
База данных фотометрии ИСЗ, сформированная по наблюдательным данным ММТ-9*

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

¹Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,

²ООО “Параллакс”, ³НПК СПП СОИ “Архыз”, ⁴САО РАН, ⁵АО “АНЦ”

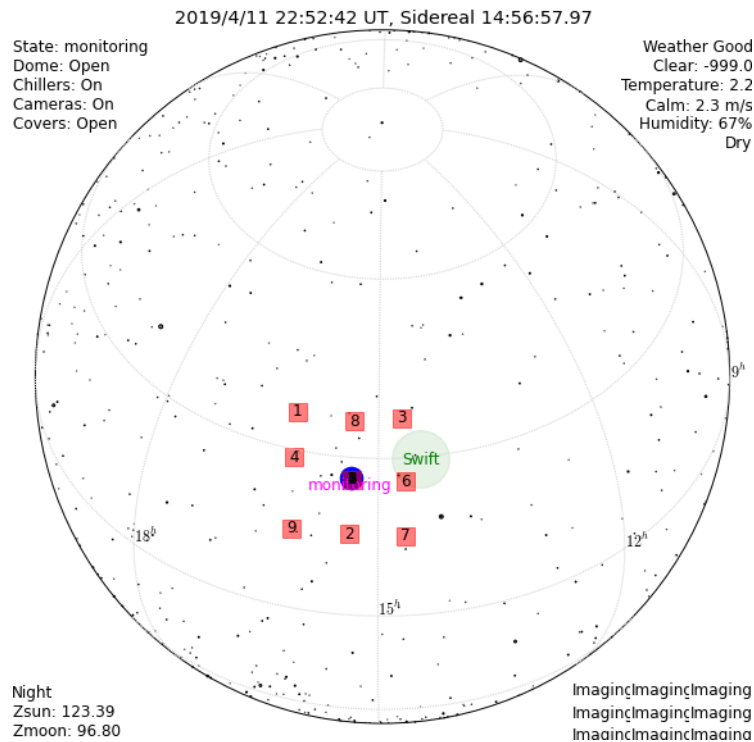


*ММТ-9 - система широкоугольного мониторинга небесной сферы с субсекундным временным разрешением “Многоканальный Мониторинговый Телескоп”

“Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы”, апрель 2019

Параметры ММТ-9

Проницание по движущимся объектам	10-10.5 mag
Экспозиция	0.1 сек
Угловой размер пиксела	16"
Поле зрения одного канала	11°x 9.5°
Количество каналов	9
Начало работы	Июнь 2014



Монтировки: EQ5 (5 штук)
Объективы: Canon EF85 F/1.2 D=70mm
Камеры: Andor Neo sCMOS

Штатный режим работы – широкопольный мониторинг небесной сферы с высоким временным разрешением (0.1 сек).

Цель работы – обнаружение изменяющихся (блеск, координаты) событий: гамма-барстеры, метеоры, КО.

За ночь измеряется 200-500 КО.

База данных фотометрии КО

<http://astroguard.ru/satellites> или <http://mmt9.ru/satellites/>

Публичная часть БД содержит информацию о зарубежных КО, которые были идентифицированы по открытым источникам орбитальных данных

	Вся БД	Публичная БД
Всего объектов	6124	3290
КА	2322	1155
R/B	1536	778
DEB	1303	685
Проводок	209176	96449

По состоянию на
01.04.2019

Распределение по типам орбит

Тип орбиты	Доля КО в БД	Параметры орбиты
НО	73 %	$H_a < 3500$ км
ГС	4 %	$H_a \geq 3500$ км, $e < 0.1$, $i < 30^\circ$, $ P - 1436 < 140$ мин
НГС ВО	23 %	Все остальные

Общий вид БД ММТ

<http://astroguard.ru/satellites> или <http://mmt9.ru/satellites/>

Satellites identified in MMT data

Поиск по номеру Поиск по названию Поиск по комментарию

ID:	Catalogue ID number(s)	Name:	Satellite name	Comments:	Comments
-----	------------------------	-------	----------------	-----------	----------

Поиск по периоду изменения блеска Non-variable Aperiodic Periodic Min Period, s Max Period, s Search

Отбор по типу объектов U/SAT ACT INACT R/B DEB M/DEB F/DEB UNIDENT [Orbital parameters](#)

Поиск по периоду и наклонию Min Inclination, deg Max Inclination, deg Min Orb. Period, minutes Max Orb. Period, minutes

Satellites	6124
Tracks	211193
Oldest	2014-06-04
Latest	2019-04-10

[Download list of satellites](#)

При нажатии Search без задания параметров поиска выведется весь список

Enter either satellite ID or name. Several whitespace-separated IDs may be entered too. 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

Описание

Скачать весь список объектов

ЭГР берется из <http://celestrak.com/pub/satcat.txt>

Средний приведенный блеск

All satellites ordered by latest track - 3290 object(s)

Sort by latest track, latest new detection, number of tracks (descending), variability period (descending), mean brightness (descending), RCS (descending)

ID	Int	Name	Type	Launched	Latest Track	Ntracks	Std.Mag	Variability	RCS
43604	2018-067C	CZ-3B R/B	R/B	2018-08-24 / PRC	2019-04-01	47	3.0 ± 0.7	Period: 301.76 s	L S D P P S P T
36869	2010-039B	ATLAS 5 CENTAUR R/B	R/B	2010-08-14 / US	2019-04-01	6	3.4 ± 0.7	Period: 224.05 s	15.37 L S D P P S P T
12445	1980-098B	ATLAS CENTAUR R/B	R/B	1980-12-06 / US	2019-04-01	63	4.1 ± 0.7	Period: 46.06 s	16.02 L S D P P S P T
25624	1999-004D	GLOBALSTAR M038	INACT	1999-02-09 / GLOB	2019-04-01	215	6.3 ± 1.1	Period: 97.00 s	2.16 L S D P P S P T
25306	1998-023A	GLOBALSTAR M014	INACT	1998-04-24 / GLOB	2019-04-01	287	6.0 ± 0.9	Period: 23.60 s	2.64 L S D P P S P T
38252	2012-018C	CZ-3B DEB	DEB	2012-04-29 / PRC	2019-04-01	152	4.6 ± 0.9	Period: 251.92 s	12.37 L S D P P S P T
1983	1966-008B	DELTA 1 R/B	R/B	1966-02-03 / US	2019-04-01	20	8.1 ± 0.7		0.57 L S D P P S T
25853	1999-037C	GLOBALSTAR M051	INACT	1999-07-10 / GLOB	2019-04-01	254	6.3 ± 1.0	Period: 8.32 s	2.39 L S D P P S P T
43583	2018-062C	CZ-3B R/B	R/B	2018-07-29 / PRC	2019-04-01	68	3.2 ± 0.7	Period: 109.42 s	L S D P P S P T
37739	2011-033A	GLOBALSTAR M083	ACT	2011-07-13 / GLOB	2019-04-01	218	6.1 ± 0.6	Aperiodic	4.67 L S D P P S T

