

Массовая фотометрия низкоорбитальных ИСЗ на ММТ9

Каткова Е.В.¹, Бескин Г.М.², Бирюков А.В.⁴, Бондарь С.Ф.¹, Давыдов Д.В.⁵, Иванов Е.А.¹, Карпов С.В.², Орехова Н.В.¹, Перков А.В.^{1,3}, Сасюк В.В.^{3,4}

¹НПК СПП филиал СОН “Архыз”, ²САО РАН, ³ООО “Параллакс”,

⁴Астрономическая обсерватория им.В.П.Энгельгардта Казанского (Приволжского) федерального университета К(П)ФУ, ⁵АО “АНЦ “Проект-Техника”



Параметры ММТ9

Проницание по движущимся объектам	10 mag
Экспозиция	0.1 сек
Угловой размер пиксела	16"
Поле зрения одного канала	11°x 9°
Количество каналов	9

Начало работы: июнь 2014 года



Темпы пополнения БД в первый год работы.

Год	Месяц	Количество наблюдательных часов	Количество проводок	Колич. новых ИСЗ
2014	Июнь	53	3242	1499
	Июль	78	4209	1010
	Август	115	5671	555
	Сентябрь	103	3416	208
	Октябрь	175	4527	307
	Ноябрь	181	3680	179
	Декабрь	102	1839	81
2015	Январь	76	1478	83
	Февраль	100	2827	102
	Март	96	2727	79
	Апрель	55	2532	82
	Май	76	2982	60

В течение ночи измеряется
200 – 500 ИСЗ (LEO & MEO)

Обновляемая база данных
фотометрии ИСЗ :

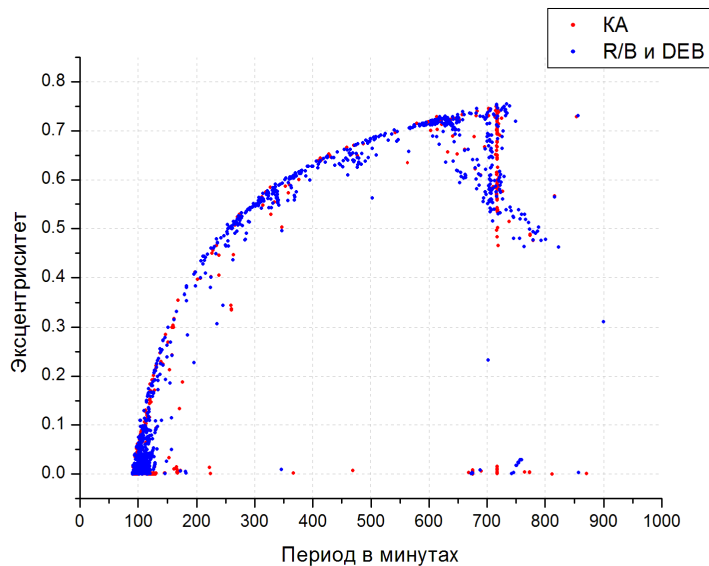
www.astroguard.ru/satellites

Типы измеренных ИСЗ

- низкоорбитальные
- среднеорбитальные
- высокоэллиптические

За год измерено 28% каталогизированных ИСЗ с периодом менее 1000 минут.

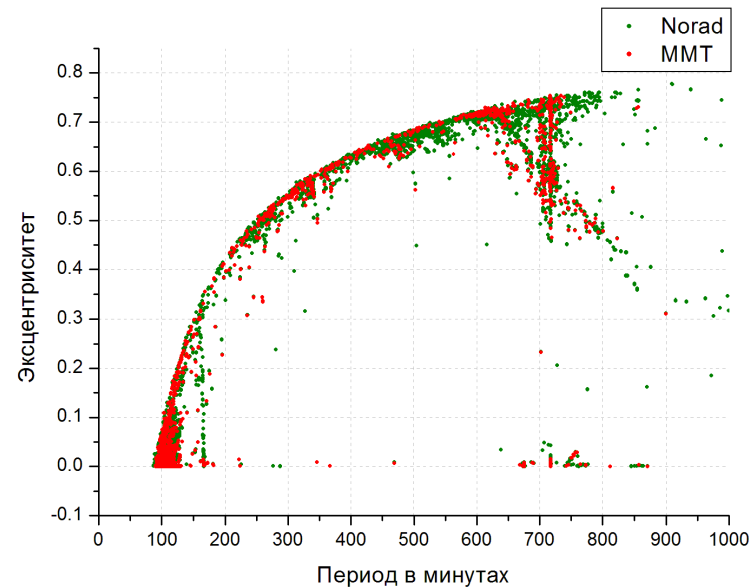
Распределение по периоду и эксцентриситету измеренных объектов



Некоторые группировки измерены почти полностью

Группировка	Количество объектов
Стрела-1М	356
Стрела-3	132
Парус	96
Globalstar	84
Glonass	80
Стрела-2М	49

Распределение по периоду и эксцентриситету объектов Norad и измеренных объектов.



