

Оптические инструменты ГКАУ, достигнутые результаты и перспективы развития

В.В.Рыхальский¹, В.В.Лопаченко¹, С.В.Рыщенко²

¹ *Национальный центр управления и испытания космических средств, Украина.*

² *Центр приема и обработки специальной информации, контроль навигационного поля, Украина.*

Государственное космическое агентство Украины располагает двумя Квантово-оптическими системами (КОС) «Сажень-С» с телескопами АЗТ-28 и одной Астрономической оптической системой (АОС) с телескопом АЗТ-8 (рис.1). Эти системы обеспечивают измерительной информацией по космическим объектам (КО) Центр контроля и анализа космической обстановки (ЦКАКО).



АЗТ-8, Евпатория



АЗТ-28, Евпатория



АЗТ-28, Дунаевцы

Рис.1 Телескопы ГКАУ

Особенности технических характеристик телескопов позволяет разделить весь круг решаемых задачи на наблюдение низких и высоких околоземных орбит. Основной задачей телескопов АЗТ-28 является наблюдение низкоорбитальных (от 150 до 20000км) КО и получение по ним астрометрической, дальномерной и некоординатной информации. Перед АЗТ-8 стоит задача получения астрометрической и фотометрической информации по геостационарным и высокоэллиптическими КО. Применение оптических систем позволяет ЦКАКО решать следующий круг задач:

- o Баллистическое и некоординатное сопровождение приоритетных КО.
- o Контроль запусков Украинских КА и мониторинг результатов запусков КА Украинскими ракет- носителей.
- o Уточнение параметров сближений КО с сопровождаемыми ЦКАКО объектами.
- o Отслеживание схода КО с орбиты и определение степени угрозы такого события для территории Украины.
- o Наблюдение КО по внешним договоренностям ГКАУ.

Телескопы АЗТ-28 изначально создавались для решения задачи высокоточного определения дальности до навигационных КА «ГЛОНАС» с помощью лазерного дальномера на высотах 20 тыс.км. В настоящее время лазерный передатчик с длительностью импульса 10нс морально и физически устарел. Однако, в случае наличия угольковых отражателей на КА, могут решаться частные задачи по эталонированию систем проводящих измерения дальности и доплеровского смещения в радио диапазоне, а так же получение дальности до КО на высоких орбитах. В качестве свето- регистрирующей аппаратуры на АЗТ-28 были установлены две телевизионные камеры на основе вакуумных трубок ЛИ-804. Данные трубки обладают высокой чувствительностью ($5 \cdot 10^{-6}$ лк) и относительно большими линейными размерами свето- чувствительной поверхности ($d=35\text{мм}$), однако они уже сняты с производства, а ресурс имеющихся в наличии трубок исчерпан, что приводит к нестабильности их характеристик, сложности в настройке и эксплуатации. При измерении угловых координат объектов телескопами АЗТ-28

используется абсолютный метод измерений, что является причиной относительно низкой точности измерений: до 10 – 20 угловых секунд. Однако, этот недостаток частично компенсируется высокой производительностью телескопа и оперативностью получения данных, кроме этого начаты работы по реализации относительного метода измерений. Так, координатные измерения по КО могут быть отправлены в центр обработки для оперативного уточнения орбиты непосредственно по окончании измерений, что позволяет получить уточненные параметры орбиты уже для следующего витка.

В настоящее время телескопы АЗТ-28 находящиеся в Евпатории и в Дунаевцах несколько отличаются друг от друга. Аппаратная часть управления Дунаевского телескопа, а так же подсистема измерения дальности была модернизирована силами персонала с широким применением программируемых микроконтроллеров. В качестве основы аппаратуры регистрации оптических наблюдений продолжают использоваться вакуумные трубки ЛИ-804. Получение фотометрических измерений по КО являются новым направлением функционирования, которое реализуется с применением ФЭУ и при научном сотрудничестве со специалистами Лаборатории космических исследований Ужгородского национального университета. В качестве иллюстрации результата функционирования Дунаевского КОС «Сажень» на рис.2 представлены результаты фотометрических наблюдений КА «Сич-2» полученные на первых витках полета.