Сортировка по последнему измеренному, введенному в БД, по количеству проводок, периоду изменения блеска, среднему приведенному блеску, ЭГР

Ссылка на страницу объекта

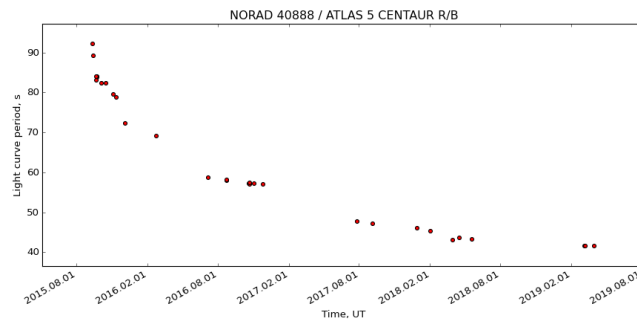
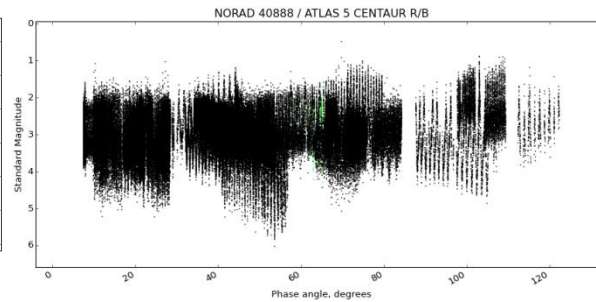
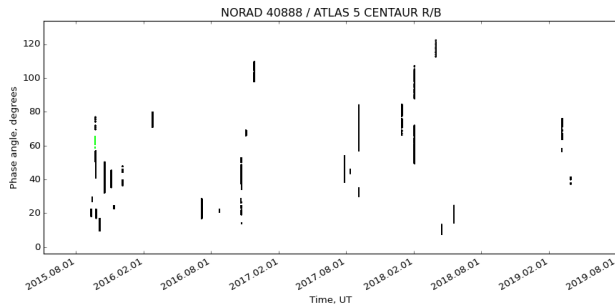
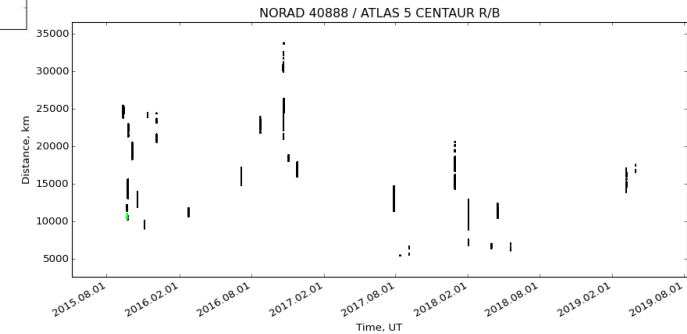
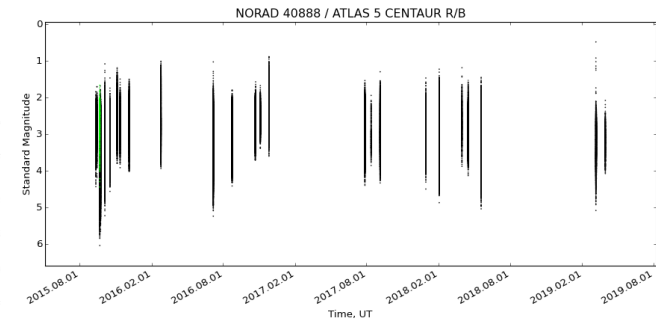
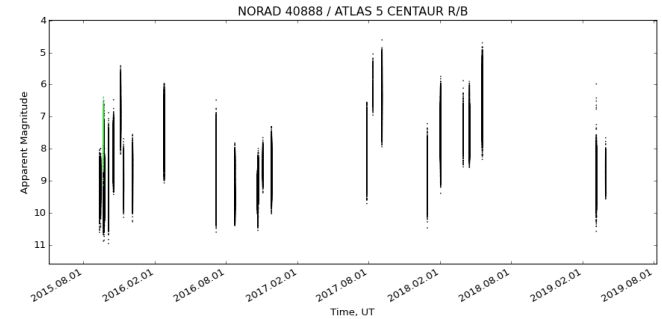
Пролистывание

1 4 10 31 91 239 299 320 326 329 > >>

Доступ ко всем данным объекта

✓ 39482	2013-075B	CZ-3B R/B	R/B	2013-12-20 / PRC	2019-03-31	81	2.9 ± 0.6	Period: 268.04 s	14.08	LSDPPSPT
✓ 40108	2014-046B	FALCON 9 R/B	R/B	2014-08-05 / US	2019-03-31	44	2.6 ± 0.5	Period: 84.49 s	17.92	LSDPPSPT
✓ 40888	2015-044B	ATLAS 5 CENTAUR R/B	R/B	2015-09-02 / US	2019-03-31	33	3.0 ± 0.6	Period: 41.56 s	35.78	LSDPPSPT

- L** — график измеренного блеска по всем проводкам
- S** — график приведенного блеска по всем проводкам
- D** — график дальности по всем проводкам
- P** — график фазовых углов по всем проводкам
- PS** — график приведенного блеска как функции фазового угла по всем проводкам
- P** — график изменения периода блеска
- T** — скачивание всех проводов



Раздел объекта

ATLAS 5 CENTAUR R/B

Name	ATLAS 5 CENTAUR R/B	Number of tracks	33
International	2015-044B	Number of records	170611
Catalogue ID	40888	Std Mag (Clear)	2.96 ± 0.57
Catalogue	NORAD		Median = 2.90, Min = 0.48, Max = 6.04
Launch date	2015-09-02 / US	Std Mag (B)	
Variability	Periodic	Std Mag (V)	2.71 ± 0.51
Current Period	41.56 s	Std Mag (R)	
Orbit Inclination	18.82 deg	Orbit Period	689.70 min
Type:	R/B - Rocket Body	Radar Cross-Section	35.7827

Satellite: [Lightcurve](#) - [Standard magnitudes](#) - [Distances](#) - [Phases](#) - [Phase-Stdmag](#) - [Periods](#) - [Download](#) - [Download Periods](#)

