Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ. Результаты анализа фотометрической информации по космическим объектам на околоземных орбитах. Апрель 2016 года.

Информационно-аналитический отчет.

2016

Список сокращений

AMSAT	Amateur Satellites
AMSR	Advanced Microwave Scanning Radiometer
CZ	Chang Zheng
DMSP	Defense Meteorological Satellite Program
EPS	Étage à Propergols Stockables
ESA	European Space Agency
ESC	Étage Supérieur Cryotechnique
GCOM	Global Change Observation Mission
GMI	GPM Microwave Imager
GPM	Global Precipitation Measurement
MWRI	Microwave Radiation Imager
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOSS	Naval Ocean Surveillance System
SMAP	Soil Moisture Active Passive
SSM/I	Special Sensor Microwave Imager
SSMIS	Special Sensor Microwave Imager Sounder
SSTL	Surrey Satellite Technology Ltd
TLE	Two Line Element
UTC	Coordinated Universal Time
БД ММТ	база данных многоканального мониторингового телескопа
ДЗЗ	дистанционное зондирование Земли
ДПТ	долгота подспутниковой точки
КА	космический аппарат
КК ВВС	Космическое командование Военно-воздушных сил
КО	космический объект
ММТ	многоканальный мониторинговый телескоп
НССС	низкоорбитальная система спутниковой связи
ОКП	околоземное космическое пространство
РАН	Российская Академия наук
РБ	разгонный блок
РЛС	радиолокационная станция
РН	ракета-носитель
САО	Специальная астрофизическая обсерватория
СБ	солнечная батарея
ЭПР	эквивалентная площадь рассеяния

СОДЕРЖАНИЕ

1. Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ и база данных БД ММТ.....6

2. Наблюдения космических объектов на околоземных орбитах системой ММТ в апреле 2016 года. 7

3. КО, внесенные в БД ММТ в апреле 2016 года.....8

4. Результаты работы системы ММТ по наблюдению иностранных КО в апреле 2016 года. Анализ полученной измерительной информации. 11

4.1 Получены измерения по КА USA-118 (1996-026A, 23855) 11

4.3 Получены измерения по КА Intelsat-702 (1994-034A, 23124).....12

4.3 Измерен КА Envisat (2002-009A, 27386) 14

4.4 Оценка фотометрических характеристик КА типов AMSAT-NA Microsat и Microsat-70 17

4.5 Получены измерения по КА Relay-1 (1962-068A, 00503).....23

4.6 Оценка фотометрических характеристик вторых ступеней РН Ariane-5.....24

5. Оценка состояния КА с быстровращающимися внешними антеннами.....31

5.1 КА типа NOSS-3 (Intruder).....31

5.2 КА типа DMSP-5D.....33

5.3 КА типа Fengyun-3 35

5.4 КА Coriolis (2003-001A, 27640) 36

5.5 КА GCOM W1 (Shizuku) (2012-025A, 38337) 37

5.6 КА GPM (2014-009C, 39574) 38

5.7 КА Haiyang-2A (2011-043A, 37781).....39

5.8 КА SMAP (2015-003A, 40376) 40

6. Оперативная оценка состояния многоспутниковых группировок. 42

6.1 НССС Iridium 42

6.2 НССС Globalstar.....46

6.3 НССС Orbcomm 50

Заключение.....54

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рисунок 1. Наработка системы ММТ в течение апреля 2016 года. 7
Рисунок 2. Измеренный (вверху) и приведенный (внизу) блеск КА USA-118 в проводке ММТ 07.04.2016.....11
Рисунок 3. Приведенный блеск КА USA-118 в зависимости от величины фазового угла (по информации БД ММТ на 1.05.2016).....12
Рисунок 4. Общий вид КА Intelsat-702.....13
Рисунок 5. Измеренный (вверху) и приведенный (внизу) блеск КА Intelsat-702 в проводке ММТ 14.04.2016.....13
Рисунок 6. Измеренный (вверху) и приведенный (внизу) блеск КА Intelsat-702 в проводке ММТ 16.04.2016.....14
Рисунок 7. Общий вид КА Envisat 15
Рисунок 8. Значения и вариации среднего приведенного блеска КА Envisat по данным БД ММТ (на 1.05.2016).....16
Рисунок 9. Кривая приведенного блеска КА Envisat в проводке ММТ 15 апреля 2016 года 16
Рисунок 10. Кривая приведенного блеска КА Envisat в проводке ММТ 22 апреля 2016 года 17
Рисунок 11. Приведенный блеск КА Envisat в зависимости от величины фазового угла (по информации БД ММТ на 1.05.2016).....17
Рисунок 12. Общий вид КА PoSAT-1.....18
Рисунок 13. Кривая блеска КА PoSAT-1 в проводке 1 апреля 2016 года (вверху) и соответствующая форма паттерна.....19
Рисунок 14. Общий вид КА Eyesat-A.....20
Рисунок 15. Кривая блеска КА Eyesat-A в проводке системы ММТ 8 августа 2014 года 20
Рисунок 16. Кривые измеренного (вверху) и приведенного (внизу) блеска КА Relay-1 в проводке системы ММТ 13 апреля 2016 г. 23
Рисунок 17. Общий вид КА Relay-1 24
Рисунок 18. Внешний вид вторых ступеней РН Ariane-5 различных модификаций 25
Рисунок 19. Динамика периодов изменения блеска по 43 вторым ступеням ракет-носителей Ariane-5 (по данным БД ММТ на 1.05.2016).....29
Рисунок 20. Приведенный блеск 43-х вторых ступеней ракет-носителей Ariane-5 (по данным БД ММТ на 1.05.2016) 30
Рисунок 21. Орбитальное построение двух КА типа NOSS-3, работающих в составе пары 31
Рисунок 22. Внешний вид КА типа DMSP-5D 33
Рисунок 23. Внешний вид КА типа Fengyun-3 35
Рисунок 24. Общий вид КА GCOM W1 (Shizuku), видна антенна радиометра AMSR-2 37
Рисунок 25. Общий вид КА GPM.....38
Рисунок 26. Общий вид КА Haiyang-2A 39
Рисунок 27. Общий вид КА SMAP.....40
Рисунок 28. Распределение КА типа Iridium по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016) 46
Рисунок 29. Распределение КА типа Globalstar по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016) 50
Рисунок 30. Распределение КА Orbcomm по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016) 53

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Космические объекты, ранее не измерявшиеся системой ММТ и внесенные в открытую часть БД ММТ в течение апреля 2016 года....9
Таблица 2. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА USA-118 за апр. 2016 г..11
Таблица 3. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Intelsat-702 за апр. 2016 г. 12
Таблица 4. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Envisat (по состоянию на 1.05.2016)....15
Таблица 5. КА многоэлементного запуска 1993-061....18
Таблица 6. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА PoSAT-1 (по состоянию на 1.05.2016)....18
Таблица 7. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Eyesat-A (по состоянию на 1.05.2016)....18
Таблица 8. Характеристики КА, построенных на базе платформы Microsat-70 21
Таблица 9. Характеристики КА, построенных на базе платформы AMSAT-NA Microsat 22
Таблица 10. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Relay-1 (по состоянию на 1.05.2016)....23
Таблица 11. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2006-020 24
Таблица 12. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2008-030 25
Таблица 13. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2015-054 25
Таблица 14. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2015-022 25
Таблица 15. Массо-габаритные характеристики различных вариантов вторых ступеней РН Ariane-5....26
Таблица 16. Фотометрическая информация из БД ММТ по различным ступеням РН Ariane-5 (по состоянию на 1.05.2016) 26
Таблица 17. Информация из БД ММТ по КА типа NOSS-3 (на 1.05.2016)....32
Таблица 18. Информация из БД ММТ по КА типа DMSP-5D (на 1.05.2016) 34
Таблица 19. Информация из БД ММТ по КА типа Fengyun-3 (на 1.05.2016) 36
Таблица 20. Информация из БД ММТ по КА Coriolis (на 1.05.2016)....37
Таблица 21. Информация из БД ММТ по КА GCOM-W1 (на 1.05.2016)....38
Таблица 22. Информация из БД ММТ по КА GPM (на 1.05.2016)....39
Таблица 23. Информация из БД ММТ по КА Haiyang-2A (на 1.05.2016) 40
Таблица 24. Информация из БД ММТ по КА SMAP (на 1.05.2016)....41
Таблица 25. Информация из БД ММТ по КА типа Iridium (на 1.05.2016) 42
Таблица 26. Информация из БД ММТ по КА Globalstar 1-го поколения (на 1.05.2016) .46
Таблица 27. Информация из БД ММТ по КА Globalstar 2-го поколения (на 1.05.2016) .49
Таблица 28. Информация из БД ММТ по КА Orbcomm 1-го поколения (на 1.05.2016)..50
Таблица 29. Информация из БД ММТ по КА Orbcomm-QL (на 1.05.2016) 52
Таблица 30. Информация из БД ММТ по КА Orbcomm 2-го поколения (на 1.05.2016)..52

1. Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ и база данных БД ММТ

В апреле 2016 года продолжены наблюдения на многоканальном мониторинговом телескопе ММТ. Работы выполнялись Казанским (Приволжским) Федеральным Университетом, совместно с САО РАН и АО «НПК СПП».

Система ММТ предназначена для широкоугольного мониторинга небесной сферы с целью обнаружения, классификации и исследования переменных в пространстве и во времени источников оптического излучения.

Основная целевая функция системы ММТ – астрофизические наблюдения в интересах изучения оптических послесвечений, сопровождающих космические гамма-всплески. С этой целью производится мониторинг определенных участков небесной сферы по целеуказаниям, выдаваемым низкоорбитальными астрофизическими КА Swift и Fermi. Часть наблюдательного времени система ММТ использует для обзоров всей видимой части небесной сферы в интересах задачи фотометрирования звездных полей.

В качестве дополнительного результата своей работы система ММТ получает большие объемы оптической измерительной информации по космическим объектам искусственного происхождения на околоземных орбитах (космические аппараты, ступени РН и РБ, фрагменты).

Место дислокации системы ММТ – Северный Кавказ, поселок Нижний Архыз. Географические координаты пункта 43°38'59.5"с.ш. 41°25'53.3"в.д., высота над уровнем моря 2030 метров.

Поле зрения одного оптического канала 80 кв. градусов (10° x 8°), общее поле зрения системы ММТ – 700 кв. градусов. Разрешение системы по времени – 0.1 с (10 кадров в секунду), при этом минимальный блеск обнаруживаемого объекта – 12-я звездная величина. Предел проницания по быстродвижущимся объектам составляет порядка 9.5…10.0 зв. вел.

В течение наблюдательной ночи в поле зрения системы ММТ попадают от 100 до 400 КО, находящиеся на околоземных орбитах. По полученным кадрам определяются угловые координаты и блеск этих объектов. Угловые координаты КО идентифицируются по открытым источникам орбитальной информации. В качестве источников орбитальных данных используются двустрочные элементы TLE, выдаваемые Космическим командованием ВВС США, и орбитальная информация независимых наблюдателей (для КО, по которым КК ВВС США не выдает элементы орбит).

По результатам наблюдений системы ММТ формируется и оперативно пополняется база данных фотометрии КО на околоземных орбитах.

