оказались безуспешными, перешли к наблюдениям только геостационарных спутников (ГСС).

Модернизация 2005–2006 гг. была вынужденной мерой. В мире начался переход к электронным средствам регистрации. Для отдела ИСЗ Коуровской обсерватории очень своевременным оказался выигранный грант на приобретение комплектующих для модернизации телескопа. Были приобретены ПЗС-камера, шаговые двигатели, угловые датчики (энкодеры), GPS-приемник и компьютер.

2. КОНЦЕПЦИЯ ТЕЛЕСКОПА

Прежде всего, было решено создать телескоп, максимально приспособленный для быстрой регистрации ИСЗ на фоне звезд с одновременной регистрацией моментов времени. Оптическая схема подлежала небольшому изменению: ПЗС-камера установлена в фокусе без полеспрямляющей линзы. На небольшой площадке, занимаемой собственно матрицей (14.9×10^2), отличие сферической фокальной поверхности от плоскости незначительно. Специальные крепления для установки коррекционной пластины на новое место (дальше на ~ 8 см от зеркала) были изготовлены в мастерской обсерватории. Установка ПЗС-камеры в главном фокусе имеет некоторые недостатки: она закрывает около $1/6$ площади входного зрачка и может создавать тепловые потоки воздуха, влияющие на качество изображений. Зато снаружи

трубы нет выступающих деталей, которые могли бы помешать навесисте в любые точки неба, особенно если работа выполняется в быстром темпе.

Наиболее сложным было добиться достигнутой ранее производительности наблюдений, поскольку площадь поля зрения ПЗС-камеры почти в 50 раз меньше, чем у фотопластинки. Скорость работы на телескопе со старыми приводами оставалась неоправданно низкой. Необходимо было кардинально изменить приводы по двум осям (3-й и 4-й — t^1 и δ). Они должны были обеспечить выполнение следующих требований:

- доступность для наблюдений всего неба над горизонтом;
- быстрое наведение в любую точку неба без участия человека;
- доступные угловые скорости по осям должны непрерывно заполнять интервал $0^\circ - 5^\circ \circ^{-1}$ и плавно меняться в соответствии с эфемеридой;
- двигатели должны обрабатывать только необходимые скорости, контроль за ориентацией трубы возлагается на энкодеры.

Важное преимущество, даваемое азимутальной 4-осной монтировкой, было сохранено, чтобы снова иметь возможность наблюдать любые ИСЗ. Объекты с малыми видимыми скоростями можно наблюдать при экваториальной конфигурации монтировки, для объектов с большими скоростями необходимо ориентировать 3-ю ось в полюс орбиты.

Одной из основных частей комплекса для наблюдений ИСЗ является служба времени. Ее основу составляет приемник Acutime 2000 навигационной системы GPS. В целом служба времени является системой реального времени: при открытии/закрытии затвора вырабатываются импульсы, которые поступают в GPS-приемник. Моменты этих импульсов определяются приемником с высокой точностью.

Еще один принцип, положенный в основу новой концепции, заключался в том, что управлять всем процессом наблюдений должна одна программа, запущенная на одном компьютере. Это следовало из требований оперативности.

¹Поскольку SBG может использоваться при неэкваториальной конфигурации монтировки, 3-я ось не всегда соответствует часовому углу t . Изготовители использовали для нее обозначение γ . Тем не менее, мы будем обозначать ее t , не забывая о разнице.

3. БЛОК-СХЕМА КОМПЛЕКСА

Чтобы реализовать все эти идеи, была разработана блок-схема, показанная на Рис. 1. Все процессы управляются компьютером через порты, энкодеры имеют свою PCI-карту. С ПЗС-камерой связь поддерживается по двум каналам: через порт USB и дополнительный разъем MiniDIN-8. По первому идет основной обмен данными, в том числе выгрузка изображения, по второму выводится важный сигнал Event, сигнализирующий о срабатывании затвора. После прохождения через оптронные развязки сигнал Event попадает на электронную схему, которая формирует из него короткий импульс, усиливает и отправляет в GPS-приемник. Там импульс “оцифровывается” и спустя некоторое время в порт COM-2 компьютера поступает пакет с моментом времени, соответствующим импульсу.