Те же ссылки, что и на главной странице, + скачивание файла с периодами

Comments

Tracks

Track ID	Start, UT	Duration, s	Nrecords	Clear	B	V	R
8723728	2015-09-11 22:00:41	797.6	2505	2.83 ± 0.40			👁 Period: 92.21 s LSDP FRMP T
8725146	2015-09-14 19:13:16	371.2	1107	2.81 ± 0.41			👁 Period: 89.15 s LSDP FRMP T
8867299	2015-09-22 00:50:31	650.3	2870	3.74 ± 0.80		2.71 ± 0.51	👁 Period: 83.04 s LSDP FRMP T
8884550	2015-09-22 23:59:46	262.0	447	2.98 ± 0.47			👁 Period: 84.00 s LSDP FRMP T
8897481	2015-09-23 22:30:36	985.8	7923	3.51 ± 0.68			👁 Period: 83.79 s LSDP FRMP T
8897681	2015-09-23 22:39:23	74.9	654	3.61 ± 0.68			👁 Aperiodic LSDP P T
8906063	2015-09-24 20:42:15	734.6	2507	3.25 ± 0.43			👁 Period: 83.99 s LSDP FRMP T
9021209	2015-10-04 22:21:38	866.6	10998	3.09 ± 0.60			👁 Period: 82.23 s LSDP FRMP T

Ссылки на страницы проводок

Длительность проводки

Приведенный блеск в проводке

Период изменения блеска в проводке

Графики отдельных проводок

Доступ к данным проводки

8884550	2015-09-22 23:59:46	262.0	447	2.98 ± 0.47		Period: 84.00 s	LSDP FRMP T
8897481	2015-09-23 22:30:36	985.8	7923	3.51 ± 0.68		Period: 83.79 s	LSDP FRMP T
8897681	2015-09-23 22:39:23	74.9	654	3.61 ± 0.68		Aperiodic	LSDP P T

L — график измеренного блеска в проводке

S — график приведенного блеска в проводке

D — график дальности в проводке

P — график фазовых углов в проводке

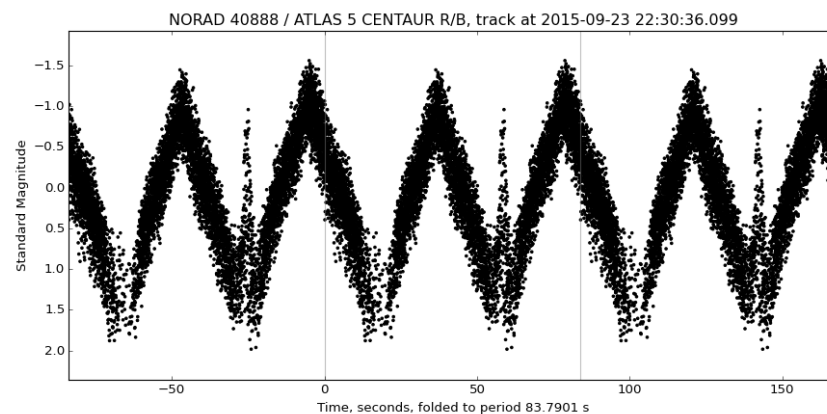
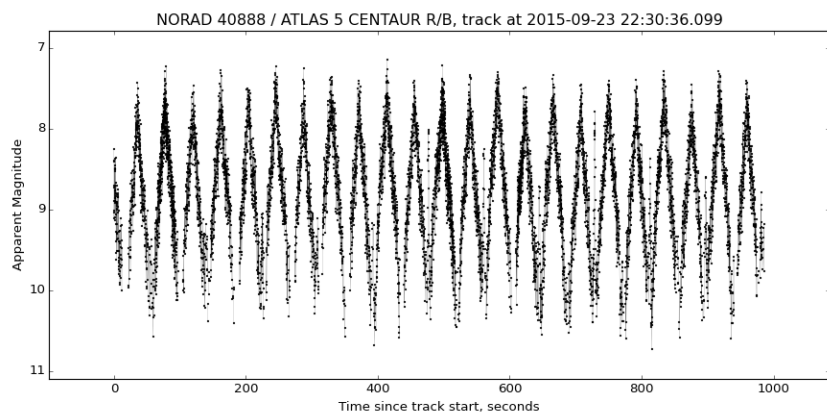
F — график паттерна проводки (при наличии периодичности)

R — график уточненного паттерна проводки (при наличии периодичности)

M — график функции минимизации фазовой дисперсии (при наличии периодичности)

P — график периодограммы (при наличии периодичности)

T — скачивание данной проводки



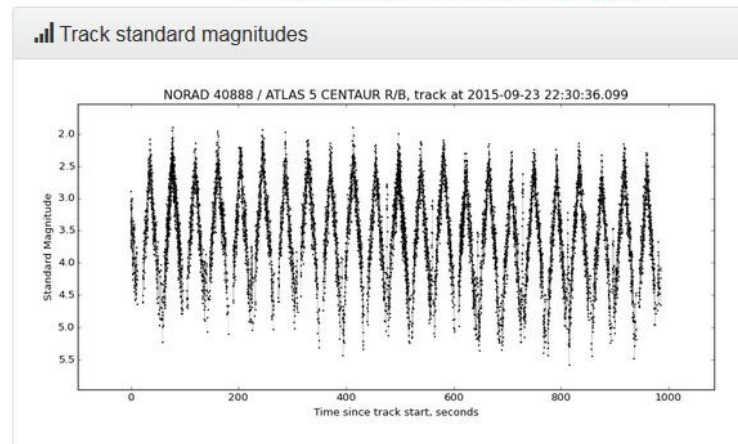
Раздел проводки

Track 8897481

Number of records	7923
Start	2015-09-23 22:30:36 UT
End	2015-09-23 22:47:01 UT
Duration	985.8 s
Period	689.67 minutes
Inclination	19.06 degrees
Eccentricity	0.61
Age of orbit	9.8 days
Transversal shift	-728 ± 106 arcsec
Binormal shift	17 ± 6 arcsec
Variability	Periodic
Lightcurve period:	83.79 s
Std Mag (Clear)	3.51 ± 0.68
Std Mag (B)	
Std Mag (V)	
Std Mag (R)	
Penumbral	<input type="checkbox"/> No
Filters:	Clear
Channels:	3 6 8

ATLAS 5 CENTAUR R/B			
Name	ATLAS 5 CENTAUR R/B	Number of tracks	33
International	2015-044B	Number of records	170611
Catalogue ID	40888	Std Mag (Clear)	2.96 ± 0.57
Catalogue	NORAD	Median = 2.90, Min = 0.48, Max = 6.04	
Launch date	2015-09-02 / US	Std Mag (B)	
Variability	Periodic	Std Mag (V)	2.71 ± 0.51
Current Period	41.56 s	Std Mag (R)	
Orbit Inclination	18.82 deg	Orbit Period	689.70 min
Type:	R/B - Rocket Body	Radar Cross-Section	35.7827
Satellite: Lightcurve - Standard magnitudes - Distances - Phases - Phase-Stdmag - Periods - Download - Download Periods			
<input type="checkbox"/> Comments			

