

(Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы)

ОПТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ «ЭКРАН»

Аннотация. Проанализированы результаты астрометрических и фотоэлектрических, наблюдений выполненных наземными станциями РК 1988–2013 гг. для 22 ГСС серии «Экран». Определены их интегральные оптические характеристики, подтверждены факты разрушения двух ГСС из этой серии (77092А и 79087А), показана эффективность совместного анализа координатной и фотометрической информации при оценке состояния КА на орбите.

Ключевые слова: геостационарная орбита, космический мусор, наземные наблюдения ГСС.

Тірек сөздер: геостационарлық, орбита, ғарыш қоқысы, ГСС жерден бақылау.

Keywords: geostationary orbit, space debris, ground observations of GSS.

Данная работа является составной частью наших исследований, связанных с проблемой отождествления геостационарных спутников (ГСС) и фрагментов «космического мусора» на основе наземных оптических наблюдений. Методика получения и интерпретации координатной и фотометрической информации достаточно детально описаны в наших работах (напр. [1-3] и др.). Здесь мы приводим результаты анализа информации, имеющейся в нашей БД, по спутникам серии «Экран», наблюдения 1988-2013г.г.

ГСС «Экран» и «Экран М» широко представлены в советской группировке спутников связи. Они были смонтированы на базе универсальной спутниковой платформы КАUR – 3 с трехосной стабилизацией и солнечными панелями площадью 25 м², которые обеспечивали 1280 W. В дальнейшем эта платформа послужила основой для следующих поколений КА: «Горизонт», «Радуга», «Космос (Prognoz)», «Космос (Luch-Geizer)», «Экспресс». Характерная особенность «Экранов» – наличие фазированной решетчатой антенны площадью 12 м², работающей на 702-726 MHz, [4]. Практика наших наблюдений показывает, что каждый из перечисленных типов ГСС имеет свои индивидуальные оптические и динамические характеристики, которые позволяют отличить один тип от другого.

В таблице 1 приведен список из 22 космических аппаратов (КА) серии «Экран», наблюдавшихся наземными пунктами РК, для 17 из них вместе с координатной была получена и фотометрическая информация. В таблице указаны их международные номера, дата начала орбитальных наблюдений, интервал фотометрических наблюдений. В последнем столбце:

– тип КА на момент наблюдений: в активном (С) и в пассивном состоянии (L – либрационный, D – дрейфующий) и следующие величины, определенные на последнюю дату наблюдений:

- Dm – максимальный дрейф (град/сут), т.е. дрейф при прохождении долготы 75° , для либрационных – без знака, для дрейфующих со своим знаком;
- P – период изменения долготы (в сутках), (для либрационных – период либрации);
- A – амплитуда либрации (в градусах) .

Таблица 1 Список наблюдавшихся ГСС серии «Экран»

№	Международный номер	Дата начала орбитальных наблюдений	Интервал фотометрических наблюдений	Тип; Dm (град/сут); P - (сут); A - (град)
1	2	3	4	5
1	76107A	1992-11-23	1999.10.10 – 2012.01.28	L; 0.184; 782.9; 22.6
2	77092A	1992-11-22	2003.10.28 – 2012.08.17	L; 0.195; 788.0; 24.1
3	79015A	1999-07-10	2004.11.20 – 2012.10.11	L; 0.194; 787.8; 24.0
4	79087A	2000-10-03	2012.08.16	L; 0.172; 777.4; 21.0
5	80060A	1994-03-14	2006.09.21 – 2012.08.11	L; 0.425; 1274.1; 70.1
6	80104A	1992-05-28	2003.10.03 – 2006.08.28	L; 0.190; 785.8; 23.5
Окончание таблицы 1 –				
1	2	3	4	5
7	81061A	1997-03-16	2006.08.23 – 2013.05.14	L; 0.209; 795.4; 25.9
8	82009A	1994-09-29	2013.11.05	D; -1.248; 299.1
9	82093A	1999-08-04	2006.07.25	L; 0.226; 805.6; 28.3
10	83016A	1993-10-12	–	D; -18.876; 19.1
12	83100A	1992-11-20	1999.08.09 – 2012.07.20	L; 0.214; 798.7; 26.7
13	84028A	2005-04-11	–	D; -15.174; 23.7
14	84090A	1999-07-10	29.05.87	D; -15.298; 23.5
15	85024A	1997-09-27	–	D; -19.721; 18.3
16	86038A	1994-04-18	2013.03.09	D; -13.424; 26.8
17	87073A	1999-07-10	2013.03.09 - 2	D; -13.647; 26.4
18	87109A	1988-01-11	1988.02.16 - 1989.10.20 2013.02.14 - 2	C D; -15.802; 22.8
19	88036A	2000-11-26	–	D; -18.452; 20.0
20	88108A	1991-04-09	1989.05.12 - 1989.10.20 2013.03.09	C D; -13.045; 27.6
21	92074A	1992-11-17	2006.09.25	L; 0.200; 790.9; 24.8
22	01014A	2001-11-16	–	D; -2.471; 147.0