Для каждого КО по всем полученным измерениям (исключая полутеневые засечки) вычисляется средний приведенный (к дальности 1000 километров и фазовому углу 90°) блеск. При режиме работы с фотометрическими фильтрами BVR вычисляется приведенный блеск в конкретном фильтре. Для КО, имеющих явную периодичность блеска, определяется период изменения блеска (в секундах).

Помимо измеренного и приведенного блеска объектов, в БД заносятся данные о дальности и фазовом угле во время наблюдений, а также кривые изменения блеска.

Часть фотометрической информации, относящаяся к иностранным КО, предоставляется в открытый публичный доступ. Данные доступны на интернет-сайте http://astroguard.ru/satellites. Через веб-интерфейс БД ММТ доступны как усредненные данные по каждому занесенному в базу КО, так и сведения по каждой идентифицированной проводке.

Приведенные в БД ММТ данные по периодам вращения КО являются достоверными и подтверждаются другими источниками информации о состоянии КО на момент получения измерений.

2. Наблюдения космических объектов на околоземных орбитах системой ММТ в апреле 2016 года.

По состоянию на 1 мая 2016 года, в базе данных многоканального мониторингового телескопа (БД ММТ) содержится фотометрическая информация о 4720 КО на околоземных орбитах, измеренных в 76981 проводке. Информация по 2196 иностранным КО (34085 проводок) находится в открытой публичной части БД ММТ.

В течение апреля 2016 года системой ММТ отработано (полностью или частично) 16 ночей (рис. 1), получены измерения по 1464 КО на околоземных орбитах. Информация по 605-ти иностранным КО, измеренным в течение апреля, представлена в открытой публичной части БД ММТ.

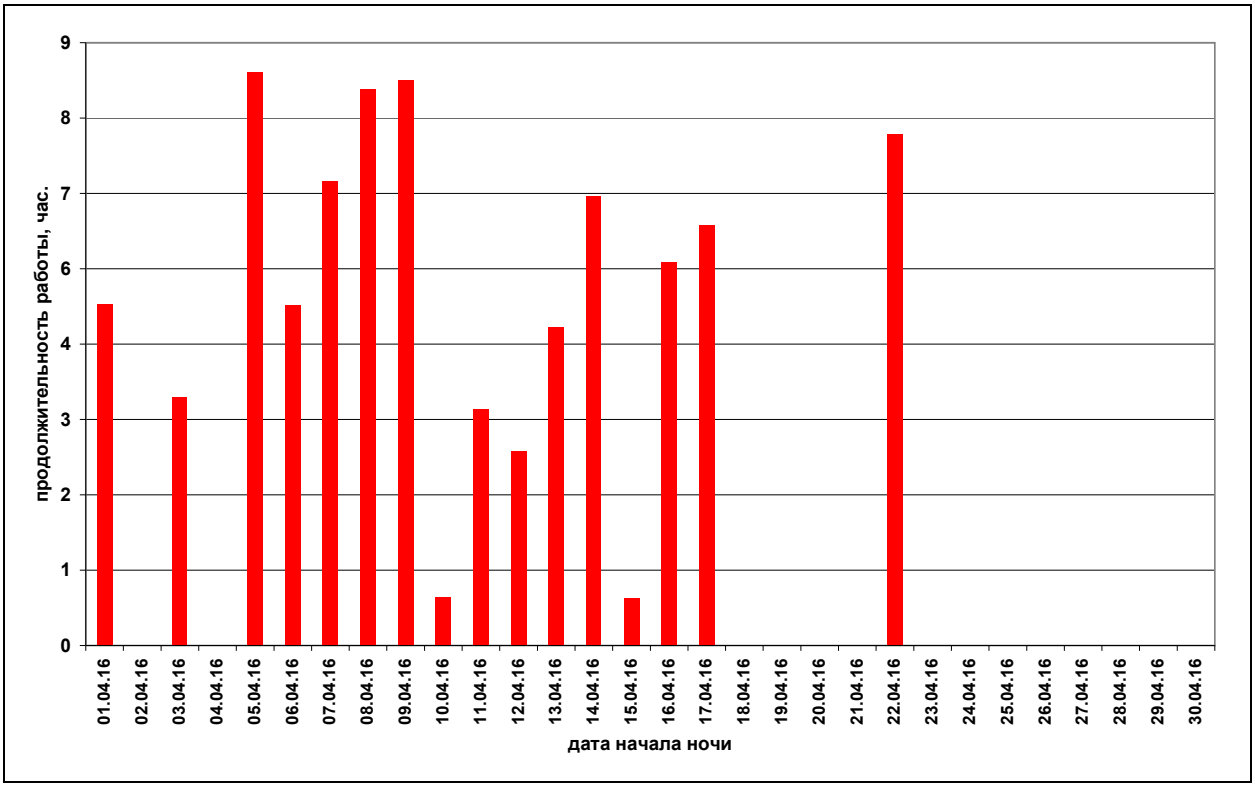


Рисунок 1. Наработка системы ММТ в течение апреля 2016 года.

В апреле 2016 года в БД ММТ внесены 25 новых (ранее не измерявшихся системой ММТ) космических объектов. Из этого количества новых КО, внесенных в БД ММТ в апреле 2016 года, 21 объект являются иностранными КО; информация по ним представлена в открытой публичной части БД ММТ.

Основные сведения об иностранных КО, внесенных в БД ММТ в течение апреля 2016 года, приводятся в разделе 3 данного отчета.

Детальный анализ фотометрической информации по иностранным КО различных классов, полученной системой ММТ в апреле 2016 года, приводится в разделе 4 данного отчета.

Разделы 5 и 6 отчета посвящены вкладу системы ММТ в решение частных задач оценки обстановки в околоземном космическом пространстве (ОКП). В разделе 5 описано использование измерительной информации ММТ для оценки состояния космических аппаратов с внешними быстровращающимися антеннами; в разделе 6 – для оперативной оценки состояния многоспутниковых группировок.

Отчет составлен на основе публичных открытых источников информации.

3. КО, внесенные в БД ММТ в апреле 2016 года

В апреле 2016 года в открытую часть базы фотометрической информации системы ММТ (БД ММТ) внесен 21 новый (ранее не измерявшийся системой ММТ) иностранный КО.

Вновь внесенные в БД ММТ объекты распределяются по типам КО следующим образом:

- 10 КО – космические аппараты;
- 7 КО – ступень РН;
- 4 КО – фрагменты.

Распределение вновь внесенные в БД ММТ объектов по типам орбит:

- 8 КО в области геостационарных орбит;
- 8 КО на высокоэллиптических орбитах;
- 1 КО на средневысоких орбитах;
- 4 КО на низких орбитах.

Для 5-ти объектов из 21-го КО, внесенного в БД ММТ в течение апреля, по результатам выполненных измерений определены величины периодов изменения блеска.

Информация по 21 КО, ранее не измерявшимся системой ММТ и внесенным в открытую часть БД ММТ в течение апреля 2016 года, приведена в табл. 1. В дополнение к фотометрической информации из БД ММТ, в таблице приводится орбитальная информация, а также данные по величинам ЭПР объектов (по информации интернет-сайта ***celestrak.com***).

В табл. 1 в графе «Тип КО» используются условные обозначения:

- «ACT» – активный КА;
- «INACT» – нефункционирующий КА;
- «U/SAT» – КА без уточнения функционального состояния;
- «R/B» – ступень РН или РБ;
- «M/DEB» – операционный (технологический) фрагмент запуска;
- «F/DEB» – фрагмент разрушения;
- «DEB» – фрагмент без уточнения способа образования;
- «UNID» – КО неизвестного типа.

Привязка измерений системы ММТ к космическим объектам произведена на основе орбитальной информации Космического командования ВВС США. Для КО, по которым КК ВВС США не выдает в открытый публичный доступ оперативную орбитальную информацию, для привязки измерений системы ММТ использованы орбитальные данные независимых наблюдателей.

Таблица 1. Космические объекты, ранее не измерявшиеся системой ММТ и внесенные в открытую часть БД ММТ в течение апреля 2016 года

КО	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным КК ВВС США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, м^2
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Relay-1 (A-15)	1962-068A / 503	INACT	1	6.6 ± 1.6		185.05	47.50	7437	1321	0.93
КА DFS-1	1989-041B / 20041	INACT	1	2.5 ± 0.3		1430.40	14.60	35731	35619	2.51
КА DirecTV-1 (DBS-1)	1993-078A / 22930	INACT	1	1.7 ± 0.5		1454.75	6.03	36188	36114	12.1
КА Intelsat-702	1994-034A / 23124	ACT	2	1.1 ± 1.2	период 387.00 с	1436.10	3.77	35788	35785	23.14
КА DirecTV-3 (DBS/Nimiq-3)	1995-029A / 23598	INACT	1	2.4 ± 0.3		1454.54	5.76	36178	36116	31.82
КА USA-118	1996-026A / 23855	ACT	1	0.4 ± 1.6		1436.12 *	9.53 *	37483 *	34091 *	
3 ст. РН Ariane-44L	1997-002C / 24715	R/B	2	4.6 ± 0.4		361.43	7.22	20567	292	22.31
КА Galaxy-11	1999-071A / 26038	ACT	1	2.1 ± 0.3		1436.06	0.06	35787	35785	248.62
КА Chinasat-22	2000-003A / 26058	INACT	1	1.3 ± 0.5		1479.62	6.55	36654	36614	7.94
фрагмент CZ-4	1999-057DC / 26214	F/DEB	1	8.8 ± 0.2		96.93	98.64	634	590	0.13
переходник Spelda РН Ariane-44L	2002-015C / 27401	M/DEB	1	4.6 ± 0.3	период 103.65 с	286.11	3.64	15817	193	15.24
2 ст. РН Ariane-5	2006-020D / 29165	R/B	1	3.9 ± 0.5		470.55	7.39	27084	239	32.58
КА Turksat-3A	2008-030B / 33056	ACT	1	2.3 ± 0.2		1436.11	0.06	35802	35772	24.79
2 ст. РН Ariane-5	2008-030C / 33057	R/B	1	4.0 ± 0.4		595.53	1.56	33872	266	22.54
КА Yahsat-1B	2012-016A / 38245	ACT	1	2.4 ± 0.2		1436.09	0.01	35793	35779	10

КО	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным КК ВВС США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
2 ст. РН Ariane-5	2015-022C / 40615	R/B	1	3.4 ± 0.4	период 1.36 с	614.56	5.31	34894	238	22.08
2 ст. РН Ariane-5	2015-054C / 40942	R/B	1	3.3 ± 0.3	период 1.54 с	622.49	6.59	35346	197	37.89
фрагмент КА NOAA 16	2000-055F / 41048	F/DEB	2	7.7 ± 0.4	период 0.54 с	101.67	99.05	873	802	0.09
фрагмент КА NOAA 16	2000-055EA / 41221	F/DEB	1	9.1 ± 0.5		101.09	98.92	853	768	
2 ст. РН Atlas-5	2016-007B / 41329	R/B	1	2.8 ± 0.2 **		750.74	55.36	21463	20505	
3 ст. РН CZ-3A	2016-021B / 41435	R/B	3	3.1 ± 0.8		623.63	55.09	35351	251	8.88

Примечание:
* - Привязка измерений выполнена на основе орбитальной информации независимых наблюдателей.
** - Значение приведенного среднего блеска с фильтром V.