Содержание БД ММТ

<http://www.astroguard.ru/satellites>

Номер ИСЗ, название, дата запуска, принадлежность
Дата и время начала проводки, длительность, график блеска,
Данные о фазовых углах и дальности, значение периода,
приведенный блеск

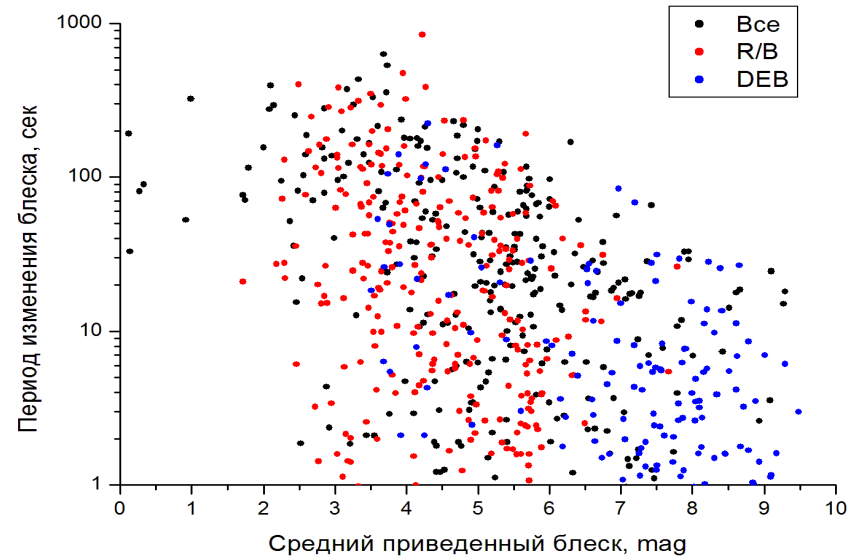
$$m_0 = m + 15.75 - 2.5 * \log \frac{\rho^2}{f}$$

m_0 – приведенный блеск

m – измеренный блеск

ρ – дальность в км

f – фаза (от 0 до 1)



Все ИСЗ разделены на три класса по типу изменения блеска:

- стабильные (2112 объектов)
- аперiodические (1459 объектов)
- периодические (766 объектов)

Satellites identified in MMT data

ID:	Catalogue ID number	Name:	Satellite name	Comments:	Comments
<input checked="" type="checkbox"/>	Non-variable	<input checked="" type="checkbox"/>	Aperiodic	<input checked="" type="checkbox"/>	Periodic
	<input type="text" value="Min Period, s"/>		<input type="text" value="Max Period, s"/>	<input type="button" value="Search"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	U/SAT	<input checked="" type="checkbox"/>	ACT	<input checked="" type="checkbox"/>	INACT
<input checked="" type="checkbox"/>	R/B	<input checked="" type="checkbox"/>	DEB	<input checked="" type="checkbox"/>	M/DEB
<input checked="" type="checkbox"/>	F/DEB	<input checked="" type="checkbox"/>	UNIDENT		

Satellites	4336
Tracks	50243
Oldest	2014-06-04
Latest	2015-08-23

[Download list of satellites](#)

Enter either satellite ID or name. If exact name will not be found, substring search will be used to show candidates. Use checkboxes to select various variability classes or object types. Specify the period to refine search of satellites with periodic light curves. Read the [short description](#) also. **Please note that all the satellites with CIS country code (i.e. Russian etc) are hidden from the list!** If you have any questions or wish to use the data in your research, please contact Elena Katkova, who is the primary person behind the database, using e-mail address mmt.satellite@yandex.ru

All satellites ordered by latest track - 1958 object(s)

Sort by [latest track](#), [latest new detection](#), [number of tracks \(descending\)](#), [variability period \(descending\)](#), [mean brightness \(descending\)](#)