В качестве примера на рисунке 2 показаны фазовые кривые для ГСС «Экран 19» (88108A), наблюдения 26.09.1989 г.: объект стабилизирован, точка стояния $\lambda = 99^\circ 10'$, наклон плоскости орбиты к плоскости экватора $i = 0^\circ 10'$, склонение Солнца $\delta_c = 1^\circ$. При фазовых углах $\varphi = -70^\circ \div 70^\circ$ фазовые коэффициенты в трех спектральных диапазонах примерно одинаковы и имеют достаточно большое значение: $\beta = 0.045^{m/гр}$, что свидетельствует о высокой степени затенения деталей поверхности друг другом.

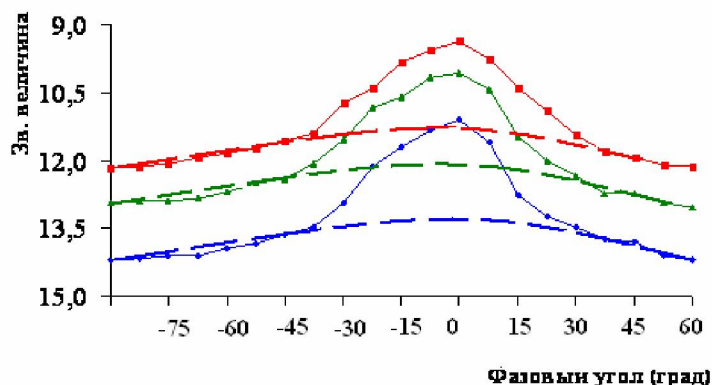


Рис. 2. – Фазовые кривые для ГСС «Экран 19» (88108A) в фильтрах В - ●, V-▲ и R- ■, наблюдения 26.09.1989 г. Штриховые линии – аппроксимация пластиной

Аппроксимация фазовой кривой функциями простых геометрических тел не дает удовлетворительного результата. Некоторое согласие с уравнением, описывающим отражение от пластины, удастся получить, если использовать значения блеска при больших фазовых углах ($\varphi > 30^\circ$), что также подтверждает наличие плоских элементов, приводящих к существенному затенению. На рисунке 2 данная аппроксимация обозначена штриховыми линиями.

На рисунке 3 приведена кривая блеска этого же КА, свернутая за период 209,8 сек, полученная после перехода его в нерабочее состояние, [5]. Единичный вектор нормали к поверхности, формирующей данные вспышки, на момент наблюдений имел координаты: $X_n = 0.8960$; $Y_n = -0.4315$; $Z_n = -0.1049$, т. е. объект был ориентирован по отношению к наблюдателю под углом 25° . Здесь X_n , Y_n , Z_n – компоненты единичного нормального вектора в экваториальной системе координат (начало – в центре масс объекта, ось X параллельна небесному экватору в направлении точки весеннего равноденствия, ось Y направлена в центр Земли, а ось Z – в полюс мира параллельно оси вращения Земли). Показатели цвета боковых вспышек: $(B-V) \sim 0^m,16$; $(V-R) \sim 0^m,78$ соответствуют зеркальным вспышкам от солнечных батарей, [6]. Центральный пик имеет $(B-V) \sim 0^m,60$; $(V-R) \sim 0^m,50$, что соответствует отражению от фазированной решетки.