4. Результаты работы системы ММТ по наблюдению иностранных КО в апреле 2016 года. Анализ полученной измерительной информации.

4.1 Получены измерения по КА USA-118 (1996-026A, 23855)

В апреле 2016 года получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по американскому активному КА военного назначения **USA-118 (1996-026A, 23855)**. Данные по выполненным измерениям приведены в табл. 2.

Привязка измерений системы ММТ по КА USA-118 произведена на основе орбитальной информации независимых наблюдателей.

Таблица 2. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА USA-118 за апр. 2016 г.

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
07.04.2016 21:57	1195.7	8298	0.43 ± 1.56	не выявлена

На рис. 2 приведены кривые измеренного и приведенного (к дальности 1000 километров и фазовому углу 90°) блеска КА USA-118, полученные в проводке системы ММТ 7 апреля 2016 года.

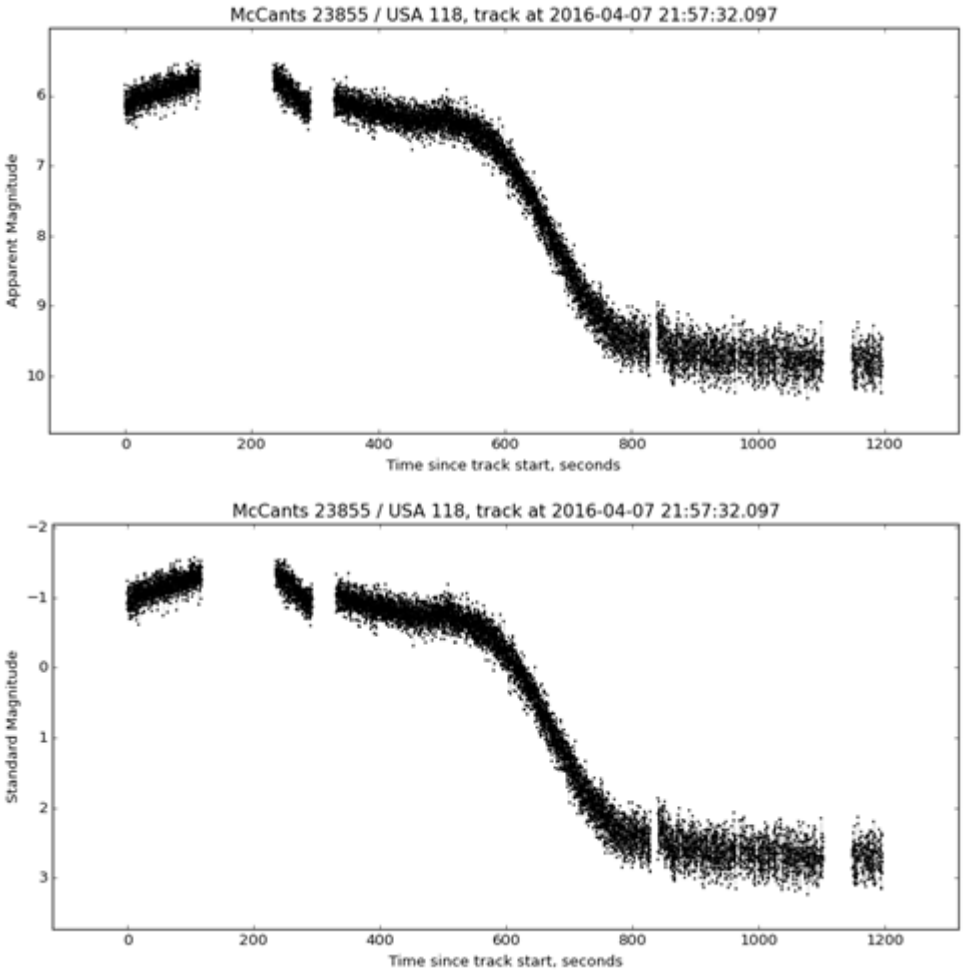


Рисунок 2. Измеренный (вверху) и приведенный (внизу) блеск КА USA-118 в проводке ММТ 07.04.2016

КА USA-118 запущен 24 апреля 1996 года. Согласно данным независимых наблюдателей, по состоянию на 3 апреля 2016 года, спутник находился на геосинхронной орбите высотой 37483 х 34091 километров (период 1436 минут) с наклонением 9.5°. Данные о конструкции КА и его тактико-технические характеристики в материалах открытых источников отсутствуют. Предположительно, КА USA-118 является спутником радиоэлектронной разведки типа Mercury.

На рис. 3 показаны значения приведенного блеска КА USA-118 в зависимости от величины фазового угла в засечках, содержащихся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016.

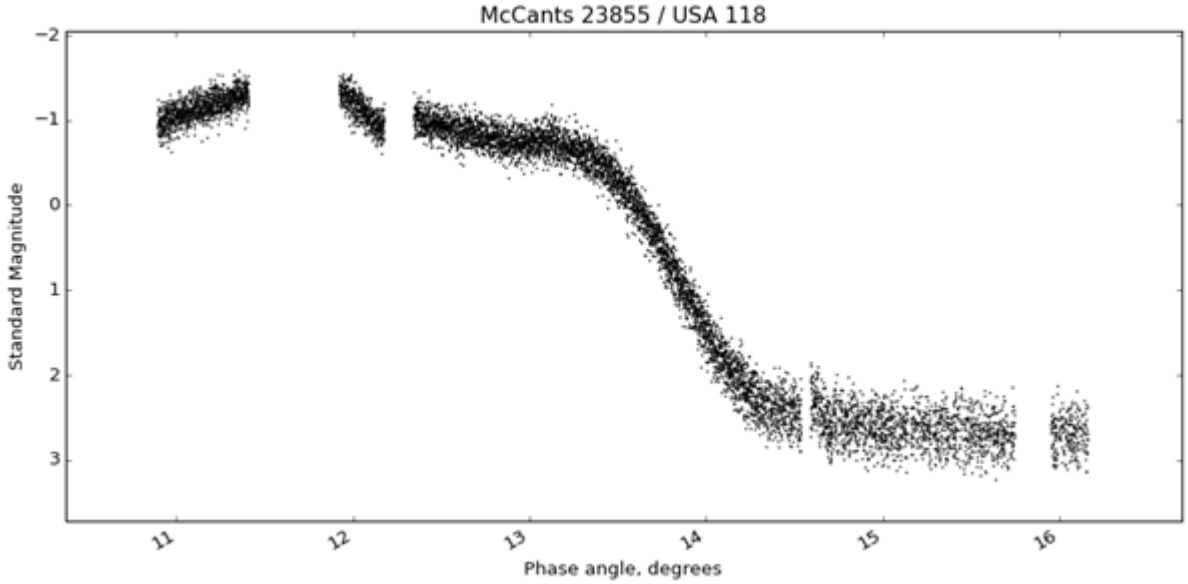


Рисунок 3. Приведенный блеск КА USA-118 в зависимости от величины фазового угла (по информации БД ММТ на 1.05.2016)

4.3 Получены измерения по КА Intelsat-702 (1994-034A, 23124)

В апреле 2016 года получены первые фотометрические измерения системы ММТ (2 проводки) по американскому активному телекоммуникационному КА **Intelsat-702 (1994-034A, 23124)**. Фотометрическая информация по выполненным измерениям приводится в табл. 3.

Привязка измерений системы ММТ по КА Intelsat-702 произведена на основе орбитальной информации Космического командования ВВС США.

Таблица 3. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Intelsat-702 за апр. 2016 г.

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
14.04.2016 20:08	1224.5	3516	2.18 ± 0.38	не выявлена
16.04.2016 20:45	988.6	14624	0.79 ± 1.24	период 387.0 с

Принадлежащий крупнейшему мировому оператору спутниковой связи компании Intelsat, КА Intelsat-702 (рис. 4) запущен 17 июня 1994 года. Он представляет собой геостационарный спутник связи типа Intelsat-VII. По состоянию на 1.05.2016 года, КА Intelsat-702 находился на геостационарной орбите с ДПТ 33°в.д. и наклонением 3.7°.

Рисунок 4. Общий вид КА Intelsat-702

На рис. 5 и 6 приведены кривые измеренного и приведенного блеска КА Intelsat-702, полученные системой ММТ в апреле 2016 года.

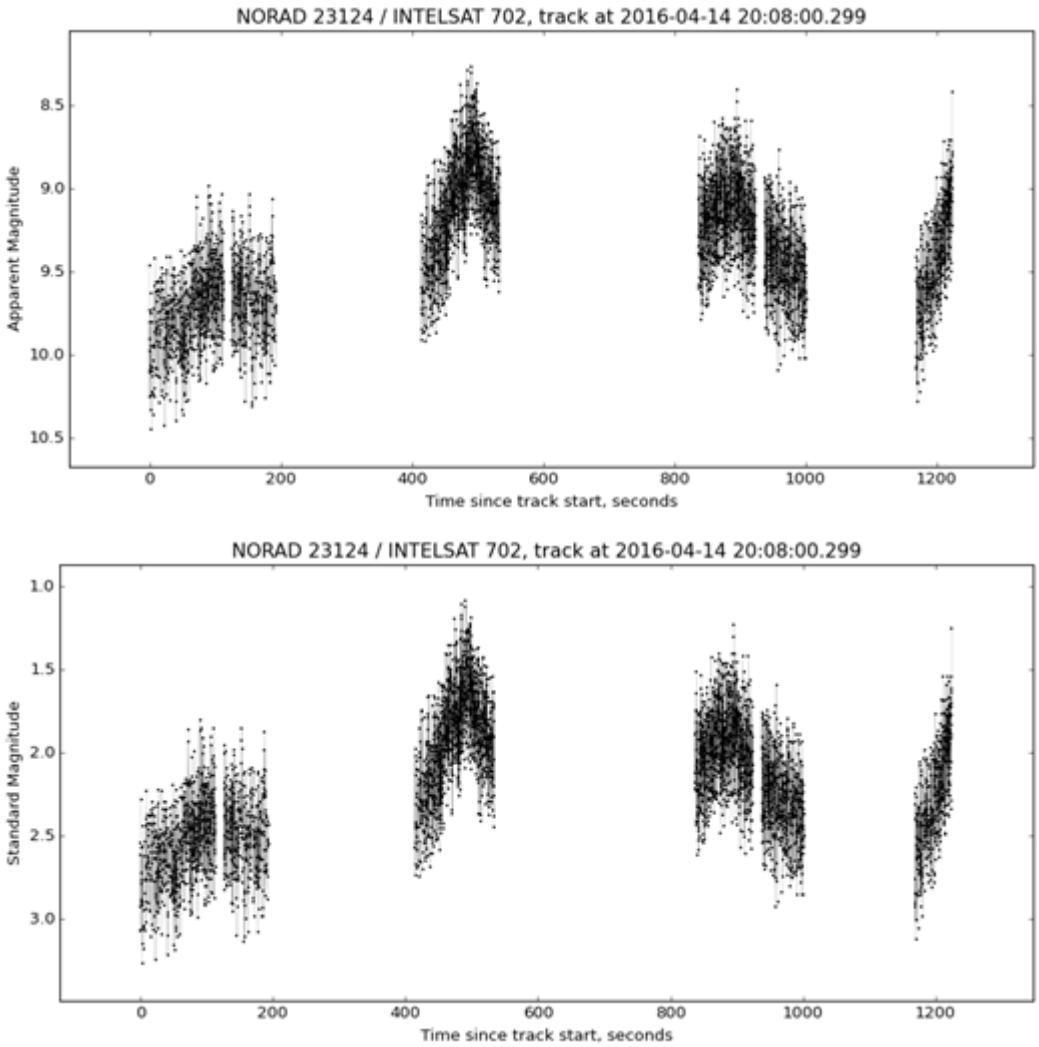


Рисунок 5. Измеренный (вверху) и приведенный (внизу) блеск КА Intelsat-702 в проводке ММТ 14.04.2016