ID	Name	Type	Launched	Latest Track	Ntracks	Clear	B	V	R	Variability
25624	GLOBALSTAR M038	INACT	1999-02-09 / GLOB	2015-08-23	50	5.8 ± 1.1				Period: 68.00 s L S D P P S T
40091	ORBCOMM FM 103	U/SAT	2014-07-14 / US	2015-08-23	20	7.0 ± 0.7				Aperiodic L S D P P S T
25273	IRIDIUM 57	ACT	1998-03-30 / US	2015-08-23	15	6.4 ± 0.8				L S D P P S T
12171	DELTA 1 DEB	F/DEB	1978-03-05 / US	2015-08-23	16	7.0 ± 0.4				Period: 8.64 s L S D P P S T
25162	GLOBALSTAR M001	INACT	1998-02-14 / GLOB	2015-08-23	46	5.6 ± 1.4				Period: 59.60 s L S D P P S T
37744	GLOBALSTAR M089	ACT	2011-07-13 / GLOB	2015-08-23	50	5.6 ± 0.8	5.6 ± 0.2	4.9 ± 0.1	4.2 ± 0.1	L S D P P S T
25623	GLOBALSTAR M036	INACT	1999-02-09 / GLOB	2015-08-23	56	5.8 ± 1.1				Period: 22.70 s L S D P P S T
38347	H-2A DEB	M/DEB	2012-05-17 / JPN	2015-08-23	17	4.4 ± 1.0				Aperiodic L S D P P S T
7028	DELTA 1 DEB	F/DEB	1973-11-06 / US	2015-08-23	31	6.2 ± 1.1		6.7 ± 0.6	6.4 ± 0.8	Period: 1.78 s L S D P P S T
40090	ORBCOMM FM 104	U/SAT	2014-07-14 / US	2015-08-23	18	6.9 ± 0.7				Aperiodic L S D P P S T

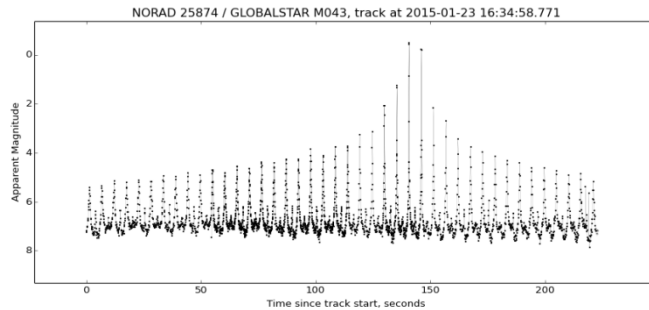
Причины периодического изменения блеска у объектов:

1. Объект вращается вокруг оси пассивно неконтролируемым образом.
2. Объект стабилизирован вращением.
3. Объект имеет быстровращающийся элемент конструкции.