Ссылки на графики по всем проводкам

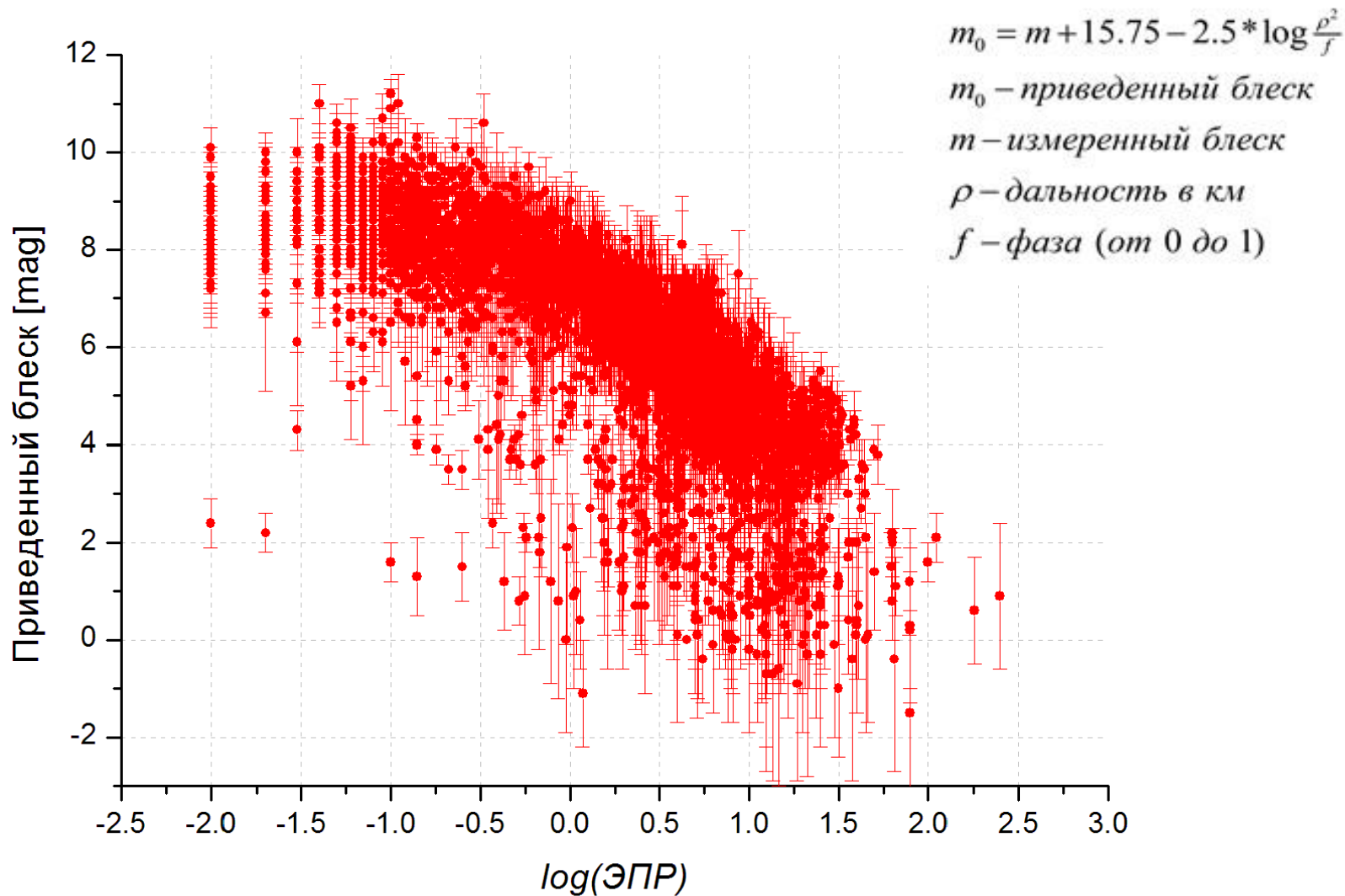


Ссылки на графики проводки

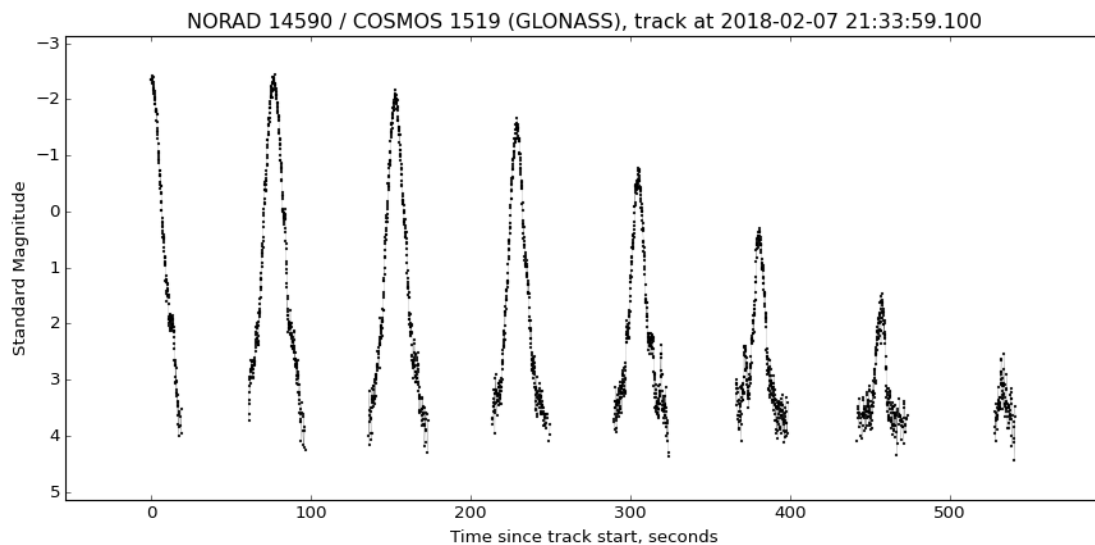
Track: [Lightcurve](#) - [Standard magnitudes](#) - [Distances](#) - [Phases](#) - [Folded](#) - [Refined](#) - [PDM](#) - [Periodogram](#) - [Download](#)