Внутри телескопа размещается блок управления (БУ)² приводами и некоторыми дополнительными устройствами. Он связан с компьютером через параллельный порт 8-метровым кабелем, в котором каждый сигнал LPT-канала передается по отдельной витой паре с оптронными развязками. В БУ имеется 8 байтовых регистров Reg 1–Reg 8, из которых первые четыре служат для передачи информации, а вторые — для передачи команд. Например, в Reg 1–Reg 4 приходят числа K_i , которые показывают, во сколько раз должна быть изменена исходная частота ν_{quartz} , чтобы на выходе i -го программируемого генератора получить требуемую тактовую частоту

$$\nu_i = \frac{\nu_{\text{quartz}}}{K_i}. \quad (1)$$

Это позволяет шаговым двигателям SM0 и SM1, которые являются программируемыми, обеспечить скорости ведения телескопа от $13''411$ до 5° в секунду. Более низкие скорости обрабатываются программным гидированием (попеременным включением и выключением движения на минимальной скорости). Максимальная скорость ω_{max} ограничена программно.

Подобная организация привода имеет то преимущество, что компьютер участвует в его работе только тогда, когда необходимо изменить скорость. Он присылает числа K_i (и значительно реже — команды остановиться или изменить направление). Все остальное время K_i хранятся в регистрах БУ и генераторы выдают соответствующие им частоты. Это экономит ресурсы компьютера.

²Control Unit (CU) на Рис. 1.

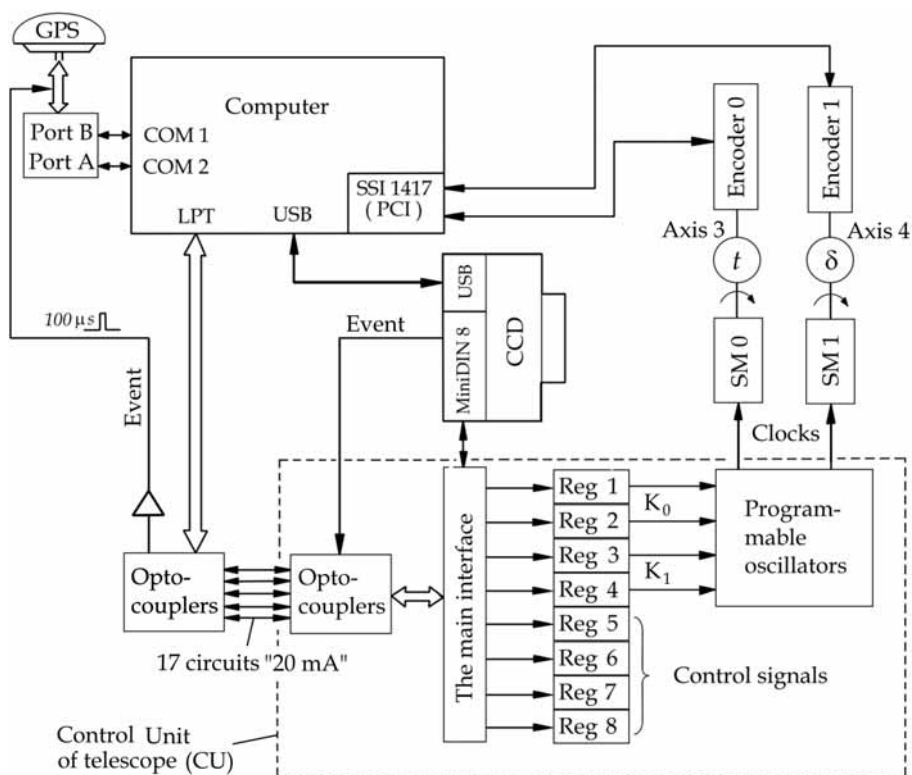


Рис. 1. Блок-схема устройства электронных цепей комплекса.

4. ОСНОВНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ

Прежде всего, из телескопа были удалены пластиночная каретка с полеспрямляющей линзой, механизм смены пластинок, редукторы, двигатели, вся электрическая проводка. В фокусе трубы была установлена ПЗС-камера Arpegge Alta (U32), имеющая следующие основные характеристики:

Размер пиксела 6.8 мкм
 Размер матрицы в пикселах 2184 × 1472
 Разрядность АЦП 16 бит
 Темновой ток при -30°C $0.05 \text{ e}/(\text{с} \times \text{пикс.})$
 Масштаб с SBG $1''803/\text{пикс.}$
 Охлаждение Пельтье, до -50°C .

После удаления полеспрямляющей линзы оказалось, что коррекционная пластина находится не в центре кривизны зеркала. Поэтому она была переставлена на новое место с помощью специальных креплений. В бывшем блоке реле был устроен термостатированный бокс для блоков питания ПЗС-камеры и подсветки креста нитей гида. После этого труба была заново сбалансирована.

Для привода по оси δ на специально изготовленную подложку была установлена половина от шестерни, взятой с АВР-3. Червячный вал, состыкованный с шестерней, и шаговый двигатель завершили монтаж привода по δ .

В большом закрытом объеме телескопа были установлены блок управления и блок питания телескопа (выпрямитель на 48 Вольт для шаговых двигателей и стабилизированный источник на 5 Вольт для БУ), а также шаговый двигатель на ось t и устройство для обогрева (зимой приходится наблюдать при -40°C). После этого на осях t и δ были установлены 18-битные абсолютные энкодеры от Baumer Electric и выполнена новая электрическая проводка. Установлен новый ручной пульт, и монтаж был сбалансирован еще раз.

Практически все провода и кабели SBG проходят внутри конструкции монтажа. Снаружи остаются только кабели энкодеров, USB-кабель ПЗС-камеры и кабель съемного устройства для светофильтров. Большой кабель с оптранными развязками на концах соединяет БУ телескопа с LPT-портом компьютера в комнате наблюдателей.

Важной частью модернизированного телескопа стала управляющая программа SBGControl. Она написана на языке Delphi [3] для ОС Windows XP. Асинхронный обмен с COM-портами запрограммирован с помощью функций API [4]. Для получения необходимой моды LPT-порта [5] используется специальный драйвер [6]. Обмен с ПЗС-камерой и энкодерами организован с помощью dll-библиотек, причем ПЗС-камера подключается как

объект Active X [7], автоматически обнаруживаемый операционной системой.

5. РАБОТА ПРИВОДОВ SBG

Можно выделить несколько типов движения трубы SBG по t и δ :

- перегон в новую точку;
- астропривод;
- слежение за медленным объектом;
- слежение за быстрым объектом;
- движение по частным подпрограммам;
- движение под управлением ручного пульта (РП).

Перегон является базовым движением, без которого не обходится ни одно наблюдение. Исходные данные — координаты (и, если необходимо, скорости) объекта — наблюдатель вводит либо при помощи клавиатуры в специальные поля ввода, либо щелчком мыши по карте неба на мониторе. Программа анализирует задание: проверяет, не находится ли цель ниже горизонта и каковы до нее расстояния по осям. Если от текущего положения трубы до цели расстояние порядка поля зрения ПЗС-матрицы, наведение выполняется на постоянной малой скорости, не дающей заметного удара по трансмиссии. Перегон на большие углы производится с ускорениями $\dot{\omega}_t = \pm 1^\circ 25''^{-2}$ и $\dot{\omega}_\delta = \pm 1^\circ 00''^{-2}$. Если необходимо преодолеть меньше 20° , первую половину пути труба пройдет с ускорением, вторую — с торможением. Это, во-первых, исключает ударные нагрузки на передачи, во-вторых, увеличивает вращательный момент при старте и, в-третьих, уменьшает время наведения. Если же требуется перегнать телескоп более чем на 20° , движение разбивается на три стадии: ускорение, марш на максимальной скорости 5°^{-1} и торможение. Наведение выполняется методом последовательных приближений: после того, как программа выполнила запланированный перегон трубы, с энкодеров считываются координаты и сравниваются с заданными. Если разность между ними превышает некоторый установленный параметр (“точность”), то программа предвычисляет и выполняет еще один перегон, теперь уже из текущего положения. Если же разность меньше “точности”, наведение считается завершенным. Подобный алгоритм позволяет получать быстрое наведение с точностью порядка $1.5'$, чего при поле зрения ПЗС-матрицы $65' \times 44'$ вполне достаточно.