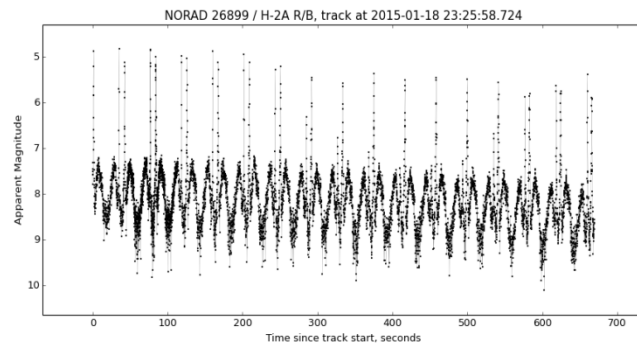
Объект возвращается вокруг оси пассивно

Характерно для отработавших КА, R/B, deb

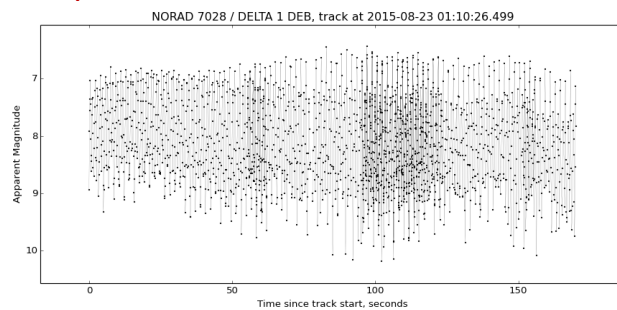
Период 10.7 сек



Период 41.5 сек



Период 1.78 сек

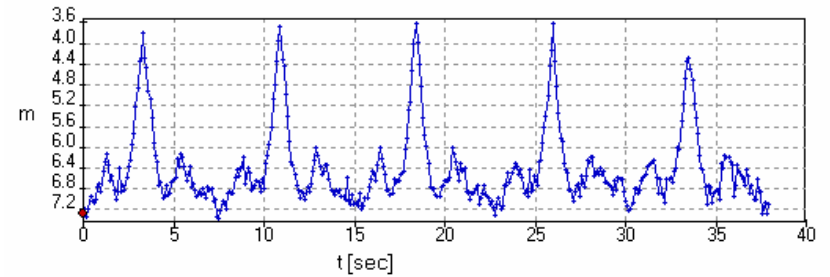
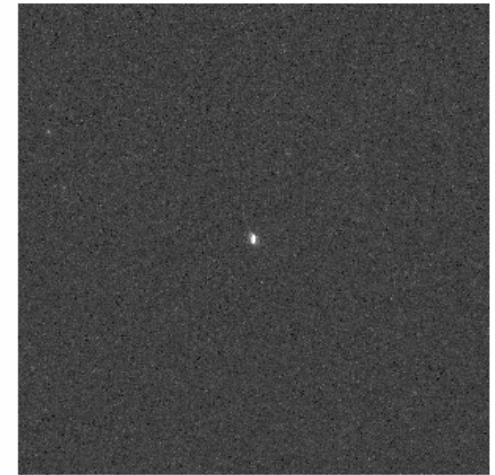


NORAD # 25909
GLOBALSTAR M033

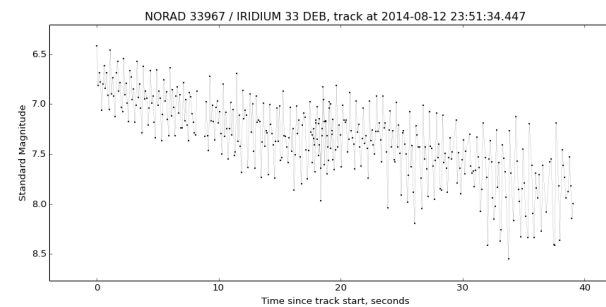
Type: Inactive
Launch: 1999-09-22
Country: GLOB

Track
Date: 17.06.2015
UT: 19:32:26.2
Period = 7.5 sec

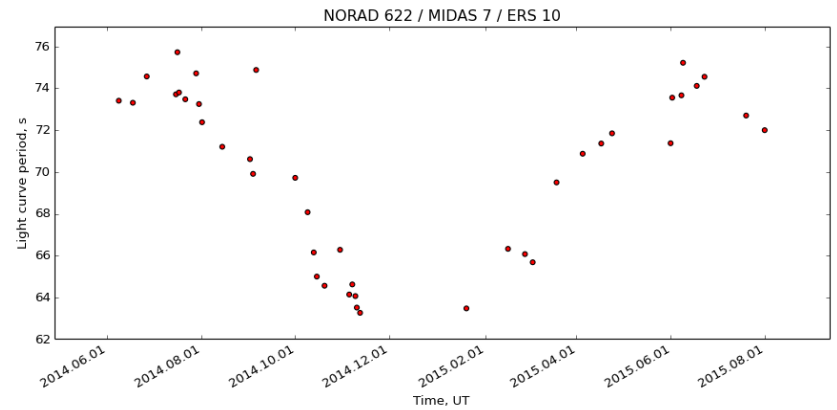
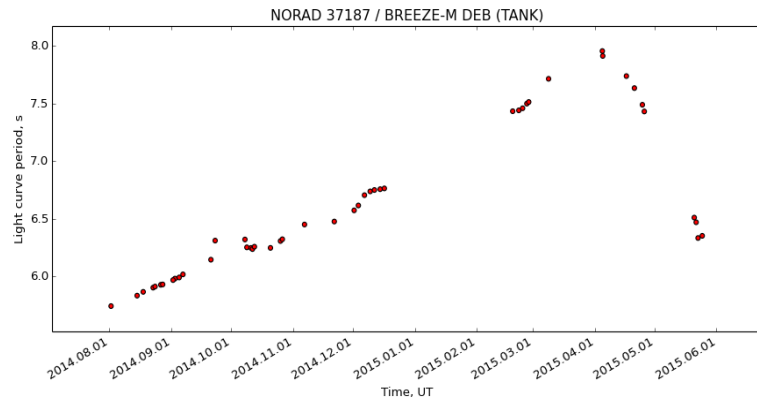
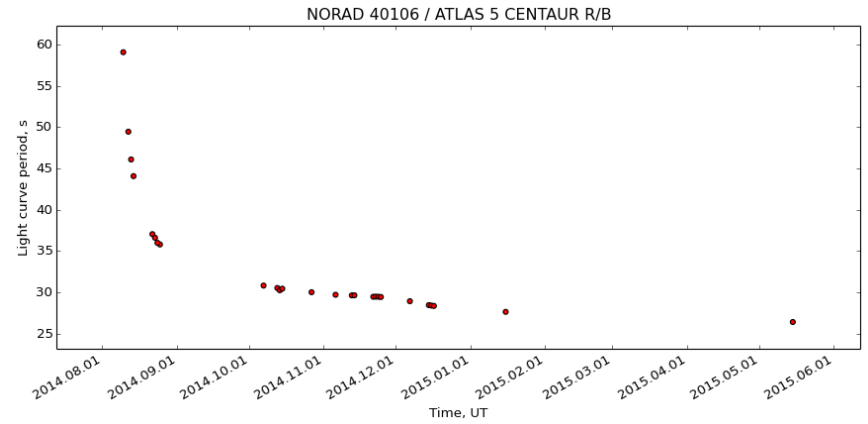
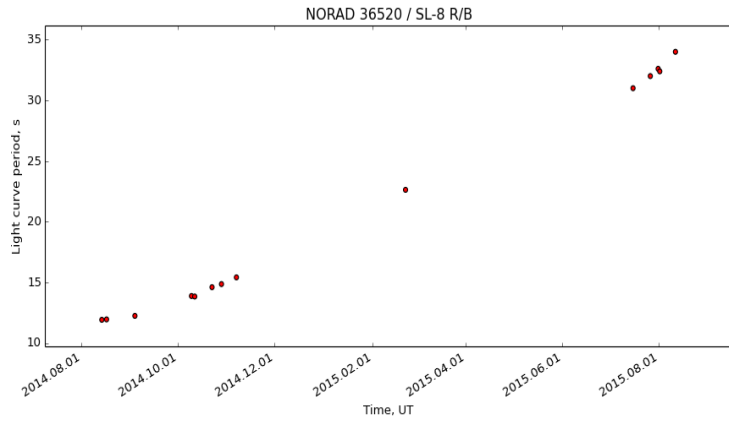
Range = 1669.8 km
Phase angle = 83.5°