Приведенный блеск

Измеренный блеск объекта приводится к дальности 1000 км и фазовому углу 90°

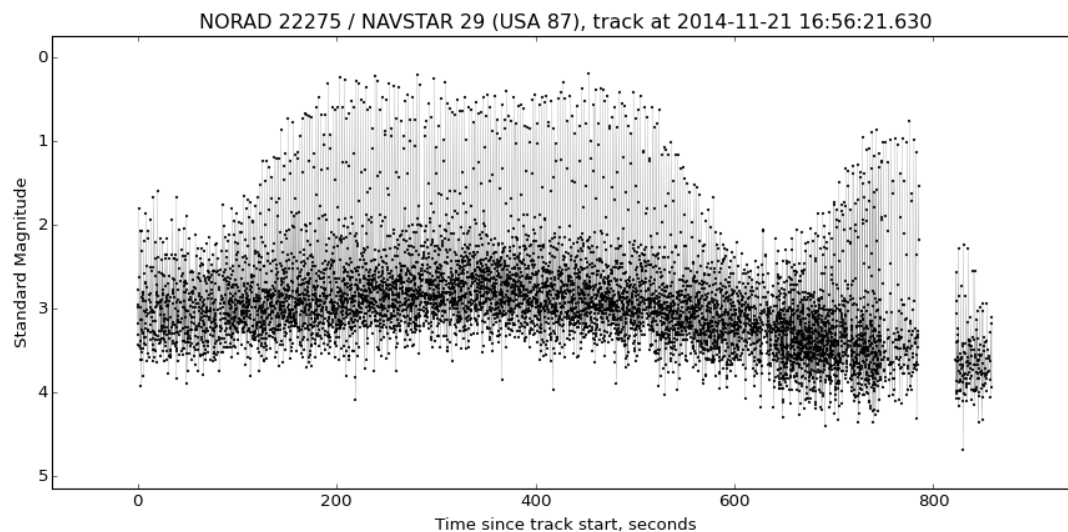


Примеры неверного значения ЭПР



ЭПР = 1.04 кв.м.
 $m_0 = 0.90 \pm 1.85$

Объект измеряется в
Максимумах блеска.



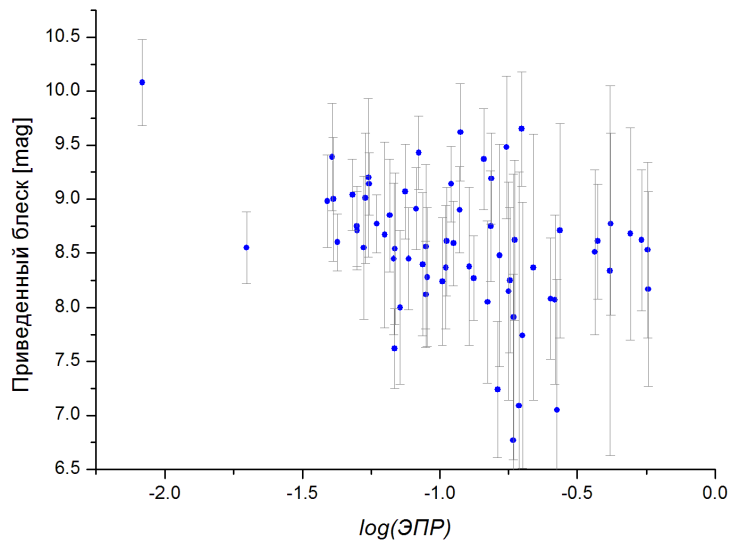
ЭПР = 0.68
 $m_0 = 2.54 \pm 1.18$

Для объектов на средних и высоких орбитах ЭПР нередко ошибочно.

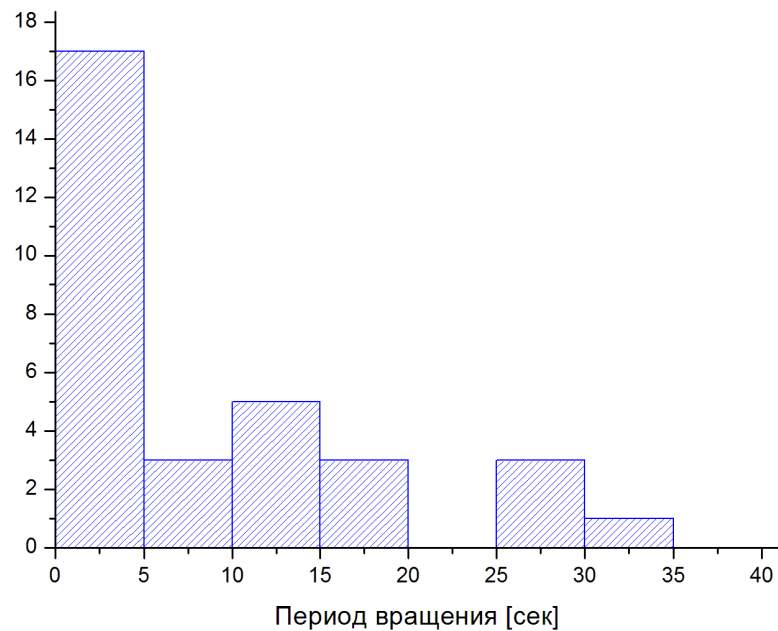
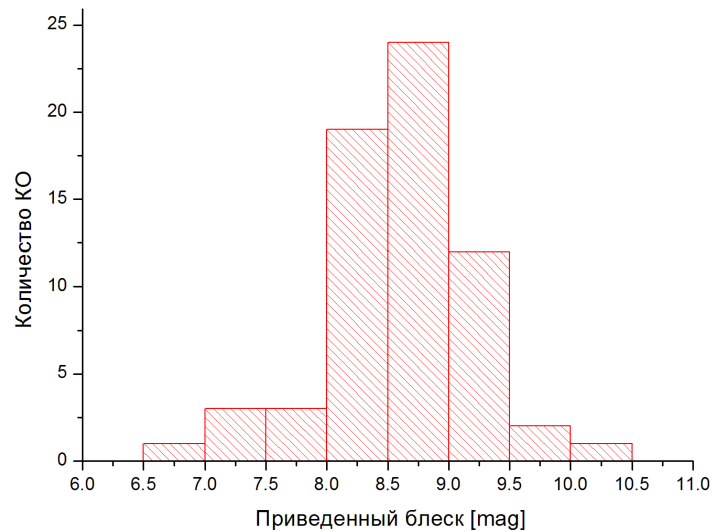
Кластеры разрушений