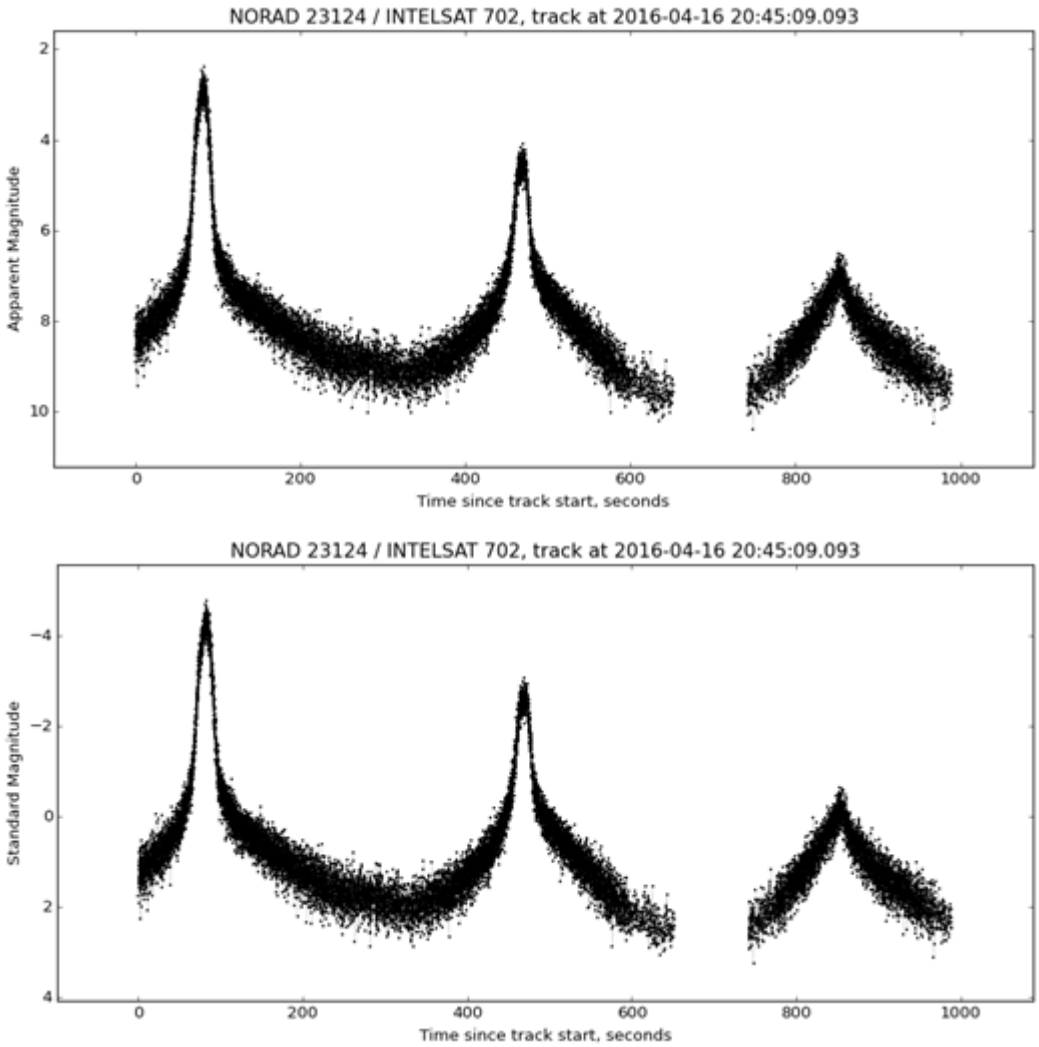


Рисунок 6. Измеренный (вверху) и приведенный (внизу) блеск КА Intelsat-702 в проводке ММТ 16.04.2016

В проводке, полученной 16 апреля 2016 года, в БД ММТ для КА Intelsat-702 определился период изменения блеска. Величина определившегося периода составляет 387 секунд. С учетом того, что КА Intelsat-702 является активным трехосно стабилизированным спутником, три максимума на кривой блеска в проводке 16.04.2016 предположительно обусловлены условиями освещения некоторых конструктивных элементов КА (наиболее вероятно – параболических антенн целевой полезной нагрузки) и не могут быть истолкованы как признак вращения КА относительно его центра масс.

4.3 Измерен КА Envisat (2002-009A, 27386)

Измерения системы ММТ, выполненные в апреле 2016 года, позволили уточнить фотометрические характеристики нефункционирующего европейского КА ДЗЗ **Envisat (2002-009A, 27386)**.

Информация по КА Envisat, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016, приведена в табл. 4. Привязка измерений системы ММТ произведена на основе орбитальной информации Космического командования ВВС США.

Таблица 4. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Envisat (по состоянию на 1.05.2016)

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
20.06.2014 18:28	47.5	532	3.55 ± 0.60	не выявлена
31.07.2015 18:30	61.7	894	4.75 ± 0.82	не выявлена
03.08.2015 18:19	65.4	703	4.28 ± 1.20	не выявлена
06.08.2015 18:08	55.7	612	3.98 ± 0.59	не выявлена
12.08.2015 17:48	27.8	424	3.02 ± 0.42 *	не выявлена
20.03.2016 18:08	69.8	859	4.34 ± 0.88	не выявлена
15.04.2016 17:06	32.3	323	3.23 ± 0.34	не выявлена
22.04.2016 17:46	39.1	417	3.66 ± 0.48	не выявлена

Примечание:
* – значение блеска с фильтром R

Рисунок 7. Общий вид КА Envisat

Принадлежащий европейскому космическому агентству ESA КА дистанционного зондирования Земли Envisat (рис. 7) запущен 1 марта 2002 года. Спутник имеет стартовую массу 8211 килограмма. Длина корпуса КА 10.5 метра, поперечный корпуса 4.6 метра. Спутник оснащен панелью солнечных батарей размером 14 х 5 метров и ботовым радиолокатором с антенной панелью, имеющей размер 10 х 1.3 метра. Общие габариты КА Envisat в орбитальной конфигурации составляет 25 х 7 х 10 метров.

В штатном режиме КА Envisat имел трехосную стабилизацию в орбитальной системе координат, панель антенны бортовой РЛС ориентирована длинной стороной по вектору скорости.

КА Envisat эксплуатировался по целевому назначению до 8 апреля 2012 года, когда в результате критического отказа бортовых систем связь со спутником была потеряна и все попытки ее восстановления не увенчались успехом.

По состоянию на 1.05.2016, нефункционирующий КА Envisat находится на низкой орбите высотой 767 х 765 километров (период 100.15 минуты) с наклонением 98.3°.

С июня 2014 года по апрель 2016 года при помощи системы ММТ получено 8 проводок по КА Envisat. Все проводки относятся к периоду после прекращения

функционирования. Периодическое изменение блеска данного объекта на всем интервале наблюдений не выявлено.

Во всех проводках, полученных системой ММТ по КА Envisat, фотометрические кривые имеют форму, нехарактерную для трехосно стабилизированного КО. Блеск КО в проводках изменяется в широком диапазоне значений.

На рис. 8 показаны значения и вариации среднего приведенного блеска КА Envisat по данным БД ММТ по состоянию на 1.05.2016.

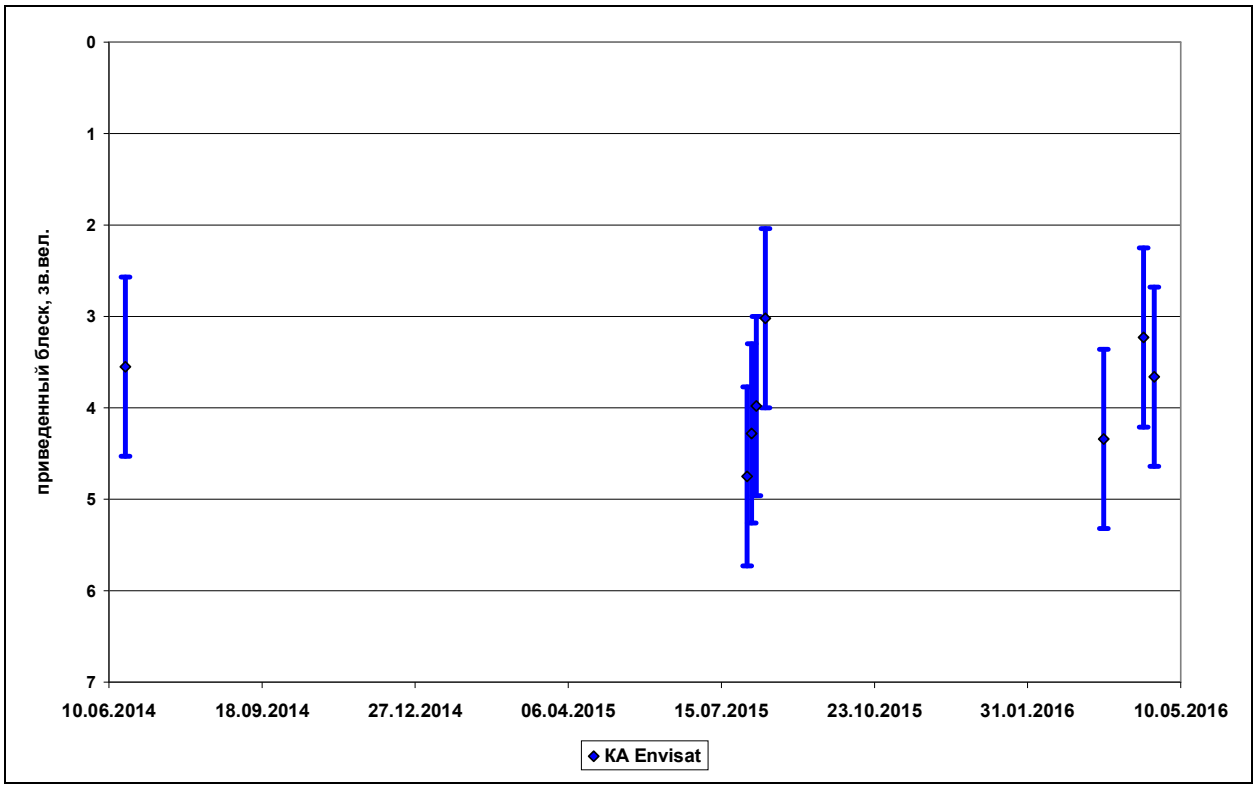


Рисунок 8. Значения и вариации среднего приведенного блеска КА Envisat по данным БД ММТ (на 1.05.2016)

На рис. 9 и 10 показаны кривые приведенного (к дальности 1000 км и фазовому углу 90°) блеска КА Envisat, построенные по измерениям системы ММТ, выполненным в апреле 2016 года.