Период 0.55 сек



Динамика периода вращения может быть разной

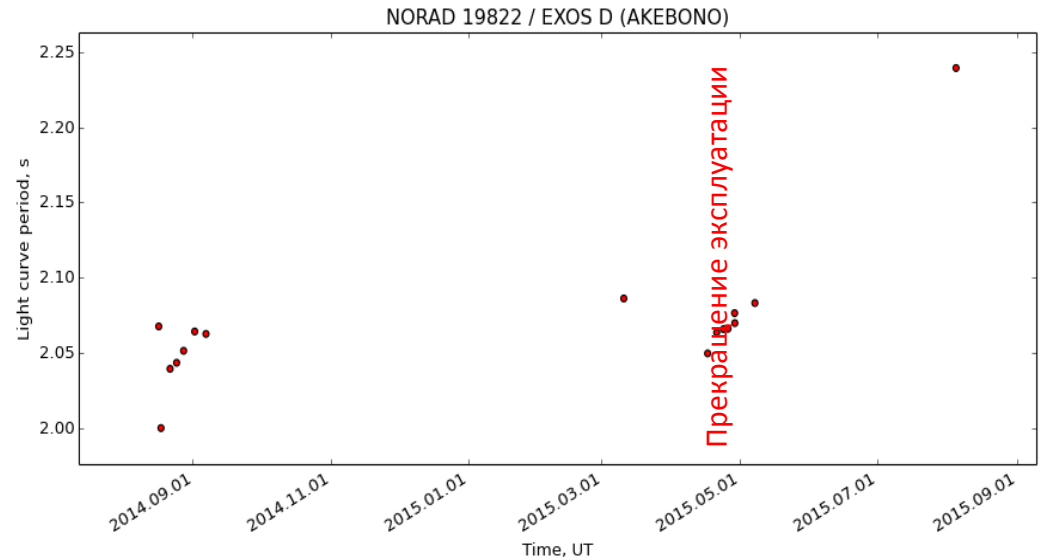
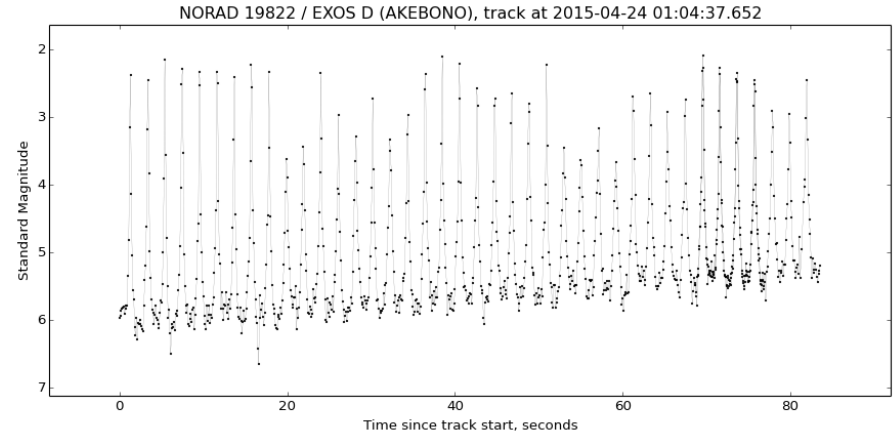


ИСЗ стабилизирован вращением

КА **Akebono** (Norad 19822) стабилизирован вращением, ось вращения ориентирована по направлению на Солнце. Штатная скорость вращения КА составляет 7.5 оборотов в минуту (период 8 секунд). ИСЗ оснащен четырьмя конструктивными отражающими элементами, и на ММТ определялась $\frac{1}{4}$ периода.