Астропривод используется в тех случаях, когда монтаж SBG имеет экваториальную конфигурацию и необходимо компенсировать видимое суточное вращение неба. Число K_0 для получения необходимой тактовой частоты программа вычисляет и посылает в БУ телескопа, после чего он поворачивается со скоростью $15''^{-1}$ вокруг 3-й оси.

Слежение за медленным объектом может выполняться в двух вариантах. Простейший состоит в наведении на объект и придании телескопу угловых скоростей по осям t , δ , равных видимым скоростям объекта. Для непродолжительного сеанса этого бывает достаточно. Второй вариант реализуется в подпрограмме “Карта” и состоит в постоянном вычислении скорости объекта по эфемериде и ее поддержании, если наблюдатель дал соответствующее разрешение. Он бывает полезен в случае предельно слабых объектов или как своеобразный фильтр, выделяющий искомый ИСЗ среди изображений нескольких объектов. В настоящее время с подпрограммой “Карта” можно следить со скоростями до $490''^{-1}$, но эта величина в достаточной степени произвольна и задана программно. Реальными физическими причинами, ограничивающими скорость, являются величина поля зрения, длительность экспозиции и яркость звезд. В кадре должны быть и объект, и звезды, причем следы хотя бы некоторых звезд не должны выходить за край снимка.

Для *слежения за быстрым объектом* по его обычной (“экваториальной”) эфемериде вычисляется новая эфемерида для собственной системы координат, у которой 3-я ось направлена в полюс орбиты. Монтаж телескопа разворачивается соответствующим образом и запускается подпрограмма “Свой полюс”. За 2 мин до старта труба наводится в начальную точку траектории. Старт слежения может быть дан программой по эфемериде или наблюдателем с ручного пульта, если нет уверенности в точности эфемериды. При пролете ИСЗ, который длится обычно около 4 мин, есть возможность гидировать движение и запускать экспозиции с помощью РП. Компьютер сканирует состояние переключателей РП с частотой 10 Гц и добавляет скорость гидирования с нужным знаком к эфемеридной.

Движение по частным подпрограммам является, как правило, последовательностью движений вышеописанных видов: перегона, астропривода и движения с постоянными скоростями. Например, есть подпрограмма, которая снимает панорамы. Ей указывают размеры поля съемки, начальную точку, систему координат, использовать астропривод или нет, и т.д. После этого она снимает кадр за кадром, автоматически переводя трубу с таким расчетом, чтобы края снимков перекрывались

и впоследствии можно было все объединить в одну картину.

Движение под управлением РП первоначально было задумано как вспомогательное (для технического обслуживания телескопа). В частности, когда фоновая подпрограмма контроля координат обнаруживает, что труба находится под горизонтом, это считается нештатной ситуацией и движение останавливается. Вывести телескоп из такого положения можно только с помощью ручного пульта. Скорости при этом постоянны и равны $\omega_t = 1^\circ \text{ мин}^{-1}$ и $\omega_\delta = 0.5^\circ \text{ мин}^{-1}$. Позже РП начал использоваться и в наблюдениях, когда это целесообразно.

6. УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА

Средством управления и связующим звеном между разными компонентами комплекса является управляющая программа *SBGControl*. Все движения телескопа, действия ПЗС-камеры, регистрация времени и координат и т.д. происходят под ее контролем. При этом программа призвана максимально облегчить работу наблюдателя и повысить ее производительность. С этой целью она обеспечивает вывод на монитор карты участков неба, на которые смотрит труба телескопа, а также панелей всех устройств, входящих в комплекс: ПЗС-камеры, энкодеров, двигателей, GPS-приемника. Для получения карты используется модифицированный каталог *Tucho-2*, дополненный звездами каталога *BSC*. Они загружаются в оперативную память компьютера при запуске программы. Карта является активной: при щелчке по ней мышью координаты курсора записываются в поля ввода координат цели, после чего по команде “Навести” выполняется наведение телескопа в точку, указанную на карте. Такой способ наведения сильно облегчает наблюдение объектов с достаточно большой скоростью, особенно по подпрограмме “Карта”, когда на карте изображаются положения ИСЗ, вычисленные по эфемериде.

Время (UT, звездное s) вычисляется на основе системного времени компьютера, которое приблизительно раз в минуту привязывается к UTC с помощью GPS-приемника. Текущие координаты t, δ вычисляются по отсчетам энкодеров, считываемым с периодом 0.1 с (плюс в такие важные моменты, как открытие или закрытие затвора). Прямое восхождение $\alpha = s - t$ вычисляется с той же частотой.

Отсчеты времени при срабатывании затвора, к которым предъявляются самые высокие требования по точности, получаются на аппаратном уровне. Если затвор закрыт, сигнал *Shutter Output* ПЗС-камеры имеет уровень логического 0, если открыт — уровень 1. Специальная схема превращает перепад этого потенциала в короткий импульс — сигнал *Event* — и направляет его в

GPS-приемник. Момент этого импульса считается моментом срабатывания затвора³. Он привязывается к шкале UTC с точностью до 50 нс (в программе разрядность отсчетов времени ограничена до 0.0001 с), после чего репортаж о нем возвращается с GPS-приемника в компьютер в виде последовательного пакета с протоколом TSIP (Trimble Standard Interface Protocol). Порт COM-2, в который поступает репортаж, в управляющей программе настраивается на асинхронный обмен по прерыванию.

ПЗС-камера *Apogee Alta* в режиме *Normal* обменивается данными с компьютером через порт USB. Кабель из-за большой длины снабжен репитером, выгрузка изображения максимального размера (без бинирования) занимает 3 с. Программа производит его зеркальное отражение и записывает в файл формата FITS, причем текстовая часть файла имеет свой уникальный вид, что вызвано необходимостью записать информацию, которой нет в стандартном заголовке:

- моменты открытия и закрытия затвора, а также контрольный момент подачи команды экспозиции;
- часовой угол, склонение и прямое восхождение при открытии затвора;
- позиционный угол (может быть не равен 0 при неэкваториальной конфигурации монтировки);
- угловые скорости слежения по обеим осям.

На компьютере должна быть установлена программа *MaxIm DL* [8], она используется управляющей программой для просмотра FITS-файлов. Сразу после записи изображения на диск наблюдатель может просмотреть снимок на экране.

Важнейшей частью работы программы является управление движением телескопа, т.е. моторами *SM0* и *SM1*. Моторы имеют внутренние микроконтроллеры, поэтому такие параметры, как микрошаг μ , величины тока шага и тока стоянки и пр. считываются или записываются в них по протоколу SPI эмулируемому программой на регистрах *Reg 5 (SM0)* и *Reg 6 (SM1)* блока управления. После того, как станет известной требуемая скорость движения ω_i , по формулам

$$\nu_i = \frac{\mu_i \omega_i}{0.00625}, \quad K_i = \frac{\nu_{\text{quartz}}}{\nu_i}, \quad i = 0, 1,$$

³Для определения “задержки”, вызванной инерцией затвора, существует специальная методика.