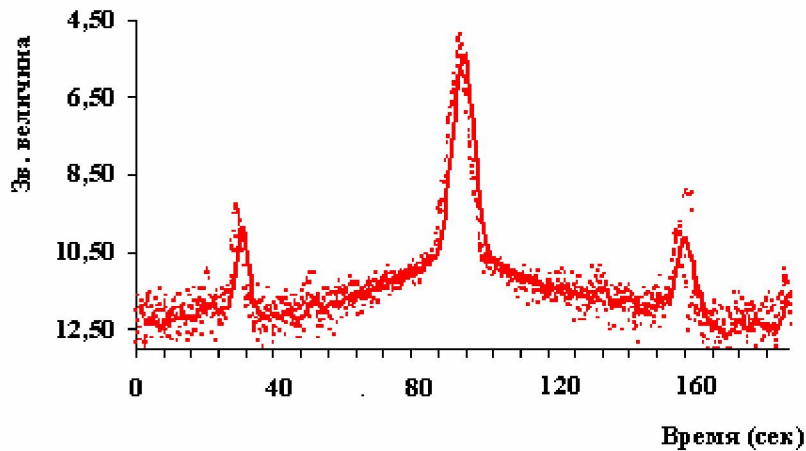


Рисунок 3 – Кривая блеска ГСС «Экран 19» (88108A), свернутая за период 209,8 сек. Наблюдения 09.03.2013 г., фильтр R, фазовый угол $\varphi = 21^\circ 05'$.

Следует отметить, что на фазовых кривых ГСС «Экран», как стабилизированных, так и пассивных, нет вспышек, которые можно было бы интерпретировать отражением от вогнутых антенн. Рисунок 4 демонстрирует зависимость блеска ГСС «Экран 11» (83100A) от угла поворота КА относительно центра масс, ноль соответствует направлению оси рыскания на наблюдателя. Наблюдения проводились 23.09.2006 г. в трех фильтрах, шаг по времени $\Delta t = 0,5$ сек, кривые «свернуты» за период $P = 19,4$ сек.

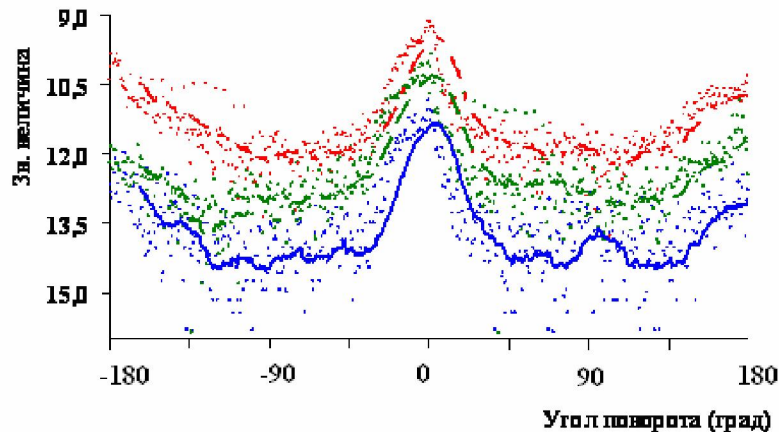


Рисунок 4 – Кривые блеска КА «Экран 11», наблюдения 23.09.2006г. фильтры В - —, V- — — и R- - - -

На основе фазовых кривых для каждого из сопровождаемых объектов был построен фазовый портрет, определена ориентация КА на фиксированные моменты и вычислены эффективные площади отражения в полосах В, V и R с учетом эффекта старения покрытий [7]. В диапазоне $\varphi = -70^\circ \div 70^\circ$ как для стабилизированных так и для нестабилизированных ГСС «Экран» (за исключением КА 77092А и 79087А) эффективные площади отражения оказались близки и составили: $S_{\gamma_B} = 1,56 \pm 0,03 \text{ м}^2$, $S_{\gamma_V} = 2,62 \pm 0,03 \text{ м}^2$, $S_{\gamma_R} = 3,19 \pm 0,03 \text{ м}^2$.