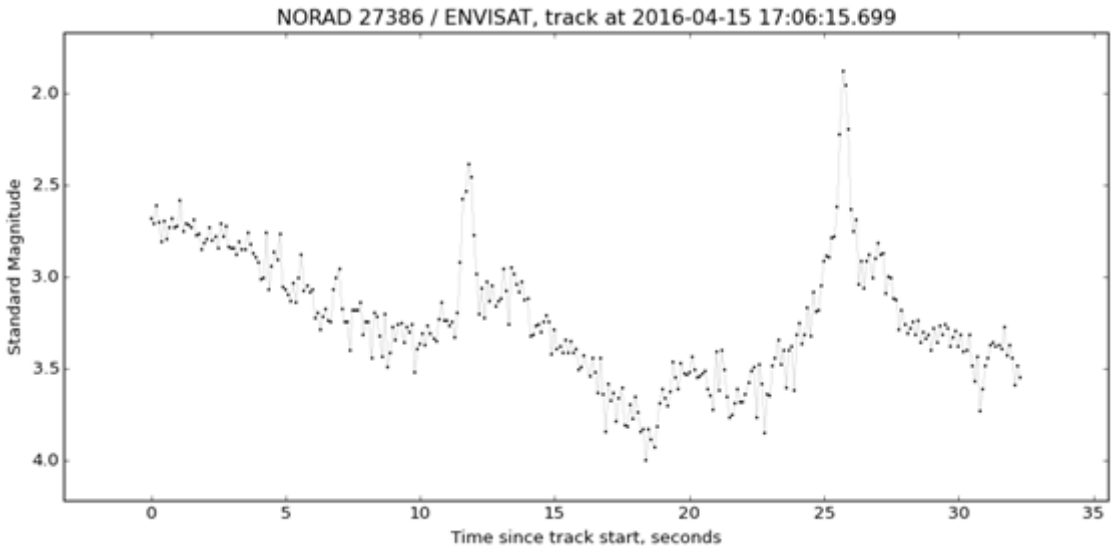


Рисунок 9. Кривая приведенного блеска КА Envisat в проводке ММТ 15 апреля 2016 года

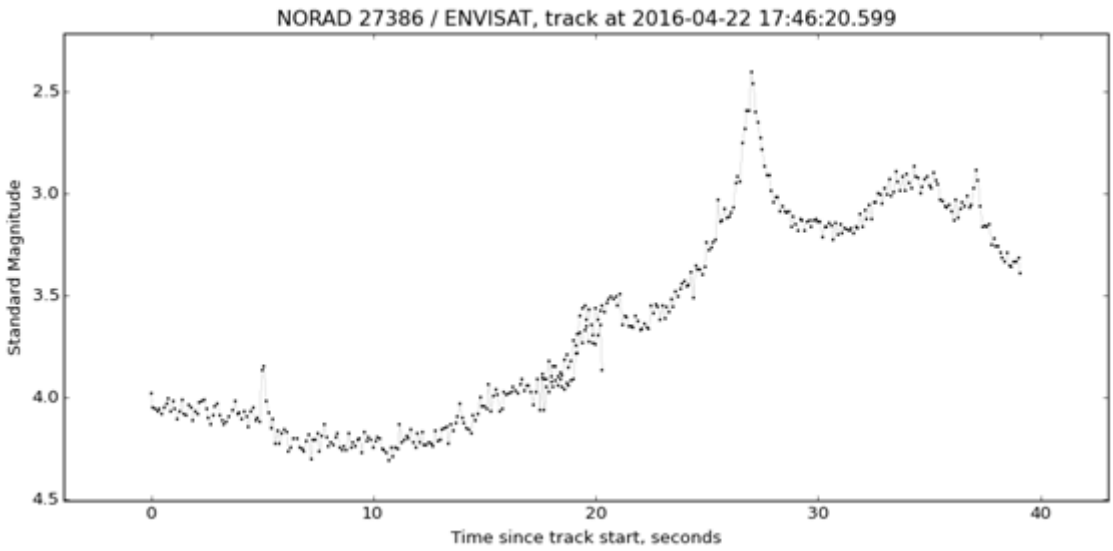


Рисунок 10. Кривая приведенного блеска КА Envisat в проводке ММТ 22 апреля 2016 года

На рис. 11 показаны значения приведенного блеска КА Envisat в зависимости от величины фазового угла в засечках, содержащихся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016.

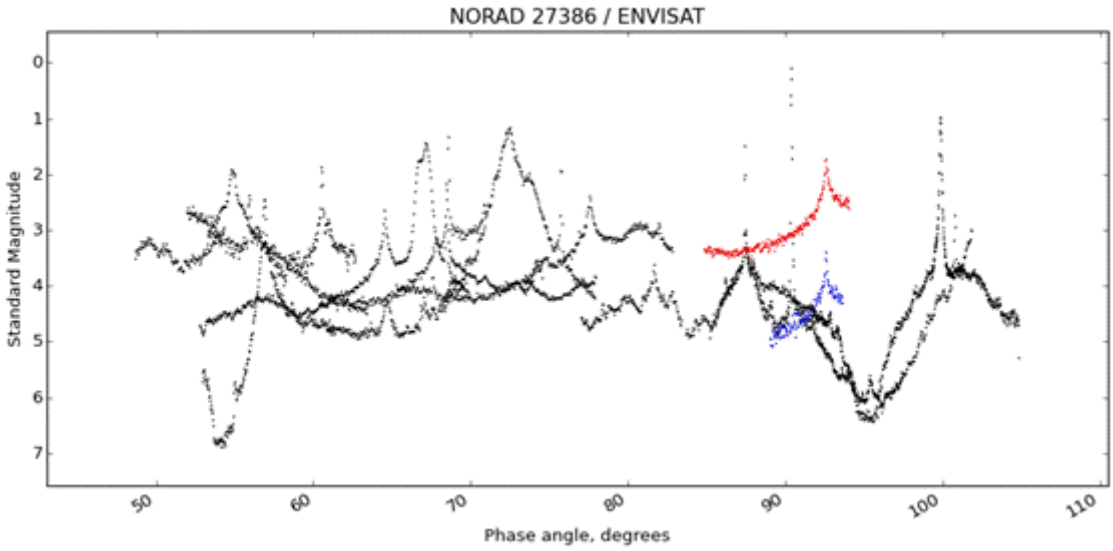


Рисунок 11. Приведенный блеск КА Envisat в зависимости от величины фазового угла (по информации БД ММТ на 1.05.2016)

4.4 Оценка фотометрических характеристик КА типов AMSAT-NA Microsat и Microsat-70

В апреле 2016 года получены фотометрические измерения системы ММТ по двум малым КА, выведенным на орбиты при помощи РН Ariane-4 26 сентября 1993 года в ходе запуска **1993-061**: КО 1993-061G и КО 1993-061C.

Привязка измерений системы ММТ по КО 1993-061G и КО 1993-061C произведена на основе орбитальной информации Космического командования ВВС США, однако следует учитывать, что идентификация КО многоэлементного запуска 1993-061 выполнена с ошибками и в открытой публичной части каталога КК ВВС США выдается некорректная информация.

Правильное распознавание КА, составлявших дополнительную полезную нагрузку данного запуска, выполнено независимыми радиолюбителями на основе анализа соответствия заявленных и фактических частот бортовых радиопередатчиков космических аппаратов (табл. 5). Идентификация, выполненная радиолюбителями, подтверждается данными о величинах ЭПР объектов, публикуемыми на интернет-сайте ***celestrak.com***.

Таблица 5. КА многоэлементного запуска 1993-061

Название КА	Межд. обознач. / № КК ВВС США, публикуемые в открытой публичной части каталога КК ВВС США	Межд. обознач. / № КК ВВС США по данным независимых радиолюбителей
КА SPOT-3	1993-061A / 22823	
КА Stella	1993-061B / 22824	
КА KITSAT-2	1993-061C / 22825	1993-061F / 22828
КА PoSAT-1	1993-061D / 22826	1993-061G / 22829
КА Healthsat-1	1993-061E / 22827	
КА Itamsat	1993-061F / 22828	1993-061D / 22826
КА Eyesat-A	1993-061G / 22829	1993-061C / 22825

Таким образом, на основании приведенных соображений, измеренные системой ММТ в апреле 2016 года малые КА запуска 1993-061 являются спутниками PoSAT-1 и Eyesat-A. Информация по этим КА, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016, приводится в табл. 6 и 7.

Таблица 6. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА PoSAT-1 (по состоянию на 1.05.2016)

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
01.04.2016 0:41	54.3	177	8.65 ± 1.17	период 24.40 с

Таблица 7. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Eyesat-A (по состоянию на 1.05.2016)

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
01.08.2014 23:24	12.5	110	8.77 ± 0.72	не выявлена
08.08.2014 23:20	72.9	323	6.51 ± 1.30	не выявлена
07.04.2016 23:59	12.6	110	9.28 ± 0.41	не выявлена

Португальский КА PoSAT-1 (рис. 12) предназначен для выполнения технических экспериментов. Спутник построен на основе базовой платформы Microsat-70 производства компании SSTL.

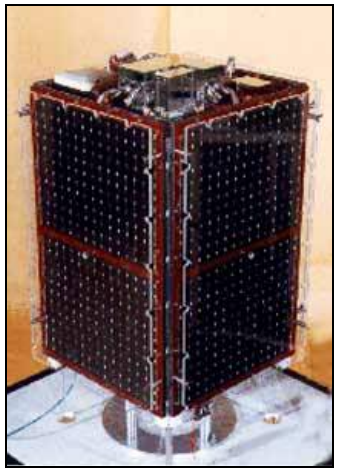


Рисунок 12. Общий вид КА PoSAT-1

Масса КА PoSAT-1 49 килограмм, габариты корпуса спутника – 0.65 x 0.35 x 0.35 метра. Система стабилизации КА – трехосная, гравитационно-магнитная, длина выдвижной штанги системы гравитационной стабилизации составляет около 6 метров.

Эксплуатация КА PoSAT-1 завершилась в 2006 году. По состоянию на 1.05.2016, нефункционирующий КА PoSAT-1 находится на низкой орбите высотой 798 x 784 километров (период 100.7 минут) с наклонением 98.75°.