В апреле 2015 г. эксплуатация Akebono была прекращена



Объект имеет быстровращающийся элемент конструкции

Американские военные метеорологические КА **DMSP-5D**: антенна радиометра

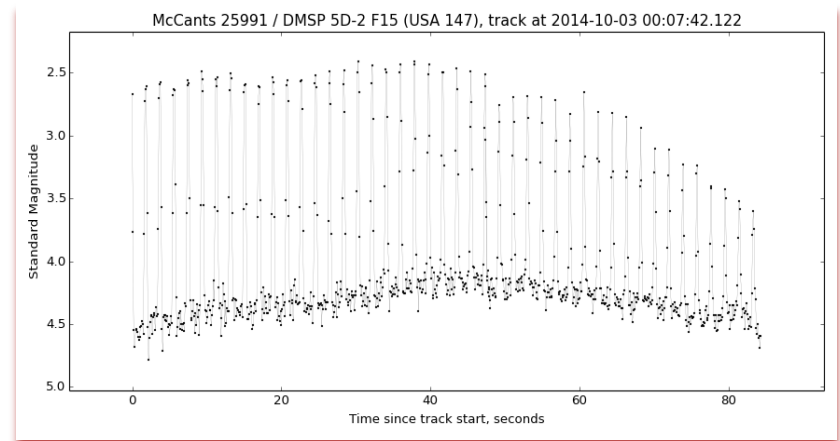
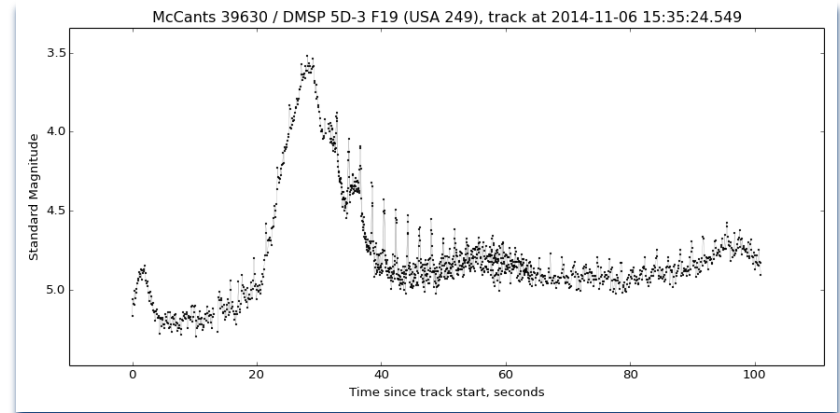
0.66x0.61 м.

Скорость вращения 31.9 об/мин
(период 1.88 сек).



Для трех ИСЗ этой серии (25991, 35951, 39630) определен период изменения блеска 1.9 сек.

Амплитуда изменения блеска, вызванная вращением антенны, может быть как **небольшой**, так и довольно **значительной**.



Объект имеет быстровращающийся элемент конструкции

Китайские метеорологические КА **FengYun-3**:

