

*А.В. ДИДЕНКО, Л.А. УСОЛЬЦЕВА*

## **АНАЛИЗ НАЗЕМНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ АВАРИЙНОМ ГЕОСТАЦИОНАРНОМ СПУТНИКЕ DSP F23**

Анализ координатных и фотометрических наблюдений 2008-2009г.г. свидетельствует о нештатном состоянии DSP F23. Для аппаратов данного типа характерно изменения блеска с периодом, близким к 10 сек. Период вращения DSP F23 вокруг центра масс составляет 4391 сек., имеет место прецессия оси с углом, не превышающим  $\pm 2^\circ$ . Ориентация спутника относительно центра Земли практически сохранена, но отсутствует вращение вокруг оси, направленной в центр Земли. Последнее является основной причиной перехода аппарата в либрационный режим движения.

Спутники DSP являются частью системы NORAD (система тактического предупреждения и отражения нападения) ВВС США с 1970 годов, [1]. Космические аппараты (КА) этой серии обозначаются и как IMEWS (Integrated Missile Early Warning Satellites). Программа DSP (Defense Support Program) была разработана с целью обнаружения и сообщения в реальном времени о запусках ракет, ИСЗ и ядерных взрывах. Спутниковая система состоит из пяти космических аппаратов (КА). Три из них обеспечивают основное эксплуатационное обслуживание, два дополнительных являются дублирующими на случай возникновения проблем с основными спутниками.

В состав полезного груза входит телескоп с ИК - датчиком для выделения на земном фоне факелов от запуска ракет. Спутник выводится на геосинхронную экваториальную орбиту так, чтобы ось его вращения была направлена по нормали к поверхности Земли, скорость вращения должна составлять 6 оборотов в минуту. Основное требование к космическому кораблю - обеспечить позиционный контроль для точного наведения системы.

Запуск DSP 23 (другие обозначения - IMEWS-23, USA-197) состоялся 11 ноября 2007 г. Аппарат относится к третьему поколению этой серии, его длина около 10 м, диаметр - 4,15 м, имеются четыре откидных солнечных батареи площадью около  $1,8 \text{ м}^2$ , вес  $\sim 2,4$  тонны, потребляемая мощность  $\sim 1250 \text{ W}$ , [2]. В силу специфики задач, выполняемых спутниками DSP, имеющиеся официальные сведения (см., напр., [3]) об их положении и состоянии не всегда

достоверны и, как следствие, недостаточно информативны для того, чтобы проводить отождествление.

В данной работе приведены результаты анализа координатной и фотометрической информации по DSP 23, полученной наземными пунктами наблюдений РК с февраля 2008г. по сентябрь 2009г. Описание методики получения, обработки и анализа данных есть в [4-7].

В Таблице 1 для нескольких характерных орбит этого периода указаны: дата наблюдений, UT - всемирное время,  $T_1$  - период вращения спутника вокруг Земли,  $\lambda$  - долгота точки стояния,  $i$  - наклон плоскости орбиты к плоскости экватора.

Таблица 1. Перемещение DSP 23 по геостационарной орбите в 2008 -2009 г.г.

№	Дата дд-мм-гг	UT (ч.ммсек)	$T_1$ (ч.ммсек)	$\lambda$	$i$
1	29-02-08	16.56167	24.00020	8° 36'	3° 42'
2	22-11-08	14.59480	23.59365	10° 40'	3° 02'
3	15-04-09	01.27510	23.58463	40° 17'	2° 40'
4	20-04-09	19.54150	23.58426	42° 22'	2° 39'
5	17-05-09	20.21400	23.58331	50° 54'	2° 32'
6	1-07-09	21.36225	23.58200	68° 40'	2° 27'
7	6-07-09	22.19055	23.58200	70° 48'	2° 25'
8	5-08-09	18.31000	23.58208	83° 17'	2° 21'
9	31-08-09	19.02000	23.58249	93° 47'	2° 18'

Результаты позиционных наблюдений показывают, что происходит дрейф КА на восток, параметры орбит характерны для либрационного объекта (максимальный дрейф  $Dm = 0.398$  °/сут, период либрации  $P = 1083$  сут., амплитуда либрации  $A = 60^\circ.3$ ). О нерабочем состоянии спутника свидетельствуют и фотометрические наблюдения. Отличительной особенностью управляемых DSP является изменение блеска с периодом, близким к 10 секундам [6]. Судя по полученной информации, такой период у DSP 23 отсутствует. Еще одно доказательство того, что КА не функционирует, - в апреле 2009 года DSP F18 (97008A) был переведен из подспутниковой точки  $145^\circ$  в.д. на  $20^\circ$  в.д. (вместо DSP 23).