Разрушение	Всего фрагментов/ на орбите на 04.06.2014	ЭПР>=1 Norad/БД	ЭПР [0.1-1) Norad/ БД	ЭПР < 0.1 Norad/БД	Всего в БД/ Периодических
1961-015С, 118, СТ Able Star	295/175	1/1	44/26	130/5	32/8
1965-027А, 1314, КА Snapshot	159/159	0/0	2/2	157/50	52/18
1969-082АВ, 4159, РБ Agena-D	261/66	1/1	10/8	54/11	20/2
1970-025С, 4367, РБ Agena-D	440/303	2/2	25/20	276/29	51/17
1972-058В, 6127, 2 СТ PH Delta-900	243/47	0/0	12/10	35/3	13/2
1973-086В, 6921, 2 СТ PH Delta-300	219/197	2/2	56/33	139/6	41/16
1974-089D, 7352, 2 СТ PH Delta-2310	184/159	3/3	19/11	136/6	20/5
1975-004В, 7616, 2 СТ PH Delta-2910	206/31	1/1	5/5	25/3	9/1
1975-052В, 7946, 2 СТ PH Delta-2910	307/233	1/1	24/22	208/6	29/4
1976-077В, 9063, 2 СТ PH Delta-2310	183/173	0/0	36/17	137/8	25/5
1978-026С, 10704, 2 СТ PH Delta-2910	247/158	1/1	15/12	142/8	21/2
1986-019С, 16615, 3 СТ PH Ariane-1	498/36	2/2	6/6	28/5	13/7
1981-053А, 12504, КА "Космос-1275"	478/422	0/0	40/37	381/28	65/32
1990-081D, 20791, 3 СТ PH CZ-4	106/83	3/3	20/19	60/9	31/8
1991-009J, 21108, 2 СТ. PH "Космос-3М"	111/111	1/1	37/23	73/2	26/2
1992-093В, 22285, 2 СТ. PH "Зенит-2"	282/209	1/1	29/24	179/7	32/15
1997-051С, 24946, Iridium-33	627/423	0/0	16/15	407/17	32/17
1999-057С, 25942, 3 СТ PH CZ-4В	430/233	4/4	22/18	207/16	38/6
2006-006В, 28944, РБ "Бриз-М"	101/95	3/3	14/10	78/2	15/8
2008-011В, 32709, РБ "Бриз-М"	115/114	5/5	58/43	51/5	53/38

Кластер Cosmos 1275 (Norad 12504)



У большинства наблюдаемых фрагментов приведенный блеск от 8 до 9.5 mag. Признаки вращения имеют 32 КО.



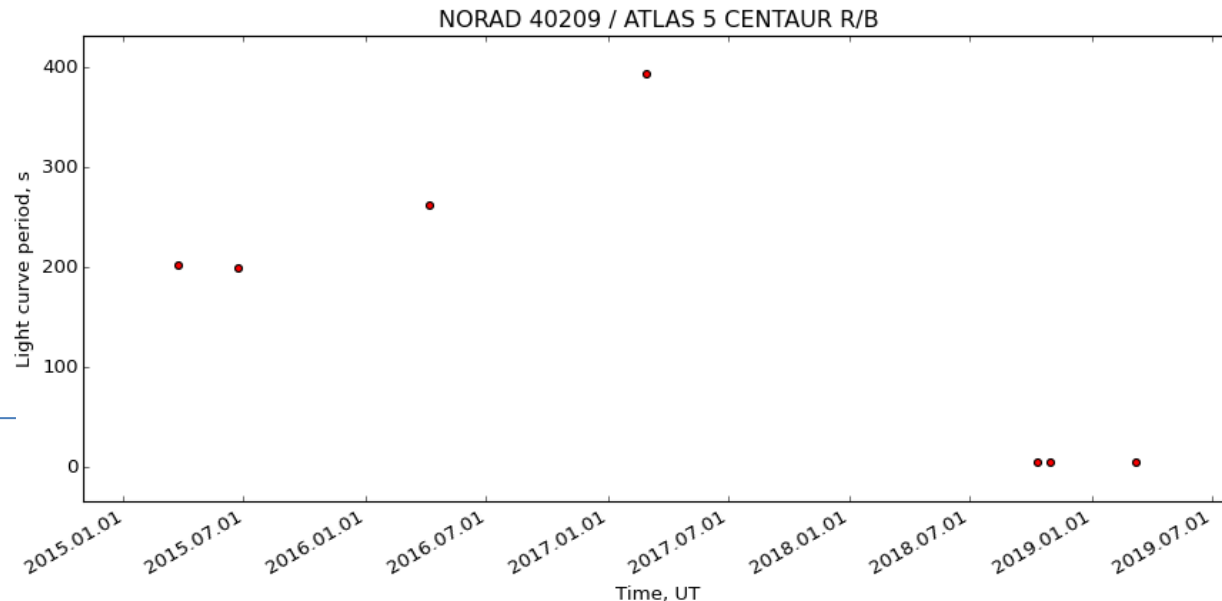
Для фрагментов характерно быстрое вращение.

Изменение периода вращения как признак разрушения.

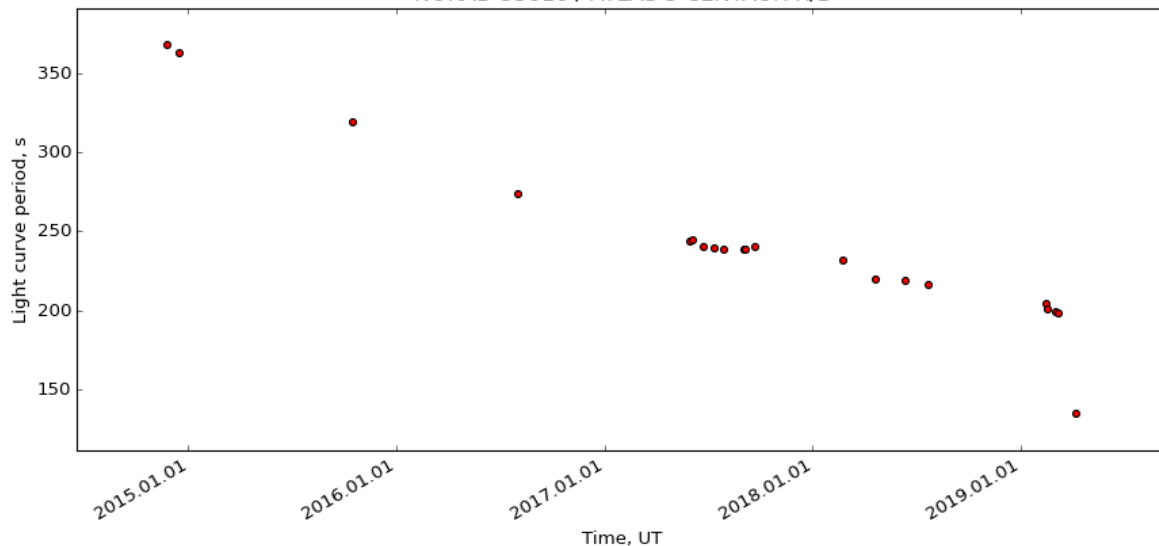
40209 Atlas 5 Centaur R/B

Разрушение в августе 2018 г.
Правопреемник* 40209
уменьшил период вращения с
400 минут до 4 секунд.
Средний блеск уменьшился
на 1 mag.

* объект, к которому перешли
административные характеристики
родительского тела



NORAD 35816 / ATLAS 5 CENTAUR R/B



35816 Atlas 5 Centaur R/B

Разрушение в марте 2019 г.
Период вращения изменился
со 190 до 130 сек.

