УДК 523.4-

А. В. ДИДЕНКО, Л. А. УСОЛЬЦЕВА

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

ОПТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ «ЭКРАН»

Аннтотация. 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 (77092A и 79087A), показана эффективность совместного анализа коорди-натной и фотометрической информации при оценке состояния КА на орбите.

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

Тірек сөздер: геостанционарлық, 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 KAUR – 3 с трехосной стабилизацией и солнечными панелями площадью 25 м^2, 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 м^2, работающей на 702-726 MHz, [4]. Практика наших наблюдений показывает, что каждый из перечисленных типов ГСС имеет свои индииивидуальные 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 орби-тальных наблюдений, интервал фотометрических наблюдений. В последнем столбце:

– тип КА на момент наблюдений: в активном (C) 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 $\lambda = 99°10'$, наклон плоскости орбиты к плоскости экватора $i = 0°10'$, склонение Солнца $\delta_c = 1°$. При фазовых углах $\varphi = -70° \div 70°$ 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.

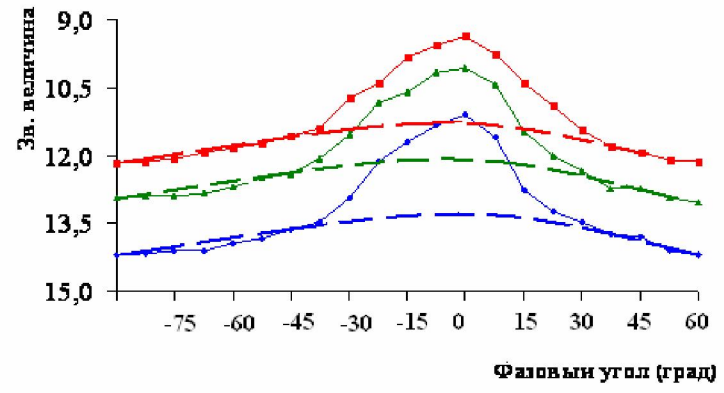

Рис. 2. – Фазовые кривые для ГСС «Экран 19» (88108A) в фильтрах B - ●, V-▲ и R- ■, наблюдения 26.09.1989 г. Штриховые линии – аппроксимация пластиной

Аппроксимация фазовой кривой функциями простых геометрических тел не дает удовлетворительного результата. Некоторое согласие с уравнением, описывающим отражение от пластины, удается получить, если использовать значения блеска при больших фазовых углах ($\varphi > 30^{\circ}$), что также подтверждает наличие плоских элементов, приводящих к существенному затеенению. 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) ~ $0^m,16$; (V-R) ~ $0^m,78$ соответствуют зеркальным вспышкам от солнечных батарей, [6]. Центральный пик имеет (B-V) ~ $0^m,60$; (V-R) ~ $0^m,50$, что соответствует отражению от фазированной решетки.

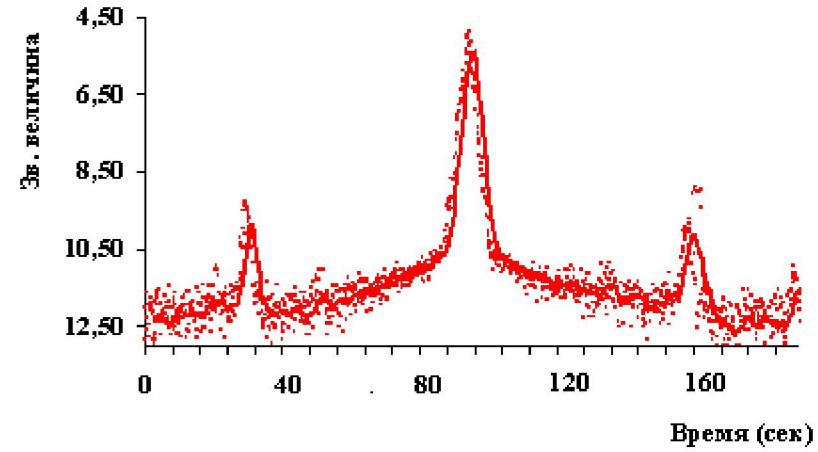

Рисунок 3 – Кривая блеска ГСС «Экран 19» (88108A), свернутая за период 209.8 сек. Наблюдения 09.03.2013 г., фильтр R, фазовый угол $\varphi = 21^{\circ}05'$.

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 Δt = 0,5 сек, кривые «свернуты» за период P = 19,4 сек.

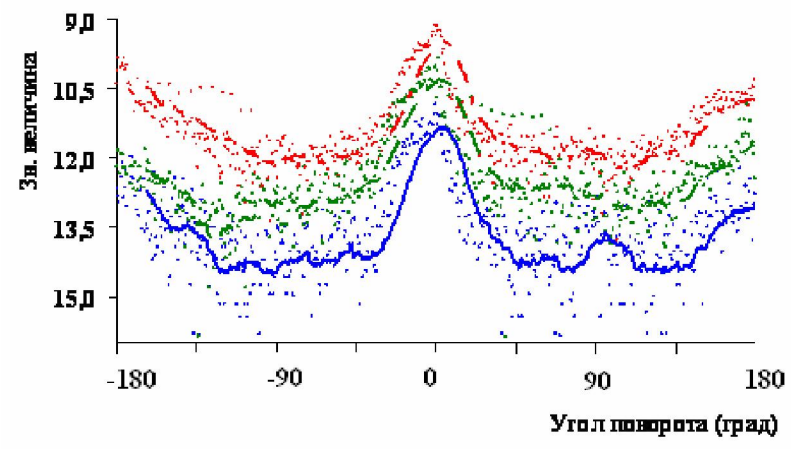

Рисунок 4 – Кривые блеска КА «Ekran 11», наблюдения 23.09.2006г. фильтры B - —, V- — — и R- — · —