Для того чтобы определить период вращения DSP 23 и его пространственную ориентацию, были проанализированы пятнадцать

фотометрических рядов в системе BVR с шагом по времени от 0.1 до 0.5 сек. Использованы наблюдения 22 - 30 апреля 2009 года. При сглаживании и фильтрации исходной информации применялась стандартная процедура Блекмана и Тьюки [8]. Предварительное сглаживание скользящим средним проводилось по 15 - 30 точкам; спектральное окно Тьюки содержало 20 - 40 отсчетов. Последующее определение величины периодов вращения КА проведено с помощью процедуры, описанной в работе [9]. Для выделения длительных периодических компонент производилась «сшивка» близких по времени кривых с заполнением промежутков между ними согласно [10].

В нашей работе [4] было показано, что поиск периода изменения блеска можно существенно упростить, если использовать методы топологической динамики. Получаемый фазовый портрет, аттрактор, характеризуется скейлинговыми коэффициентами, один из которых,  $D_0$ , определяет возможное количество искомых периодов.

Расчеты показывают, что в данном случае скейлинговые коэффициенты имеют следующие значения:  $D_0 = 2.1$ ,  $D_1 = 2.0$ ,  $D_2 = 2.1$ . Это дает основание утверждать, что в кривых блеска DSP 23 присутствуют два периода, один из них связан с вращением аппарата вокруг центра масс, другой – с прецессией оси вращения. Для уточнения первого периода мы использовали способ, описанный в работе [12], при этом анализировалось поведение показателей цвета. За окончательную величину периода вращения вокруг центра масс было принято значение  $P_1 = 4391$  сек. при  $Q = 0.27$ .

В качестве примера на рисунке приведена кривая блеска DSP 23, наблюдения 22.04.2009г., фильтр V. Видно, что изменения блеска имеют сложный характер, наличие ярких вспышек свидетельствует о том, что на корпусе КА есть «бликующие» детали.

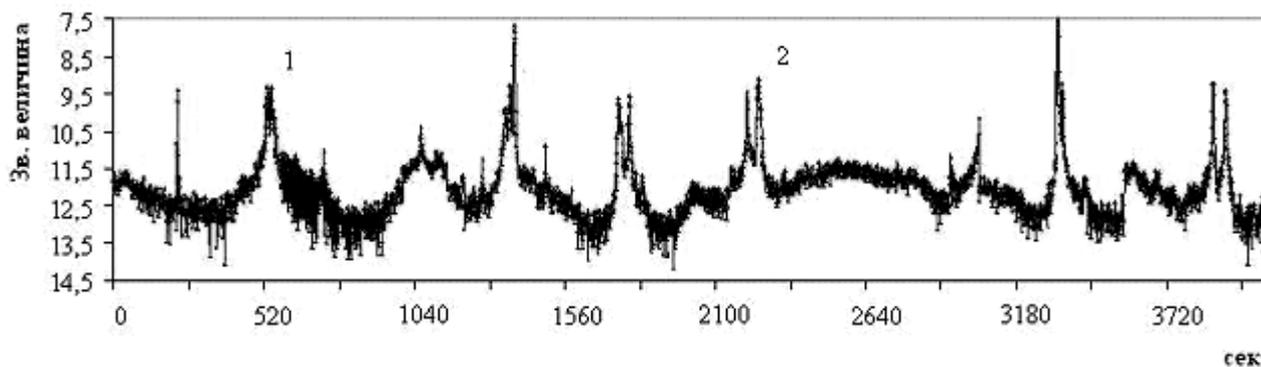


Рис. Кривая блеска объекта DSP 23, приведенная к  $P = 4391$  сек., наблюдения 22.04.2009г., фильтр V.

На основе анализа изменений блеска и скейлинговых коэффициентов можно сделать оценку типа стабилизации объекта и вычислить направление нормали относительно общепринятых ориентиров [13].

Определение направления оси вращения и нормалей к поверхностям элементов, создающих зеркальные блики, производилось в неподвижной спутникоцентрической экваториальной системе координат. В таком варианте исключаются факторы, связанные с движением спутника по орбите и перемещением плоскости орбиты в пространстве относительно наблюдателя.

В Таблице 2 даны результаты расчета направления нормали к двум поверхностям, дающим зеркальные вспышки, на рисунке и в таблице они обозначены как 1 и 2. Эти вспышки уверенно идентифицируются на всех полученных в процессе наблюдений кривых блеска. Используются следующие обозначения:

Дата - дата наблюдений, день-месяц-год;

UT – всемирное время в формате hh.mmss;

$X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  – 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 и ось Z – в полюс мира параллельно оси вращения Земли).

$\varphi$  – фазовый угол в градусах.