Разрушение FALCON 9 R/B (Norad 43701)

7/8 апреля 2018 – начало появления неидентифицированных КО на наклонении 24°

Дата UT	Alert	Период, минут *	i *	Ω *	e *	Дуга, минут	mag	Период изм.блеска, секунд
07.04.2019 18:31	15154559	284.8	24.7°	144.5°	0.54	11.1	8.8	7.7
07.04.2019 18:34	15154562	310.2	24.7	146.2	0.52	1.0	8.9	0.6
08.04.2019 22:21	15171502	284.2	24.8	143.6	0.54	14	8.9	48.0
08.04.2019 23:37	15171855	140.4	24.7	142.0	0.27	4.5	9.4	2.9
08.04.2019 23:40	15171870	758.1	23.6	140.3	0.00	1.3	9.5	46.3
08.04.2019 23:48	15171948	282.7	24.8	143.6	0.55	20.9	9.5	48.0
09.04.2019 00:07	15172032	312.9	22.8	142.6	0.12	4.1	9.1	
09.04.2019 20:01	15225461	207.3	24.2	139.8	0.53	0.4	7.4	
09.04.2019 20:01	15225464	268.9	24.7	142.6	0.53	3.3	8.8	8.3
09.04.2019 20:01	15225471	246.2	24.7	142.6	0.49	16.5	7.3	240.0
10.04.2019 21:19	15428464	454.7	24.9	153.8	0.00	0.9	9.3	9.9
11.04.2019 21:26	15429756	186.2	24.7	139.6	0.39	8.7	9.0	9.9
11.04.2019 22:25	15429913	154.5	24.8	138.6	0.00	4.4	7.5	12.8
13.04.2019 00:58	15453112	143.6	24.7	136.7	0.28	7.1	8.4	9.6

* Элементы орбиты оценочные

Орбитальные элементы 43701

Дата	Период	i	Ω	e
5 апреля	442.6	24.8	146.2	0.662
9 апреля	132.4	24.9	142.1	0.246

Список неидентифицированных проводок приводится в отчетах ежемесячно

<http://mmt9.ru/report/>

Поиск сгоревших КО в БД

Satellites identified in MMT data

Non-variable
 Aperiodic
 Periodic

U/SAT
 ACT
 INACT
 R/B
 DEB
 M/DEB
 F/DEB
 UNIDENT
 [Orbital parameters](#)

Satellites	6154
Tracks	211573
Oldest	2014-06-04
Latest	2019-04-12

[Download list of satellites](#)

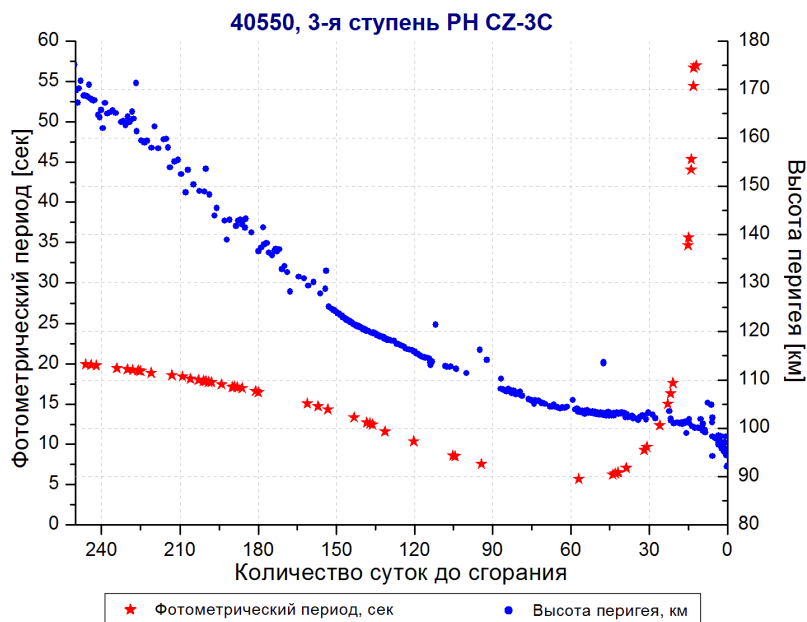
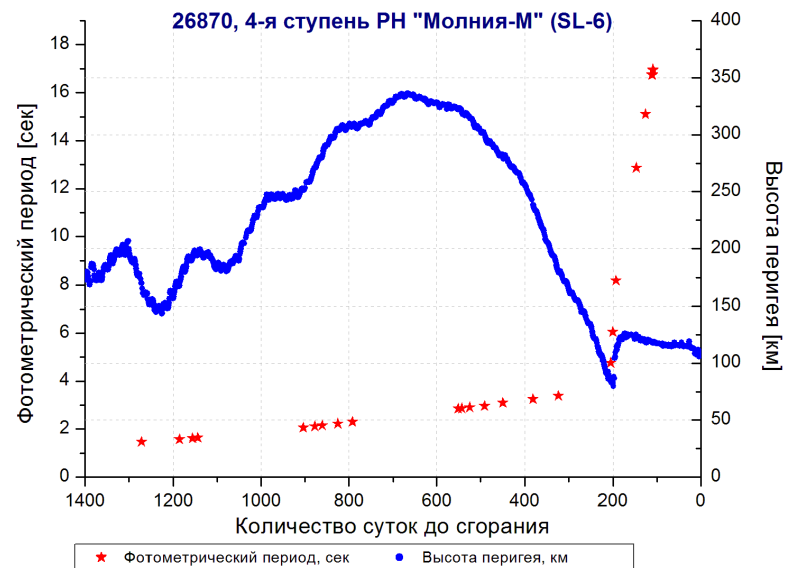
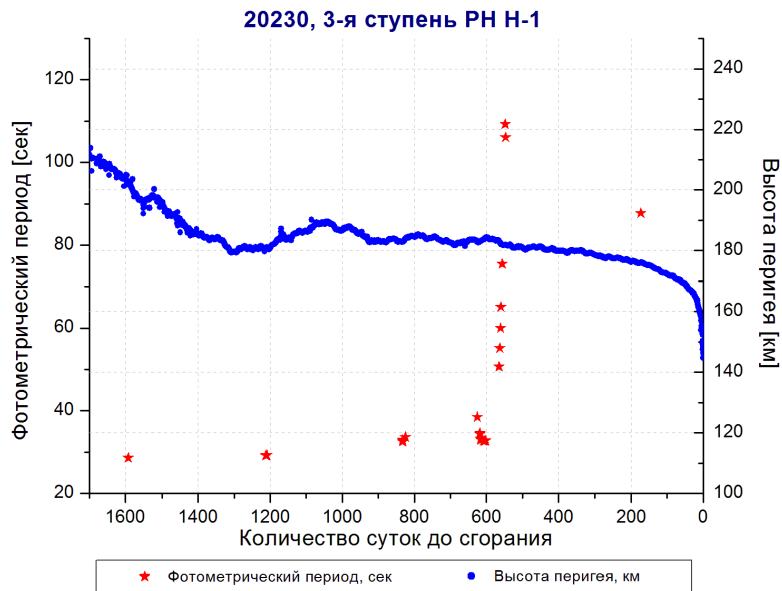
Enter either satellite ID or name. Several whitespace-separated IDs may be entered too. If exact name will not be found, substring search will be used to show candidates. Use checkboxes to select various variability classes or object types. Specify the period to refine search of satellites with periodic 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 - 33 object(s)