Количество ИСЗ: 3

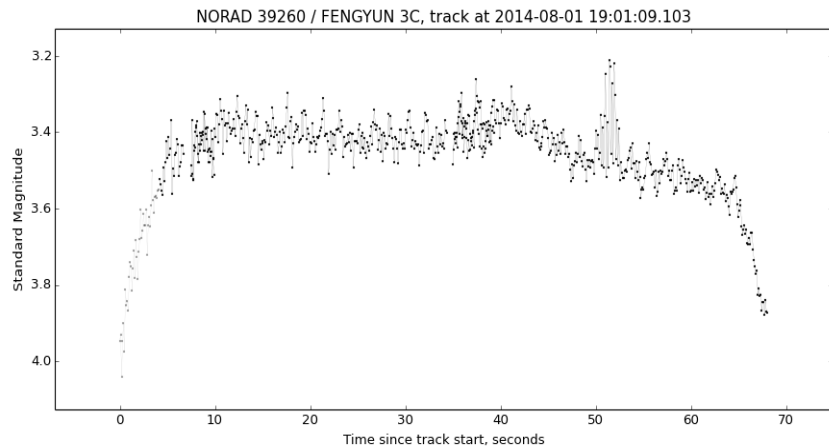
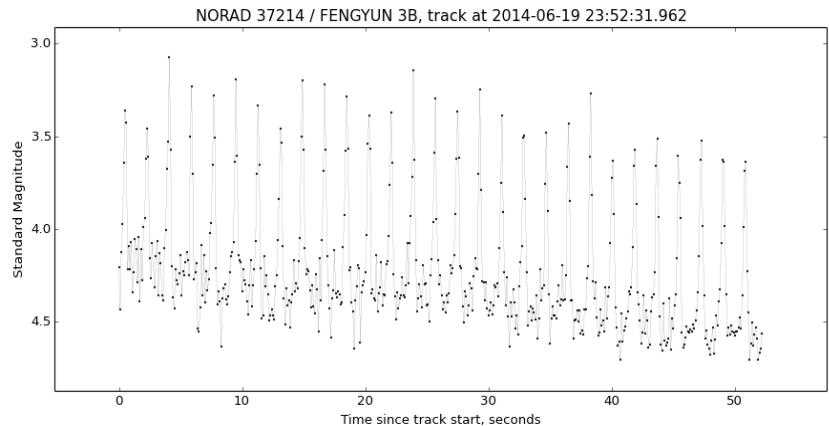
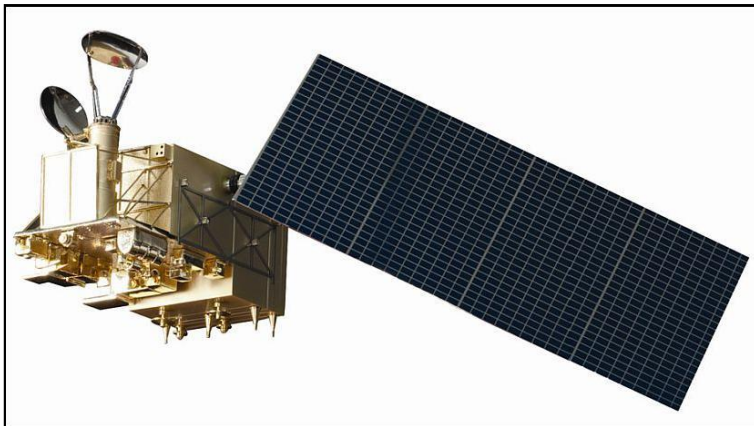
Антенна радиометра

1.0x0.9 м

Скорость вращения антенны

1.7±0.1 сек на оборот.

По БД ММТ период изменения у блеска у FengYun-3B и FengYun-3C равен 1.8 сек.



У FengYun-3A периодичности не наблюдается (радиометр на этом КА вышел из строя вскоре после запуска).

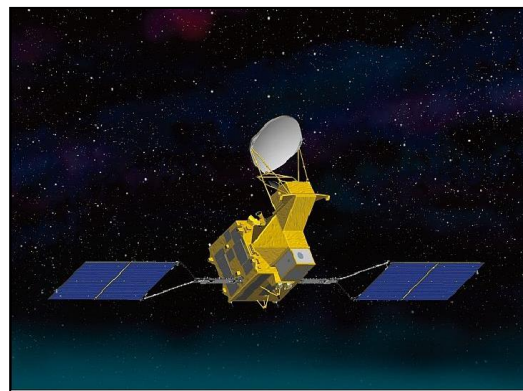
Другие КА, имеющие в конструкции вращающиеся антенны

Номер КА	Модель прибора с вращ-мся элементом	Период вращения антенны по априорным данным, сек	Функциональное состояние КА	Количество проводок в БД ММТ	Период вращения по БД ММТ, сек
25758 Oceansat 1	MSMR	5.4	КА не работает	17	11.0 ↑
25789 Quikscat	SeaWinds	3.3	SeaWinds не работает	9	NO
27424 Aqua	AMSR-E	1.5	AMSR-E не работает	19	29.8
27597 ADEOS-II	AMSR	1.5	КА не работает	6	NO
27640 Coriolis	Windsat	1.9	Работает	1	1.9
38337 GCOM W1	AMSR2	1.5	Работает	22	1.5
39574 GPM	GMI	1.88	Работает	1	1.86