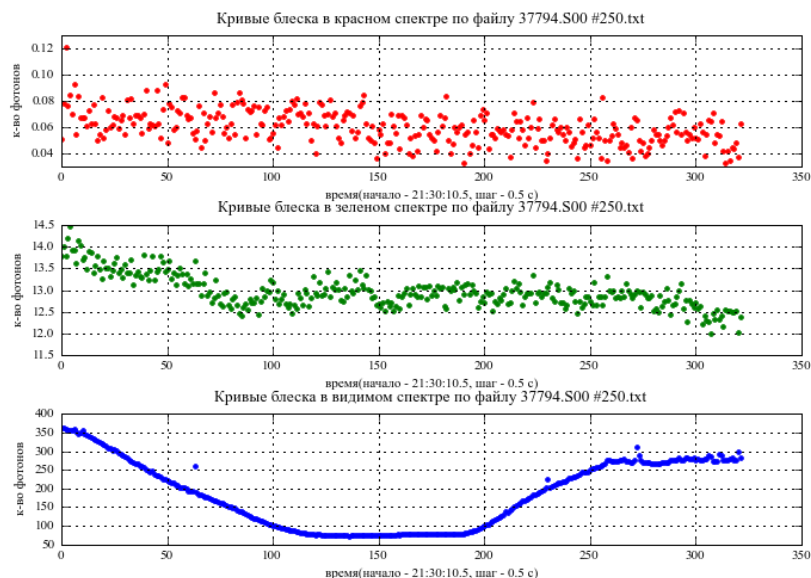


Рис.2 Измеренная 17.08.2011г. Дунаевским КОС интенсивность от КА Сич-2 в трех спектральных диапазонах.



Дунаевцы



Евпатория

Рис.3 Аппаратные залы управления телескопами

Особенностью Евпаторийского КОС является использование в качестве регистрирующей аппаратуры ПЗС камеры VNC-748-H2, которая позволяет получать одновременно астрометрическую и фотометрическую информацию. Данная ПЗС камера значительно уступает в размерах светочувствительной поверхности трубкам ЛИ804, однако по чувствительности приближается к ним (размер: 7.4x5.9мм, чувствительность: 0.005лк в телевизионном режиме или 0.00005лк в «ночном» режиме). Дополнительно, одна такая ПЗС камера установлена параллельно подсистеме измерения дальности на длиннофокусный объектив ($d=500\text{mm}$ $f=8000\text{mm}$), что позволяет получать образы некоторых КО на низких орбитах, см. рис.4.

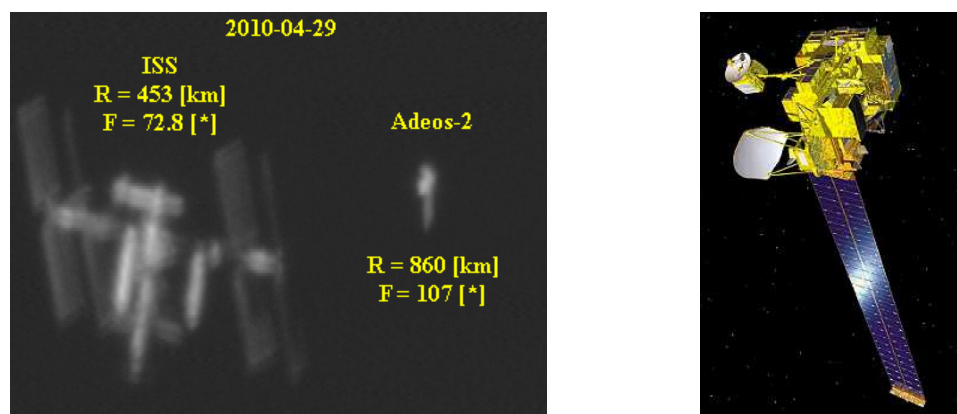


Рис.4 Полученные образы МКС и Adeos-2, а так же изображение КО Adeos-2 (размер: 6x4x4м, СБ: 3x24м)

Для объектов с малым угловым размером, производится регистрация изменения их блеска. Так же, с помощью Евпаторийского телескопа АЗТ-28 и телескопа Одесской обсерватории КТ-50 проводятся регулярные синхронные фотометрические наблюдения КО (рис.5)

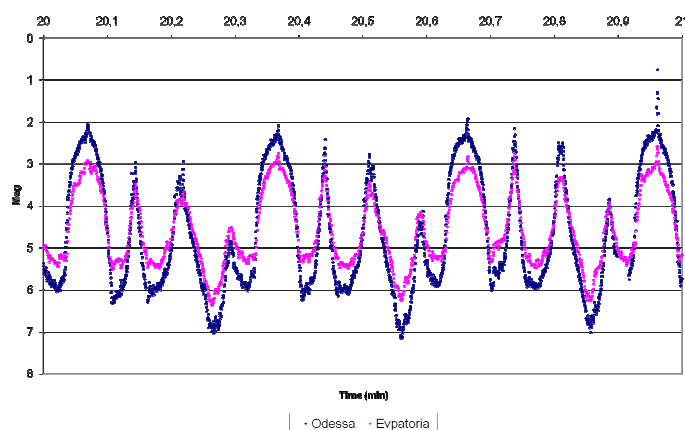
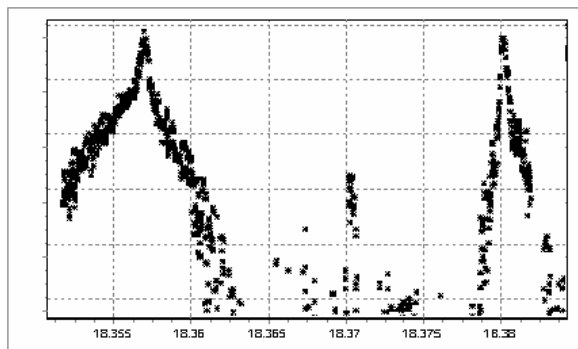
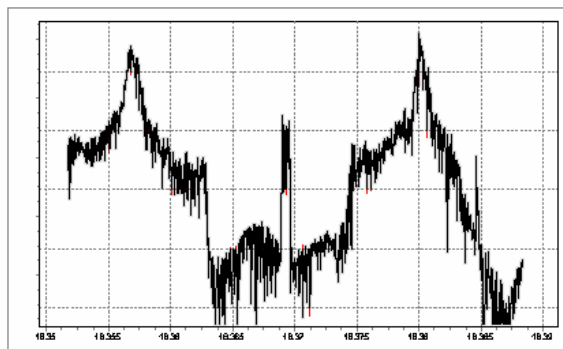