На фотометрической кривой, полученной системой ММТ в проводке 1 апреля 2016 года, фиксируются колебания блеска КА PoSAT-1 (1993-061G, 22829) со значительной амплитудой (порядка 4-5 звездных величин). В проводке определен период изменения блеска 24.75 секунды (рис 13). В промежутках между максимумами блеск КА уходит ниже предела проницания системы ММТ

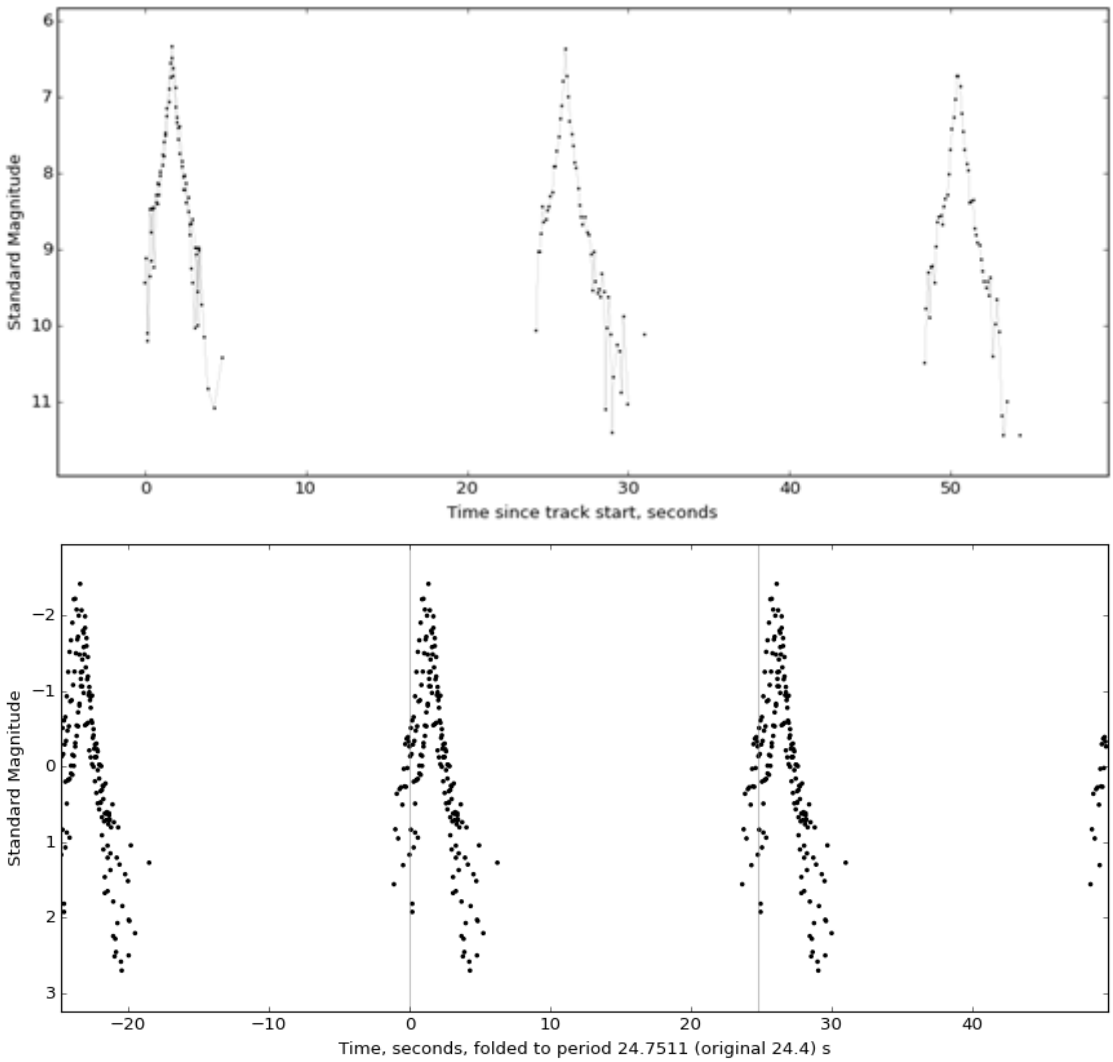


Рисунок 13. Кривая блеска КА PoSAT-1 в проводке 1 апреля 2016 года (вверху) и соответствующая форма паттерна

По окончанию эксплуатации (и отключения магнитных катушек гравитационно-магнитной системы стабилизации), КА PoSAT-1 мог перейти от трехосной стабилизации к одноосной пассивной гравитационной стабилизации. Наблюдавшееся системой ММТ периодическое изменение блеска объекта в проводке 1 апреля 2016 года могло быть вызвано отражением солнечных лучей от боковых граней корпуса КА.

В архиве измерений с широкопольной камеры FAVOR имеется проводка 26 ноября 2006 года, в которой для КА PoSAT-1 также было зафиксировано периодическое изменение блеска, величина периода составила 12.7 секунды.

Американский малый экспериментальный КА Eyesat-A (рис. 14), представляющий собой спутник для отработки технологий и любительский радиосвязи, был построен компанией Interferometrics Inc. на основе базовой платформы AMSAT-NA Microsat.

Рисунок 14. Общий вид КА Eyesat-A

Масса КА Eyesat-A 12 килограмм, габаритные размеры корпуса – 0.22 x 0.22 x 0.22 метра. По состоянию на 1.05.2016, КА Eyesat-A находится на низкой орбите высотой 799 x 785 километров (период 100.7 минут) с наклонением 98.8°.

На рис. 15 показана форма фотометрической кривой КА Eyesat-A, полученной системой ММТ 8 августа 2014 года. Видно, что проводка состоит из отдельных относительно ярких участков, между которыми блеск КА уходит ниже предела проницания системы ММТ.

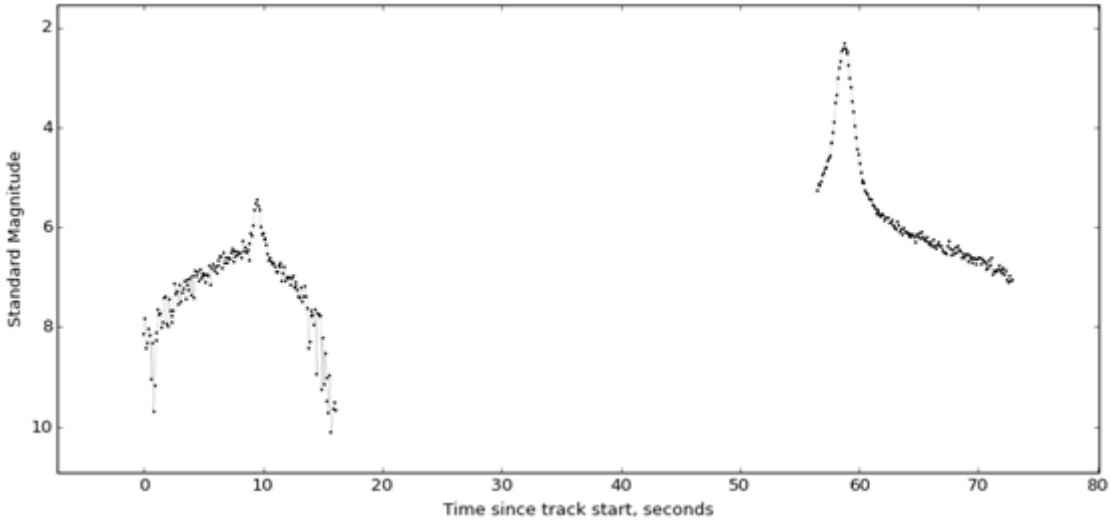


Рисунок 15. Кривая блеска КА Eyesat-A в проводке системы ММТ 8 августа 2014 года

В табл. 8 и 9 приводятся основные характеристики иностранных малых КА, построенных на основе базовых платформ Microsat-70 и AMSAT-NA Microsat. При анализе полученных при помощи системы ММТ фотометрических данных по малым КА типов Microsat-70 и AMSAT-NA Microsat следует учитывать, что определенные в БД ММТ величины среднего блеска объектов вычислены только по тем засечкам, которые имеют блеск выше предела проницания системы. Фактические значения среднего блеска для данных типов КА могут отличаться от приведенных величин (в особенности это касается КА типа AMSAT-NA Microsat, имеющих меньшие размеры).

Таблица 8. Характеристики КА, построенных на базе платформы Microsat-70

Название КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Масса КА, кг	Форма и размеры КА	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным КК ВВС США)				ЭПР, м^2
				Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Накло-нение, °	Высота апогея, км	Высота перигея, км	
КА Oscar-14 (UOSAT-3)	1990-005B / 20437	50		1	8.8 ± 1.1	не выявлена	100.54	98.62	791	777	0.34
КА Oscar-15 (UOSAT-4)	1990-005C / 20438	48		3	7.9 ± 1.2	не выявлена	100.63	98.67	796	781	0.30
КА Oscar-22 (UOSAT-5)	1991-050B / 21575	48	корпус – 0.65 x 0.35 x 0.35 метра, штанга системы грав. стабилиз. 6 м	4	7.9 ± 0.8	период 15.82 с	99.95	98.76	762	750	0.41
КА Oscar-23 (KITSAT-1)	1992-052B / 22077	49		1	6.5 ± 1.1	не выявлена	111.93	66.08	1326	1305	0.36
КА S80/T	1992-052C / 22078	50	корпус – 0.65 x 0.35 x 0.35 метра, штанга системы грав. стабилиз. 6 м	4	7.9 ± 0.6	не выявлена	111.91	66.08	1325	1303	0.29
КА HealthSat-2	1993-061E / 22827	44		2	9.3 ± 0.9	период 15.08 с	100.62	98.76	795	781	0.42
КА KITSAT-2 [1]	1993-061F / 22828	49		объект отсутствует в БД ММТ			100.70	98.76	799	785	0.27
КА PoSAT-1 [2]	1993-061G / 22829	49	корпус – 0.65 x 0.35 x 0.35 метра, штанга системы грав. стабилиз. 6 м	1	8.6 ± 1.2	период 24.40 с	100.68	98.75	798	784	0.34
КА Cerise	1995-033B / 23606	50	4 раскрывающиеся панели СБ	1	9.3 ± 0.4	не выявлена	96.41	98.24	590	584	0.68
КА FASat Bravo	1998-043B / 25395	55		объект отсутствует в БД ММТ			101.05	98.52	811	805	0.43
КА TMSat	1998-043C / 25396	55		5	7.5 ± 1.2	не выявлена	101.10	98.54	813	808	0.49
КА Clementine	1999-064B / 25978	50	4 раскрывающиеся панели СБ	18	8.3 ± 0.7	не выявлена	96.30	98.26	587	575	0.70
КА Tsinghua-1	2000-033B / 26385	49		2	8.2 ± 1.1	не выявлена	98.34	98.09	690	669	0.44
КА Tiungsat-1	2000-057D / 26548	51		1	9.6 ± 0.6	не выявлена	96.73	64.55	637	567	0.28
КА PICOSat (P97-1)	2001-043B / 26930	68		4	9.2 ± 0.8	не выявлена	100.66	67.00	798	782	0.43

Примечания:

1 – для КА KITSAT-2 в открытой публичной части каталога КК ВВС США ошибочно дается межд. обозначение 1993-061C и учетный номер КК ВВС США 22825

2 – для КА PoSAT-1 в открытой публичной части каталога КК ВВС США ошибочно дается межд. обозначение 1993-061D и учетный номер КК ВВС США 22826

Таблица 9. Характеристики КА, построенных на базе платформы AMSAT-NA Microsat

Название КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Масса КА, кг	Форма и размеры КА	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным КК ВВС США)				ЭПР, м^2
				Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Накло-нение, °	Высота апогея, км	Высота перигея, км	
КА Oscar-16 (PACSAT)	1990-005D / 20439	13	корпус – 0.22 x 0.22 x 0.22 метра	2	7.6 ± 1.7	не выявлена	100.51	98.57	790	776	0.11
КА Oscar-17 (DOVE)	1990-005E / 20440	13		2	7.7 ± 1.0	не выявлена	100.49	98.55	789	775	0.18
КА Oscar-18 (Webersat)	1990-005F / 20441	16	корпус – 0.30 x 0.22 x 0.22 метра	4	7.4 ± 1.2	не выявлена	100.51	98.56	790	775	0.12
КА Oscar-19 (LUSAT)	1990-005G / 20442	14	корпус – 0.22 x 0.22 x 0.22 метра	1	6.5 ± 1.8	не выявлена	100.50	98.54	790	775	0.15
КА Eyesat-A [1]	1993-061C / 22825	12		3	7.5 ± 1.6	не выявлена	100.70	98.76	799	785	0.18
КА Itamsat [2]	1993-061D / 22826	11		2	9.2 ± 0.6	не выявлена	100.68	98.75	798	784	0.16
КА UNAMSAT-2	1996-052B / 24305	11		объект отсутствует в БД ММТ			104.82	82.93	1009	963	0.17

Примечания:

1 – для КА Eyesat-A в открытой публичной части каталога КК ВВС США ошибочно дается межд. обозначение 1993-061G и учетный номер КК ВВС США 22829

2 – для КА Itamsat в открытой публичной части каталога КК ВВС США ошибочно дается межд. обозначение 1993-061F и учетный номер КК ВВС США 22828

4.5 Получены измерения по КА Relay-1 (1962-068A, 00503)

В апреле 2016 года получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по нефункционирующему американскому КА **Relay-1 (1962-068A, 00503)**.