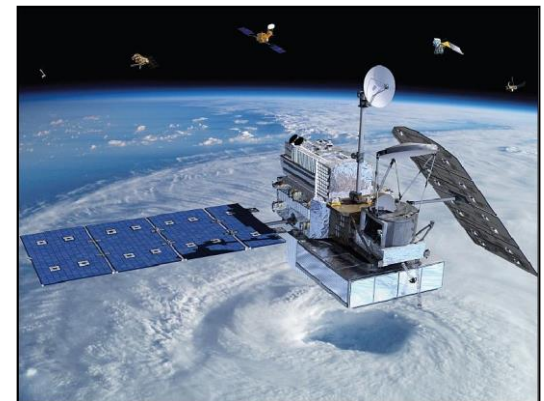
Coriolis



GCOM W1



GPM



КА, конструктивные особенности которых неизвестны

КА	SCN	Дата запуска	Количество проводок в БД ММТ	Период в БД ММТ, сек	Примечание
USA 160 (NOSS 3-1A)	26905	08.09.2001	22		Пара прекратила скоординированный полет
USA 160 DEB (NOSS 3-1C)	26907	08.09.2001	27		
USA 173 (NOSS 3-2A)	28095	02.12.2003	40		Пара прекратила скоординированный полет
USA 173 DEB (NOSS 3-2C)	28097	02.12.2003	38		
USA 181 (NOSS 3-3A)	28537	03.02.2005	33		“Головной” КА в паре
USA 181 DEB (NOSS 3-3C)	28541	03.02.2005	34	2.10	“Замыкающий” КА в паре
USA 194 (NOSS 3-4A)	31701	15.06.2007	23		“Головной” КА в паре
USA 194 DEB (NOSS 3-4C)	31708	15.06.2007	24	2.10	“Замыкающий” КА в паре
USA 229 (NOSS 3-5A)	37386	15.04.2011	35	2.10	“Замыкающий” КА в паре
USA 229 DEB (NOSS 3-5B)	37391	15.04.2011	35		“Головной” КА в паре
USA 238 (NOSS 3-6A)	38758	13.09.2012	27	2.10	“Замыкающий” КА в паре
USA 238 DEB (NOSS 3-6P)	38773	13.09.2012	28		“Головной” КА в паре

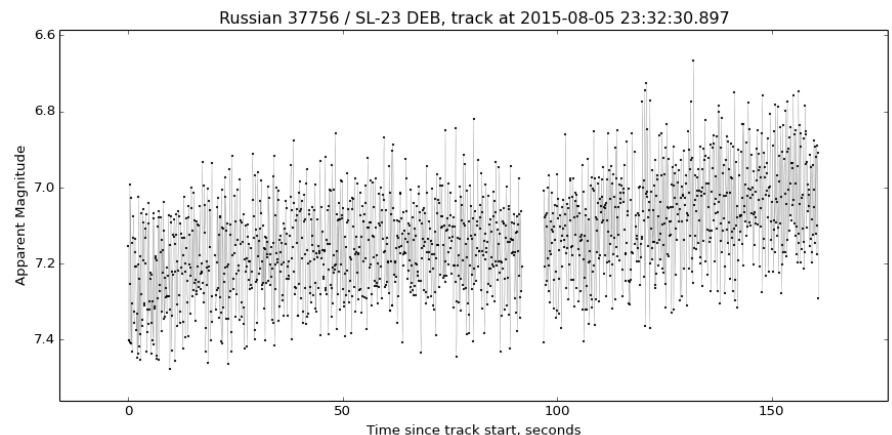
В результате анализа данных выявлено периодическое изменение блеска “замыкающего” спутника в составе каждой из четырех активно работающих пар КА типа NOSS-3. Можно сделать предположение о наличии на борту “замыкающего” КА быстро вращающегося конструктивного элемента (например – сканирующей антенны). Предполагаемая скорость вращения указанного элемента составляет 28.6 об/мин.

В заключение перечислим очевидные задачи, которые можно решать с помощью информации, представленной в БД ММТ:

1. Определение функционирования КА (в ряде случаев). Пример - BEIDOU M5.
2. Идентификация КА по кривой блеска (например, R/V имеют характерные кривые блеска при условии наличия вращения).
3. Определение наличия вращающихся элементов в конструкции.
4. Изучение влияния негравитационных эффектов. Пример - LightSail-A.
5. Мониторинг оптическими средствами состояния низкоорбитальных спутниковых систем в целом.
6. Выявление событий, приводящих к появлению или изменению периода вращения (остаточные процессы, взрывы, столкновения). Пример - 37756.

Norad # 37756 (SL-23 deb), бак от запуска “Спектр-Р”

49 проводок, полученных на ММТ в течение года, периодичности не демонстрировали. 5 августа 2015 зафиксировано появление быстрой периодичности (0.6 сек). Было сделано предположение о некоем внутреннем или внешнем воздействии на объект; гипотеза разрушения получила подтверждение в сообщении Космического командования ВВС США



Спасибо за внимание!