Особое внимание было уделено анализу имеющейся у нас информации для ГСС 77092А и 79087А. Согласно Киладзе Р.И. и Сочилиной А.С. [8], они входят в список объектов с непрогнозируемыми изменениями параметров орбитального движения. Нестандартное поведение этих КА может свидетельствовать об их фрагментации. Результаты наших расчетов показывают, что для всех наблюдаемых «Экранов» (кроме КА 77092А) углы наклонов и узлов по отношению к плоскости Лапласа на момент их запуска имеют близкие значения: $i \sim 7^\circ 36'$ и $\Omega \sim 270^\circ$. Для объекта 79087А величины i и Ω практически не отличаются от этих значений. Для КА 77092А $i \sim 8^\circ 25'$ и $\Omega \sim 200^\circ$, что указывает на нестандартную эволюцию орбитальных параметров и может быть следствием его разрушения.

Из анализа фотометрической информации следует, что величины эффективных площадей отражения для КА 77092А: $S_{\gamma_B} = 0,51 \pm 0,05 \text{ м}^2$, $S_{\gamma_V} = 0,54 \pm 0,05 \text{ м}^2$, $S_{\gamma_R} = 0,68 \pm 0,05 \text{ м}^2$. Для ГСС 79087А: $S_{\gamma_B} = 1,21 \pm 0,05 \text{ м}^2$, $S_{\gamma_V} = 2,12 \pm 0,05 \text{ м}^2$, $S_{\gamma_R} = 2,79 \pm 0,05 \text{ м}^2$. Очевидно, что эффективные площади отражения этих двух объектов отличаются от аналогичных величин для обычных «Экранов», причем эта разница существенно больше для КА 77092А чем для 79087А. Естественный вывод, который может объяснить уменьшение эффективной площади отражения объекта – его разрушение. По-видимому, фрагментация 79087А не настолько велика, чтобы это сказалось на величинах i и Ω .

Таким образом, полученные результаты подтверждают факты разрушения двух ГСС из серии «Экран» и доказывают эффективность совместного анализа координатной и фотометрической информации при оценке состояния ГСС на орбите.

Работа выполнена в рамках бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности», шифр О.0577.

ЛИТЕРАТУРА

1 Диденко А.В., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Афонин А.Н. и др. Зональный каталог геостационарных спутников. Выпуск 2. – 2000. – Алматы. – Гылым. – 108 с.

2 Didenko A.V., Usoltseva L.A. Methods of geostationary satellites' identification by the photometric information // Transaction of the KAU. – 2001. – № 2. – P. 83-91.

3 Диденко А.В. Идентификация геостационарных спутников DSP по их орбитальным и фотометрическим характеристикам // Вестник КазНПУ им. Абая. Сер. «Физ-мат. науки». № 1(12). – 2005. – С. 76-80.

4 Gunter's Space Page <http://www.skyrocket.de/space>

5 Диденко А.В., Усольцева Л.А. Об определении периодов вращения геостационарного спутника (ГСС) вокруг центра масс // Известия НАН РК. Сер. «Физ-мат.». – №4. – 2007. – С.90-93.

6 Муртазов А.К. Оптические свойства поверхностей ИКО и техногенных отходов в космосе // Околосолнечная астрономия и проблемы изучения малых тел солнечной системы. М. – 2000. – С. 262-268

7 Диденко А.В. О влиянии старения покрытий космического аппарата на его фотометрические характеристики // Вестник КазНПУ им. Абая. Сер. «Физ-мат. науки». 2005. – № 1(12). – С. 81- 84.

8 Киладзе Р.И., Сочилина А.С. Теория движения геостационарных спутников. С.Петербург: – 2008. – С.132.