Таблица 2 Результаты расчета направления нормали к поверхностям КА DSP 23, формирующим зеркальные вспышки

№	Вспышка	Дата	UT	Xn	Yn	Zn	$\varphi$
1	2	22-04-09	18.38430	0.9649	0.1656	0.2040	40.710
2	2	22-04-09	19.20475	0.9465	0.2548	0.1980	30.425
3	2	22-04-09	21.11370	0.8585	0.4775	0.1869	4.575
4	2	30-04-09	17.53350	0.9471	0.2202	0.2337	48.535
5	2	30-04-09	18.51070	0.9136	0.3401	0.2227	34.642
6	2	30-04-09	19.49550	0.8633	0.4570	0.2141	20.651
7	1	22-04-09	18.23370	0.9694	0.1333	0.2064	44.405
8	1	22-04-09	21.23430	0.8456	0.5004	0.1860	3.492
9	1	30-04-09	18.46235	0.9170	0.3304	0.2235	35.779

Анализ кривых блеска и поведение направления нормали к зеркально отражающим элементам, в первую очередь Zn, свидетельствуют о том, что аппарат практически сохраняет ориентацию на центр Земли, но вращение вокруг этой оси с периодом, близким к 10 секундам, отсутствует. Следствием этого является невозможность сканирования поверхности Земли, что является основной задачей КА, и переход его в либрационный режим движения. Период вращения DSP 23 вокруг центра масс  $P_1 = 4391$  сек, имеет место прецессия оси вращения с углом, не превышающим  $\pm 2^\circ$ . Период прецессии достоверно определить не удалось, можно лишь однозначно утверждать, что он превосходит 370 мин. - полный интервал наблюдений.

*Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.fas.org/spp/military/program/warning/dsp.htm>
2. *Gunter's Space Page*. <http://www.skyrocket.de/space>
3. *Jonathan Mc Dowell*. <http://www.harvard.edu/~jcm/space/jsr/jsr.html>
4. *Didenko A.V., Usoltzeva L.A.*. Methods of geostationary satellites' identification by the photometric information // Transaction of the Kazakh - American University. № 2. 2001. P. 83-91.
5. *Didenko A.V., Demchenko B.I., Usoltseva L.A.* Zone Catalogue and Principles of Identification of Geostationary Satellites. // Fifth US / Russian Space Surveillance Workshop. September 24-27, 2003. P. 316-324.
6. *Диденко А.В.* Идентификация геостационарных спутников DSP по их орбитальным и фотометрическим характеристикам // Вестник Казахского национального педагогического университета им. Абая. Серия «Физико-математические науки». № 1(12). 2005. С. 76-80.
7. *Диденко А.В.* Исследование фотометрических характеристик геостационарных ИСЗ методами электрофотометрии // Автореферат диссертации. Одесса. 1992. 15 с.
8. *Тьюки Д.* Анализ результатов наблюдений // М.1981. 695 с.
9. *Lafler J., Kinman N.D.* The evaluation of period for RR Lir with the computer // Astron.J. Suppl. Ser. 1965. V.11. N 100. P. 216-222.

10. Макаренко Н.Г., Данилкин Е.Б., Куандыков Е.Б. Нейросети и хаос в задачах восстановления некомплектных данных // Сб. Тр. III Всеросс. Научно-технической конф. «Нейроинформатика и ее приложения». М. 2001. С. 166-173.

11. Ланда П.С., Розенблюм М.Г. Сравнение методов конструирования фазового пространства и определение размерности аттрактора по экспериментальным данным // Ж. Тех-физики. М. 1989. Т. 59. № 11. С. 1-5.

12. 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.

13. Диденко А.В., Усольцева Л.А. Анализ наземной оптической информации о геостационарном спутнике Казсат-1 // Известия НАН РК. Сер. «физ-мат.». №4. 2007. С. 84-89.

### Резюме

*Didenko A.V., Usoltseva L.A.* The analysis of ground coordinate and photometric information about emergency geostationary satellite DSP F23

### Summary

The analysis of ground observations of 2008-2009 testifies to a emergency status of DSP F23. Period of the rotation around the own centre of weights ( $P_1$ ) is 4391 sec. and it's typically  $P_1 \sim 10$  sec for that class of GSS. Also there is a precession of axes with a corner which is not exceeding  $\pm 2^\circ$ . Orientation of the satellite relative to the center of the Earth is practically kept, but there is no rotation around the axis directed to the center of the Earth. That's the main cause of passage of DSP F23 to libration status.

*ДТОО «Астрофизический институт  
им. В.Г.Фесенкова АО НЦ «КИИТ»,  
г. Алматы.*

*Поступила 25.04.2010*