Данные по выполненным измерениям приведены в табл. 10. Привязка измерений системы ММТ произведена на основе орбитальной информации Космического командования ВВС США.

Таблица 10. Фотометрическая информация из БД ММТ по КА Relay-1 (по состоянию на 1.05.2016)

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
13.04.2016 22:19	11.8	75	6.56 ± 1.58	не выявлена

На рис. 16 приведены кривые измеренного и приведенного блеска КА Relay-1, полученные в проводке системы ММТ 13 апреля 2016 года. Измерения получены на дальности около 2000 километров.

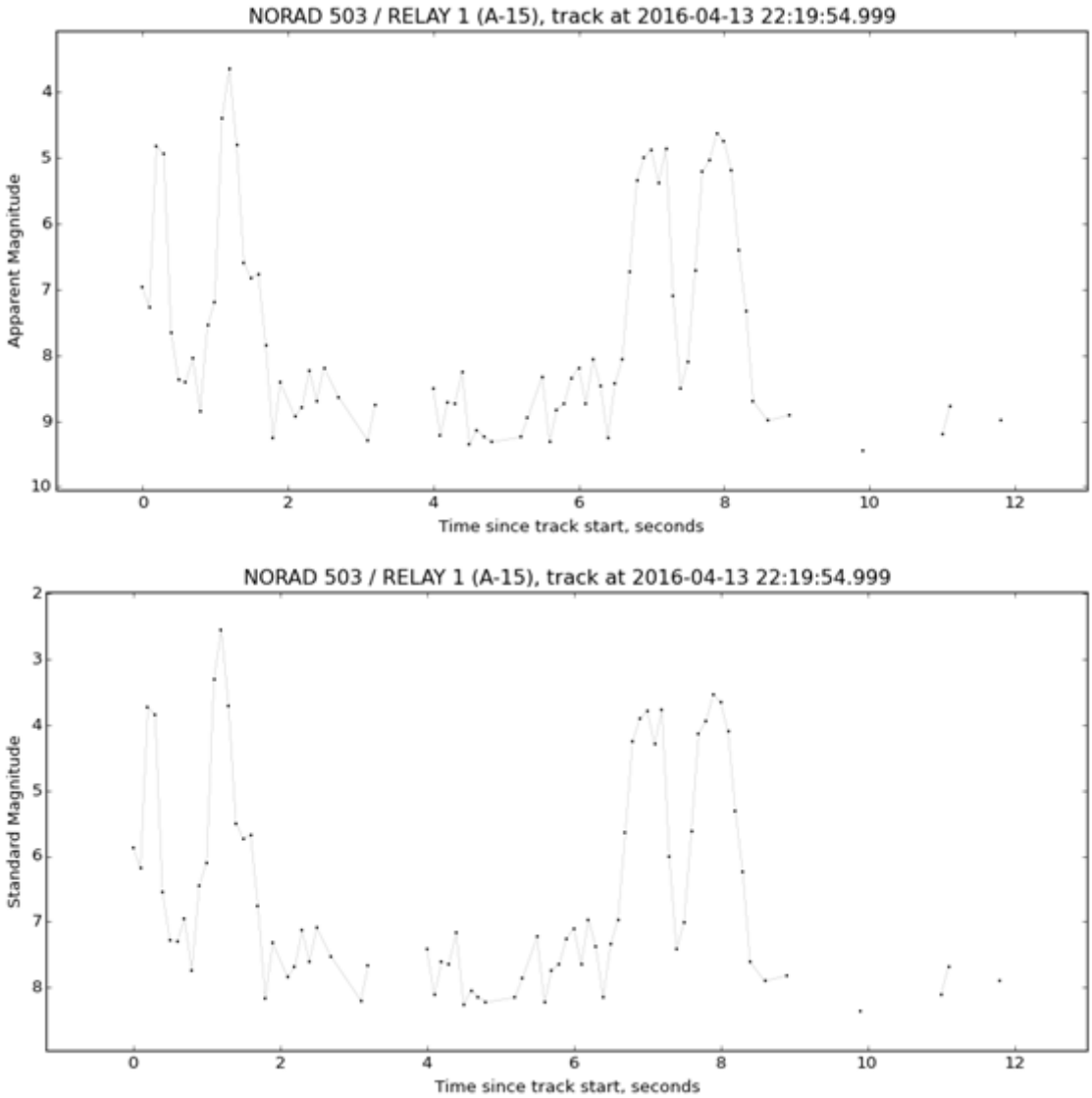


Рисунок 16. Кривые измеренного (вверху) и приведенного (внизу) блеска КА Relay-1 в проводке системы ММТ 13 апреля 2016 г.

Запущенный 13 декабря 1962 года КА Relay-1 (рис. 17) предназначался для экспериментов по спутниковой связи и сбора информации о радиационных поясах Земли. Длина корпуса КА Relay-1 0.89 метра, поперечный размер 0.74 метра, полная длина 1.3 метра. Масса спутника 78 килограмм. В штатном режиме КА Relay-1 стабилизировался вращением вокруг продольной оси. Начальная скорость закрутки составляла 167.3 об/мин.

По состоянию на 1.05.2016, КА Relay-1 находится на эллиптической орбите высотой 7437 x 1321 километров (период 185.05 минут) с наклонением 47.5°.

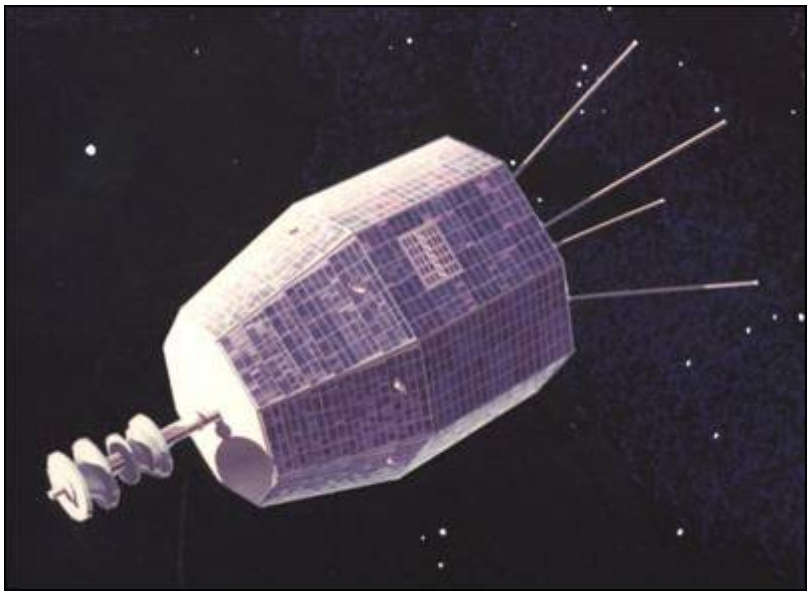


Рисунок 17. Общий вид КА Relay-1

4.6 Оценка фотометрических характеристик вторых ступеней РН Ariane-5

В апреле 2016 года в БД ММТ внесены четыре вторых ступени РН Ariane-5, ранее не измерявшихся системой ММТ.

Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 **(2006-020D, 29165)**, с помощью которого 27 мая 2006 года были запущены КА Satmex-6 (Eutelsat 113 West A) и КА Thaicom-5. По состоянию на 1.05.2016, ступень РН Ariane-5 запуска 2006-020 находится на эллиптической орбите с высотами 27084 x 239 километров (период 470.6 минут) и наклонением 7.4°. Фотометрическая информация по выполненным измерениям приводится в табл. 11.

Таблица 11. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2006-020

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
14.04.2016 0:54	947.3	2148	3.91 ± 0.46	не выявлена

Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 **(2008-030C, 33057)**, с помощью которого 12 июня 2008 года были запущены КА Skynet-5C и КА Türksat-3A. По состоянию на 1.05.2016, ступень РН Ariane-5 запуска 2008-030 находится на эллиптической орбите с высотами 33872 x 266 километров (период 595.5 минут) и наклонением 1.56°. Фотометрическая информация по выполненным измерениям приводится в табл. 12.

Таблица 12. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2008-030

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
14.04.2016 1:12	89.4	673	3.97 ± 0.35	не выявлена

Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 **(2015-054C, 40942)**, с помощью которого 30 сентября 2015 года были запущены КА Sky Muster (NBN Co-1A) и КА ARSAT-2. Определена величина периода изменения блеска объекта. По состоянию на 1.05.2016, ступень РН Ariane-5 запуска 2015-054 находится на эллиптической орбите с высотами 35346 x 197 километров (период 622.5 минут) и наклонением 6.6°. Фотометрическая информация по выполненным измерениям приводится в табл. 13.

Таблица 13. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2015-054

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
14.04.2016 20:06	537.7	1445	3.32 ± 0.33	период 1.54 с

Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 **(2015-022C, 40615)**, с помощью которого 26 апреля 2015 года были запущены КА Thor-7 и КА SICRAL-2. Определена величина периода изменения блеска объекта. По состоянию на 1.05.2016, ступень РН Ariane-5 запуска 2015-022 находится на эллиптической орбите с высотами 34894 x 238 километров (период 614.6 минут) и наклонением 5.3°. Фотометрическая информация по выполненным измерениям приводится в табл. 14.

Таблица 14. Фотометрическая информация из БД ММТ по второй ступени ESC-A РН Ariane-5 запуска 2015-022

Дата начала проводки, UTC	Суммарная продолжительность проводки, с	Количество засечек	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
14.04.2016 20:20	446.6	1015	3.39 ± 0.35	период 1.36 с

Внешний вид модификаций вторых ступеней ракеты-носителя Ariane-5 показан на рис. 18. Массо-габаритные характеристики различных вариантов вторых ступеней РН Ariane-5 приведены в табл. 15.