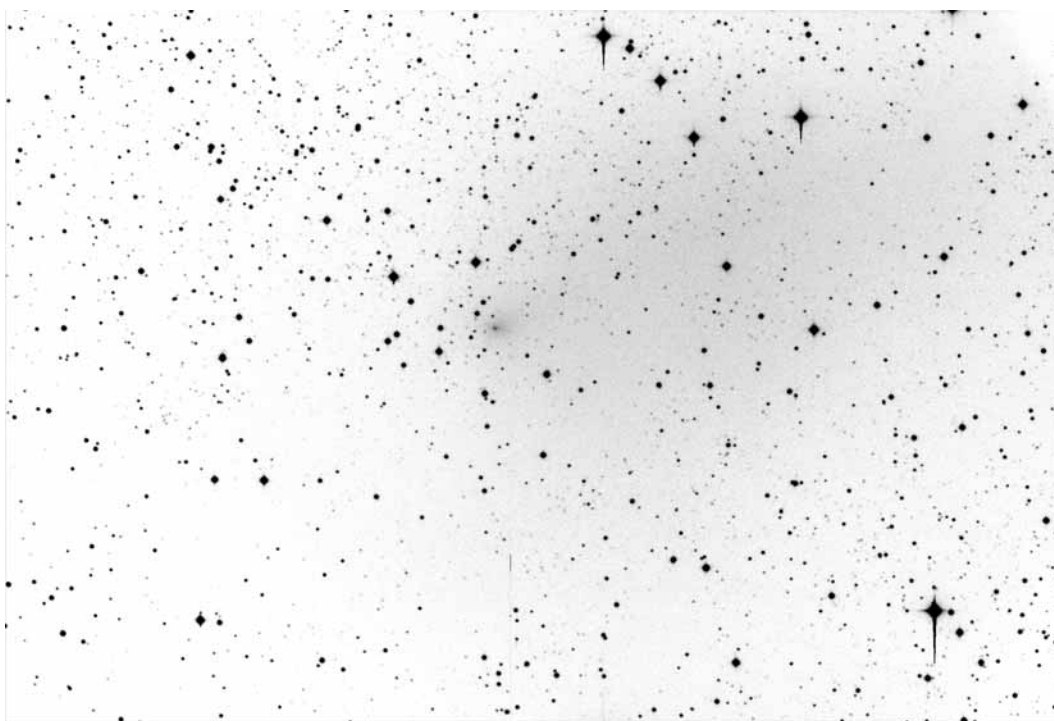


Рис. 2. Пример снимка, полученного на камере SBG при экспозиции 120 с.

вычисляется необходимая частота ν_i и делитель K_i для i -го генератора. При этом программа стремится оставить текущее значение μ_i , и только если получить требуемую скорость с ним невозможно, переходит к другому значению микрошага. Это связано с необходимостью экономить количество записей в энергонезависимую память двигателей, имеющую хотя и большой, но конечный ресурс.

Разгон и торможение при “перегоне” трубы программа осуществляет следующим образом. На этапе анализа задания определяется количество шагов цикла (шаг должен длиться некоторое стандартное время τ) и добавка к скорости, с таким расчетом, чтобы в среднем ускорение оказалось равным $\dot{\omega}_t$ или $\dot{\omega}_\delta$, а пройденный путь — половине полного пути. Для большого пути критерием служит достижение скорости ω_{\max} . Симметричная картина рассчитывается для торможения, с обратным знаком добавки к скорости. После того, как движение запущено, с каждым циклом требуется новая скорость, поэтому генератор небольшими скачками меняет частоту и мотор соответственно меняет скорость. По окончании цикла считывается значение координаты с энкодера с целью узнать, закончено ли наведение. Если нет, все повторяется.

При “слежении” за объектом необходимые скорости (следовательно, частоты и делители K_i) на каждый требуемый момент получают квадратичной интерполяцией эфемериды. При наблюдении быстрых объектов такой простой принцип приводит к постепенному накоплению отклонения. Для

его компенсации введена обратная связь: эфемеридное положение на данный момент сравнивается с реальным положением, даваемым энкодерами. Расстояние между требуемым и действительным положениями учитывается компенсирующей добавкой к скорости.

Работу наблюдателя также облегчают такие элементы пользовательского интерфейса, как звуковая сигнализация и изображение на карте вспомогательных элементов: линий горизонта, экватора и эклиптики, основной орбиты ГСС, тени Земли на расстоянии этой орбиты, положения Солнца и Луны (для вычисления положений Луны использован алгоритм, описанный в [9]).