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

ID	Int	Name	Type	Launched	Latest Track	Ntracks	Std.Mag	Variability	RCS
43489	2018-049B	FALCON 9 R/B	R/B	2018-06-04 / US	2019-03-08	3	2.6 ± 0.3	Period: 271.54 s	
41883	2016-077B	CZ-3B R/B	R/B	2016-12-10 / PRC	2018-11-26	13	3.0 ± 0.8	Period: 8.70 s	10.29
27373	2002-005B	IRIDIUM 90	INACT	2002-02-11 / US	2018-10-18	22	6.3 ± 0.9	Period: 2.26 s	3.46
20230	1989-070B	H-1 R/B(1)	R/B	1989-09-05 / JPN	2018-10-13	31	6.1 ± 0.5	Period: 87.73 s	2.94
42985	2017-067B	FALCON 9 R/B	R/B	2017-10-30 / US	2018-07-31	9	2.6 ± 0.2	Period: 171.97 s	
43166	2018-010D	ELECTRON R/B	R/B	2018-01-21 / US	2018-07-17	2	7.0 ± 0.9	Period: 3.51 s	
42748	2017-031B	GSLV R/B	R/B	2017-06-05 / IND	2017-12-12	5	3.5 ± 0.3	Period: 25.92 s	
42696	2017-024B	GSLV R/B	R/B	2017-05-05 / IND	2017-09-28	5	4.4 ± 0.4	Period: 29.44 s	
41472	2016-028B	FALCON 9 R/B	R/B	2016-05-06 / US	2017-09-05	27	2.8 ± 0.8	Period: 36.41 s	16.97

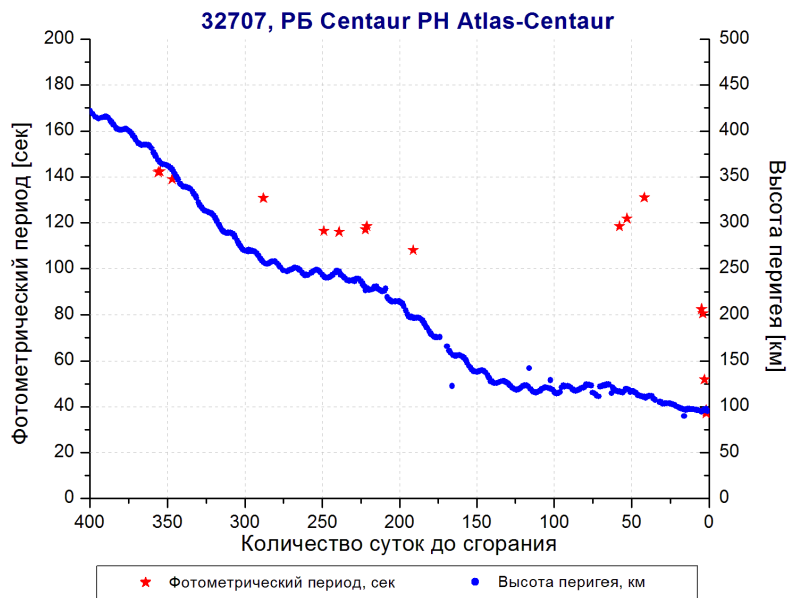
Изменение периода вращения перед сгоранием в атмосфере



После преодоления некоторой граничной высоты перигея вращения КО изменяется кардинально.

В большинстве случаев влияние атмосферы тормозит вращение объекта (период изменения блеска увеличивается).

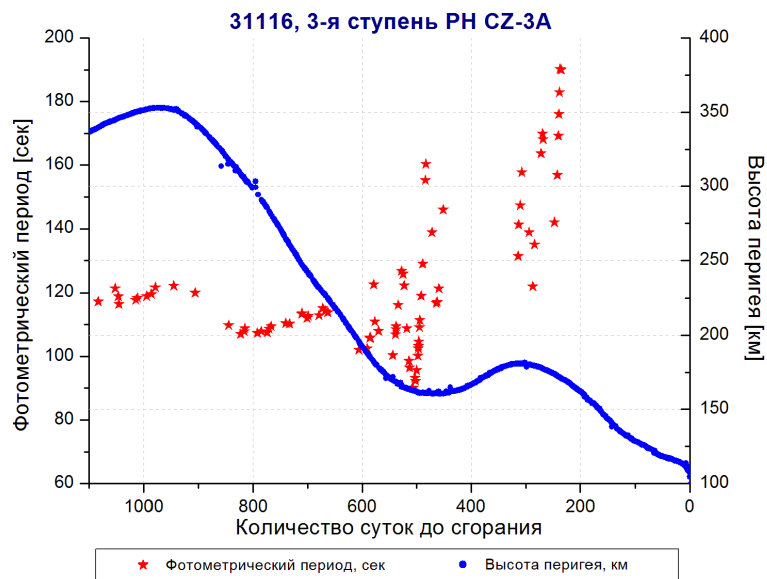
Изменение периода вращения перед сгоранием в атмосфере



Бывают случаи раскрутки и случаи хаотичного изменения скорости вращения.

Эволюция вращения КО на орбитах с низким перигеем зависит от:

- 1) Формы и ориентации КО
- 2) Состояния атмосферы
- 3) Частоты входа в атмосферу



Единой граничной высоты нет. Вращение может начать меняться и на высоте 100 км, и на высоте 200 км.

Каждый случай индивидуален.

Заключение

По состоянию на март 2019 года, в БД ММТ представлена фотометрическая информация по 90% всех крупных (с величиной ЭПР 1 кв.м и более) каталогизированных КО на орбитах с периодом 95...200 минут и по значительному (50...60%) количеству всех крупных каталогизированных КО на низких орбитах с периодом менее 95 минут.

Возможными вариантами использования многоканального мониторингового телескопа ММТ, а также информации из БД ММТ для решения задач оценки обстановки в ОКП представляются следующие направления:

- работы по классификации КО;
- распознавание КО;
- выявление неизвестных конструктивных особенностей космических аппаратов;
- оценка состояния КО;
- изучение динамики вращения тел в околоземном космическом пространстве.

СЕРГЕЙ БОНДАРЬ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ДИРЕКТОР ПРОЕКТА ММТ

Спасибо за внимание !