Рис.5 Пример синхронных фотометрических наблюдений КО TOPEX/POSEIDON (1992-052A) в Одессе и в Евпатории

Практическим аспектом проведения фотометрии КО является возможность независимой оценки текущего состояния объекта. Так в 2010г. при выходе из строя КА «ЕгипетСат-1» по фотометрическим измерениям, полученным в результате совместных наблюдений с астрономическими обсерваториями Украины было определено, что аппарат потерял трехосную ориентацию и неконтролируемо вращается. Рассчитанные параметры ориентации КА были подтверждены в результате компьютерного моделирования проведенного на базе Евпаторийского КОС, рис.6.



Измеренный



Смоделированный

Рис.6 Блеск КА «ЕгипетСат-1»

В дополнение к двум телескопам АЗТ-28, начиная с 2005г. при активном участии специалистов Николаевской астрономической обсерватории началось восстановление Евпаторийского телескопа АЗТ-8. Была проведена замена силовых и управляющих агрегатов, разработано программное обеспечение по управлению телескопом. В начале 2008г. была закуплена и установлена ПЗС камера FLI PL09000 размерностью 3056x3056 пикселей по 12 микрон. В совокупности с диаметром объектива 700мм и фокусным расстоянием 2800мм было получено поле зрения 46'x46' и достигнуто проникание до 17.5^m за время накопления 10с при точности измерения угловых координат порядка 0.4".

Несмотря на свою короткую историю функционирования после восстановления, в 2006г. телескоп АЗТ-8 получил регистрационный код «B17» в центре малых планет, а так же принял участие в ряде наблюдательных компаний, см. таблицу 1.

Таблица 1. Основные результаты функционирования телескопа АЗТ-8

Год	Организация- партнер	Результат работ
2006	ИПИМ им.Келдыша	АСЗ 2004XP14
		Космический мусор на ГСО в рамках проекта «Интерферометр»
	Международный Центр Малых Планет (MPC)	Наблюдение астероидов. Регистрация АЗТ-8 в MPC (получен код "B17").
2007	обсерватория КАДАР (Р.Ф.)	АСЗ 2006VV2
2008	IADC (подкомитет ООН)	КМ на ГЕО в рамках участия НКАУ в МККМ
	ИПИМ им.Келдыша	РСДБ с участием РТ-70 (Евпатория)
	ЦКАКО	Оценка состояния аварийного КО «КазСат-1»
		Оценка возможности участия в проекте «РадиоАстрон»
2009	MPC	Фотометрия АСЗ F9402
2010	MPC, ESA	Наблюдение 126 астероидов в рамках подготовки к участию в проекте GAYА
2011	ИПИМ им.Келдыша	Наблюдения КА «Спектр-Р»
		Подготовка к наблюдению межпланетного аппарата «Фобос» на отлетной траектории.
		Сотрудничество в исследовании КМ.

В конце 2010г. по инициативе ЦКАКО была проведена работа по передаче в ведение ГКАУ пяти оптических телескопов ранее эксплуатировавшихся в геодезической части Министерства обороны Украины, которая располагается в г.Симферополь (рис.7).



«Гранада»



«Сажень-2»

Рис.7 Телескопы переданные в распоряжение ГКАУ в 2010г.

Предполагается, что четыре модернизированных телескопа «Гранада» станут основой для автоматизированной системы предназначенной для автоматической регистрации пролетающих через их поле зрения КО, а модернизированный телескоп «Сажень-2» в рамках этой системы будет выполнять задачу оперативного сопровождения неидентифицированных объектов. При разработке системы планируется учесть опыт полученный в ходе модернизации систем КОС и АОС, а так же использовать наработки по автоматизации процесса управления телескопами и разработанного программного обеспечения по автоматическому детектированию космических объектов, полученные в ходе эксплуатации телескопов АЗТ-28 и АЗТ-8.

С момента начала восстановления работоспособности телескопов в 2000г. и их дальнейшей модернизации, был проделан значительный объем работ. Как результат, на данный момент телескопы ГКАУ выполняют широкий круг задач по обеспечению выполнения задач ЦКАКО, наземной поддержки функционирования национальных КА и решению научно-прикладных задач. Налажено научно – техническое взаимодействие с астрономическими обсерваториями Украины, которые занимаются наблюдением КО и изучением околоземного космического пространства. Существуют наработки по созданию новых систем и программного обеспечения.