7. ПРОВЕРКА НА ПРАКТИКЕ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из-за отсутствия полеспрямляющей линзы качество изображения пострадало незначительно. На Рис. 2 видно, что по углам снимков заметно виньетирование, обусловленное обрезанием пучка входным отверстием ПЗС-камеры. Фотометрическая обработка снимков позволяет получать яркость звезд с точностью до $0^m 005-0^m 01$. Профиль интенсивности для звезды имеет вид гауссовой кривой и определяется в основном атмосферным дрожанием. Его характерная полуширина для SBG составляет около $6''-7''$.

После проведенной модернизации в наблюдениях 2008–2010 гг. за наблюдательную ночь в среднем получаем 230 снимков, а в хорошие ночи — от 540 до 620. До модернизации получали за ночь в среднем 30 фотопластинок. Если даже на каждой из них в среднем оказывались изображения трех спутников (что было далеко не всегда), то легко виден прогресс, т.к. на современных ПЗС-снимках изображения объекта есть практически всегда.

Предельная звездная величина при экспозиции 10 с составляет 16^m . Однако, координаты такого изображения невозможно надежно измерить, т.к. оно едва выделяется над фоном. При высотах, на которых атмосферное поглощение мало, с использованием слежения и экспозиций порядка 30 с удавалось наблюдать (т.е. в последующем измерять координаты) ИСЗ с заявленной в целеуказании звездной величиной 14^m . Слабые ИСЗ регистрируются с автоматическим слежением, поэтому условия формирования их изображений не отличаются от условий съемки звезд в астрорежиме.

Астрометрическая обработка наблюдений автоматизирована. В последнее время для этой цели используется программный комплекс Fits-SBG, разработанный в АО Ургу (Э. Д. Кузнецов) [10]. Среднеквадратичные ошибки определения координат спутников не превышают $1''$.

Таким образом, хотя в управляющую программу время от времени еще вносятся незначительные усовершенствования, цели модернизации камеры SBG можно считать достигнутыми.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по программе “Исследования и раз-

работки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы” (государственный контракт № 16.518.11.7074).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А. Изотов, В. И. Зубинский, Н. Л. Макаренко, *Основы спутниковой геодезии* (Недра, Москва, 1974).
2. И. И. Краснорылов, Ю. В. Плахов, *Основы космической геодезии* (Недра, Москва, 1976).
3. В. В. Фаронов, *Delphi. Программирование на языке высокого уровня* (Питер, Санкт-Петербург, 2005).
4. А. Я. Архангельский, *Приемы программирования в Delphi* (Бином, Москва, 2004).
5. М. Ю. Гук, *Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия, 2-е изд.* (Питер, Санкт-Петербург, 2005).
6. В. Несвижский, *Программирование аппаратных средств в Windows* (БХВ-Петербург, Санкт-Петербург, 2004).
7. Н. Елманова, С. Трепалин, А. Тенцер, *Delphi и технология COM. Мастер-класс* (Питер, Санкт-Петербург, 2003).
8. *MaxIm DL. CCD Imaging Software, Version 4* (Diffraction Limited, 1997-2006)
9. J. Meeus, *Astronomical algorithms* (Willman-Bell, Richmond, Virginia, 1991).
10. П. Е. Захарова, Д. В. Гламазда, Г. Т. Кайзер, Э. Д. Кузнецов, в *Материалах 38-й Международной студенческой научной конференции Физика космоса, Коуровка, Россия, 2008* (Изд. УрГУ, Екатеринбург, 2009), с.343.

SBG CAMERA OF KOUROVKA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

D. V. Glamazda

The set-up and principle of operation of the systems of the SBG telescope, which was upgraded in 2005–2006 at the Kourovka Astronomical observatory, are described in detail. The reduction of the field of view (photographic plates replaced by a CCD) is compensated by an increased operation speed, achieved by automating both the telescope drives and image processing procedure.

Keywords: *telescopes—instrumentation: detectors*