REFERENCES

1 Didenko A.V., Demchenko B.I., Usoltseva L.A., Afonin A.N. etc. *Zonalnyj katalog geostatsionarnyx sputnikov*. Vypusk 2. 2000. Almaty. Gылым. 108 с. (in Russ).

2 Didenko A.V., Usoltseva L.A. *Metody identifikatsii geostatsionarnyx sputnikov po photometricheskoy informatsii*. Transaction of the KAU. – 2001. – № 2. – P. 83-91. (in Russ).

3 Didenko A.V. *Identifikatsia geostatsionarnyx sputnikov DSP po ix orbitalnym i photometricheskim xarakteristikam.* Vestnik KanNPU im. Abaja. Ser. phis.-mat. nauki ». – № 1(12). – 2005. – С. 76-80. (in Russ).

4 <http://www.skyrocket.de/space>.

5 Didenko A.V., Usoltseva L.A. *Ob opredelenii periodov vrasheniia geostatsionarnogo sputnika (GSS) vokrug tsentra mass.* Izvestia NAN RK. Ser.. «fiz-mat.». – № 4. – 2007. – С.90-93. (in Russ).

6 Murtazov A.K. *Opticheskie svoystva poverkhnostej IKO I texnogenyx otxodov v kosmose. Okolozemnaja astronomia i problemy izucheniya malyx tel solnechnoj sistemy M.* – 2000. – С. 262-268. (in Russ).

7 Didenko A.V. *O vlijanii starenia pokrytiy kosmicheskogo apparata na ego fotometricheskie xarakteristiki.* Vestnik Vestnik KanNPU im. Abaja. Ser. phis.-mat. nauki ». – № 1(12). – 2005. – С. 81-84. (in Russ).

8 Kiladze R.I, Sochilina A.S. *Teoria dvizhenia geostatsionarnyx sputnikov.* S. Peterburg: – 2008. – С.132. (in Russ).

Резюме

А. В. Диденко, Л. А. Усольцева

(Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы)

ОПТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ «ЭКРАН»

Проанализированы результаты астрометрических и фотозлектрических, наблюдений выполненных наземными станциями РК 1988–2013 гг. для 22 ГСС серии «Экран». Определены их интегральные оптические характеристики, подтверждены факты разрушения двух ГСС из этой серии (77092А и 79087А), показана эффективность совместного анализа координатной и фотометрической информации при оценке состояния КА на орбите.

Резюме

А. В. Диденко, Л. А. Усольцева

(В.Г.Фесенков ағындағы Астрофизикалық институты, Алматы)

«ЭКРАН» ГЕОСТАЦИОНАР ЖЕР СЕРІКТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

1988–2013 жж. 22 ГСС үшін «Экран» серияларымен КР жерүсті станцияларымен орындалған астрометрикалық және фотозлектрлік бақылаулардың нәтижелері талданған. Олардың интегралдық оптикалық сипаттамалары анықталды, бұл серияның ішіне екі ГСС (77092А және 79087А) сериясының қирау фактысы дәлелденді (ҒА (ғарыштық аппарат) жай-күйін бағалаушы үйлестіруші және фотометрлік бірлескен талдаулардың тиімділігі көрсетілді.

Тірек сөздер: геостационарлық орбита, ғарыш қоқысы, ГСС жерден бақылау.

Summary

A. V. Didenko, L. A. Usoltseva

(V.G.Fessenkov Astrophysical institute «NCSRT» NSA RK, Almaty)

THE OPTICAL AND DYNAMICAL CHARACTERISTICS OF GEOSTATIONARY SATELLITES «EKARAN»

We have analyzed the results of the coordinate and photometric (in BVR) information for 22 GSS series "Ekran" obtained by ground-based observation stations of Kazakhstan in 1988–2013. There were determined their integral optical characteristics, confirmed the facts of fragmentation of two GSS from this series (77092A and 79087A). It was shown that the joint analysis of the photometric and coordinate information is efficient for evaluation of the spacecraft status in the orbit.

Поступила « » 04.2014 г.