Рисунок 18. Внешний вид вторых ступеней РН Ariane-5 различных модификаций

Таблица 15. Массо-габаритные характеристики различных вариантов вторых ступеней РН Ariane-5

Модификация 2-й ступени РН Ariane-5	Годы эксплуатации	Длина, м	Диаметр, м	Масса (сухая), т
EPS	1996 – н/в	3.4	5.45	2.7
ESC-A	2002 – н/в	7.4	5.45	4.4

В таблице 16 приведены данные по 43-м вторым ступеням ракет-носителей Ariane-5, содержащиеся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016.

Таблица 16. Фотометрическая информация из БД ММТ по различным ступеням РН Ariane-5 (по состоянию на 1.05.2016)

КО	Междунар. обозначение / № КК ВВС США	Дата последней полученной проводки	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
EPS	2002-009B / 27387	14.04.2016	29	4.3 ± 0.4	не выявлено
EPS	2004-049H / 28499	22.04.2016	13	3.8 ± 0.4	не выявлено
ESC-A	2005-005D / 28545	08.02.2016	3	3.6 ± 0.4	период 128.47 с
ESC-A	2006-007D / 28948	09.09.2015	1	4.2 ± 0.4	период 0.88 с
ESC-A	2006-020D / 29165	14.04.2016	1	3.9 ± 0.5	не выявлено
ESC-A	2006-033D / 29275	11.02.2016	3	3.2 ± 0.8	период 3.49 с
ESC-A	2006-043E / 29498	21.02.2015	2	3.6 ± 0.5	период 1.99 с
ESC-A	2006-054D / 29646	23.07.2014	1	3.1 ± 0.5	период 1.13 с
ESC-A	2007-007C / 30795	18.03.2015	1	3.4 ± 0.4	не выявлено
ESC-A	2007-016C / 31308	20.07.2015	1	3.9 ± 0.3	период 0.23 с
ESC-A	2007-056C / 32295	10.12.2015	2	3.9 ± 0.3	период 0.62 с
ESC-A	2008-030C / 33057	14.04.2016	1	4.0 ± 0.4	не выявлено
ESC-A	2008-034D / 33156	26.02.2016	3	3.6 ± 0.6	период 0.48 с
ESC-A	2009-008F / 33754	18.01.2015	1	3.6 ± 0.4	период 0.30 с
ESC-A	2009-035B / 35497	14.04.2016	8	3.6 ± 0.3	период 0.60 с
ESC-A	2009-044C / 35757	09.12.2015	3	3.8 ± 0.3	период 2.63 с
ESC-A	2009-054C / 35944	27.03.2015	1	2.8 ± 0.4	период 1.43 с
ESC-A	2009-058C / 36034	13.02.2016	5	3.5 ± 0.5	период 0.32 с
EPS *	2009-073B / 36125	08.03.2016	13	4.0 ± 0.5	не выявлено
ESC-A	2010-021C / 36583	18.02.2015	3	3.3 ± 0.4	период 0.98 с
ESC-A	2010-032C / 36746	16.08.2014	3	3.4 ± 0.4	период 6.31 с
ESC-A	2010-037C / 36832	08.02.2016	3	3.6 ± 0.5	период 2.01 с

КО	Междунар. обозначение / № КК ВВС США	Дата последней полученной проводки	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Периодичность изменения блеска
ESC-A	2010-056C / 37208	24.05.2015	1	3.2 ± 0.4	период 2.14 с
ESC-A	2010-070C / 37266	22.06.2015	4	3.6 ± 0.4	период 4.16 с
ESC-A	2011-016C / 37394	31.10.2015	1	3.8 ± 0.5	период 8.19 с
ESC-A	2011-022C / 37607	14.12.2015	3	2.6 ± 0.6	период 1.43 с
ESC-A	2011-049C / 37811	08.02.2016	2	3.2 ± 0.5	период 2.89 с
ESC-A	2012-023C / 38333	23.11.2014	1	3.3 ± 0.3	период 1.65 с
ESC-A	2012-035C / 38553	28.10.2014	1	2.9 ± 0.4	период 0.93 с
ESC-A	2012-051C / 38780	15.02.2015	1	3.1 ± 0.3	период 0.76 с
ESC-A	2012-062C / 38993	02.05.2015	3	3.2 ± 0.4	период 1.41 с
ESC-A	2012-075C / 39036	07.11.2014	1	3.2 ± 0.3	период 1.46 с
ESC-A	2013-006C / 39080	18.01.2015	1	3.6 ± 0.4	период 8.00 с
ESC-A	2013-038D / 39218	08.02.2016	3	3.6 ± 0.6	период 6.12 с
ESC-A	2013-044C / 39235	08.02.2016	1	3.8 ± 0.5	период 3.85 с
ESC-A	2014-006C / 39510	21.11.2014	3	3.2 ± 0.4	период 2.02 с
ESC-A	2014-011C / 39618	14.04.2016	3	3.2 ± 0.6	период 1.68 с
ESC-A	2014-054C / 40148	04.11.2015	1	3.8 ± 0.5	период 13.59 с
ESC-A	2014-078C / 40334	11.07.2015	3	3.2 ± 0.4	период 0.59 с
ESC-A	2015-022C / 40615	14.04.2016	1	3.4 ± 0.4	период 1.36 с
ESC-A	2015-034C / 40734	29.02.2016	2	3.4 ± 0.4	период 0.71 с
ESC-A	2015-054C / 40942	14.04.2016	1	3.3 ± 0.3	период 1.54 с
ESC-A	2015-065C / 41030	08.02.2016	1	3.4 ± 0.3	период 0.76 с

Примечание:

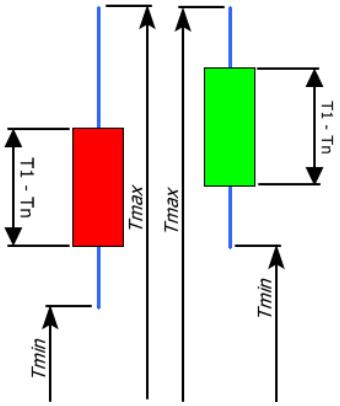
* - Привязка измерений выполнена на основе орбитальной информации независимых наблюдателей.

На рис 19 в форме диаграммы размаха представлены данные о динамике периодов изменения блеска 43-х вторых ступеней ракет-носителей Ariane-5, содержащиеся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016.

Предыдущая аналогичная оценка была выполнена по состоянию на 1.12.2015 для 36-ти КО данного типа (см. выпуск отчета за ноябрь 2015 года).

На диаграмме размаха для каждого КО показаны следующие значения:

- T_{max} и T_{min} – максимальная и минимальная величины периода изменения блеска КО из всех имеющихся в БД ММТ значений;
- T_1 – первое определенное в БД ММТ значение периода изменения блеска КО;
- T_n – последнее определенное в БД ММТ значение периода изменения блеска КО.



Если для данного КО $T_1 > T_n$ – тело диаграммы залито красным, если $T_1 < T_n$ – тело диаграммы залито зеленым.

На рис. 20 в графическом виде представлена информация о диапазонах величин приведенного блеска, значения среднего приведенного блеска и медианного приведенного блеска для 43-х внесенных в БД ММТ вторых ступеней ракет-носителей Ariane-5 по состоянию на 1.05.2016. По всей совокупности внесенных в БД ММТ вторых ступеней ракет-носителей Ariane-5 выделены три группы объектов:

- ступени модели EPS, для которых в БД ММТ периодическое изменение блеска не выявлено;
- ступени модели ESC-A, для которых в БД ММТ периодическое изменение блеска не выявлено;
- ступени модели ESC-A, для которых в БД ММТ определена величина периода изменения блеска.

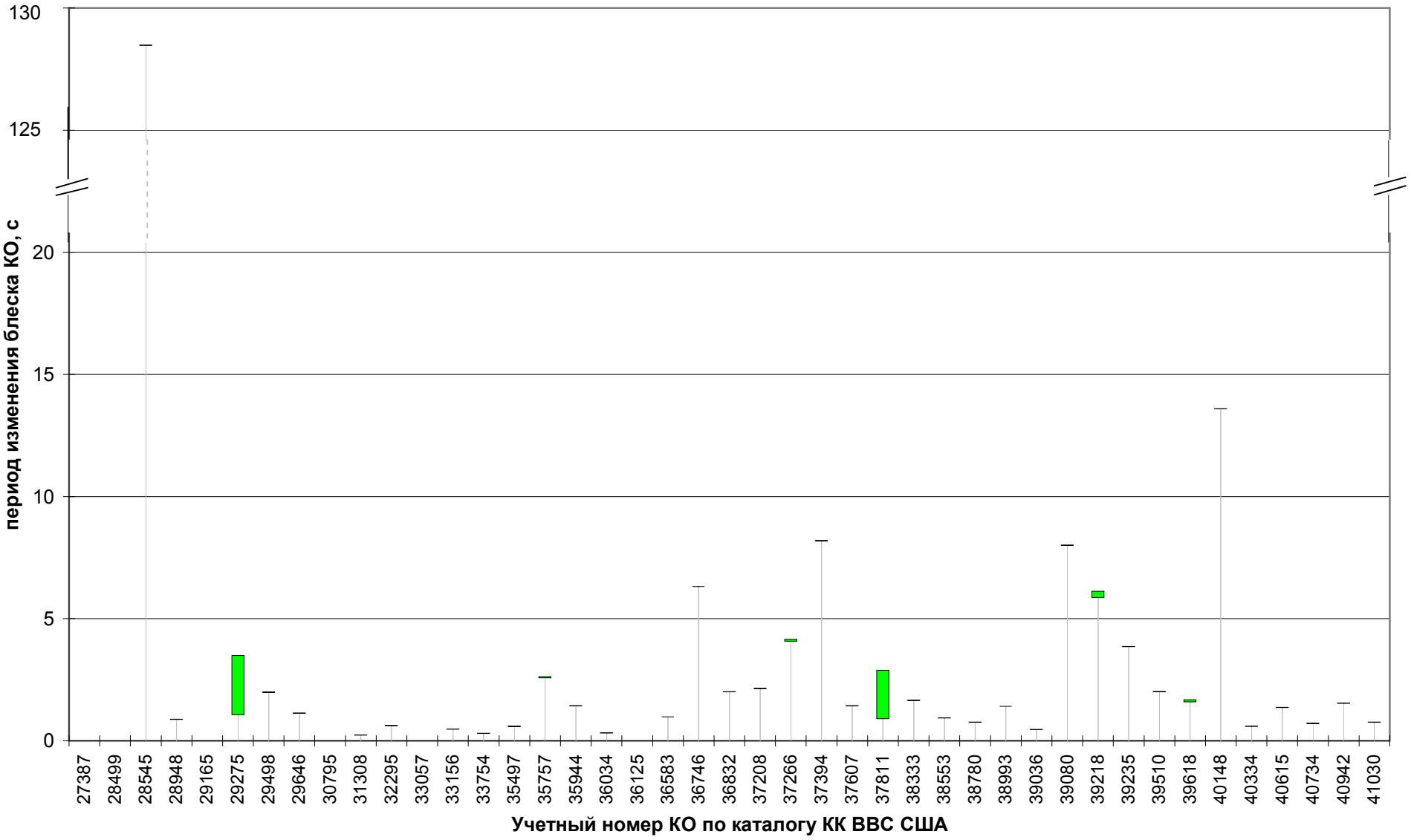


Рисунок 19. Динамика периодов изменения блеска по 43 вторым ступеням ракет-носителей Ariane-5 (по данным БД ММТ на 1.05.2016)

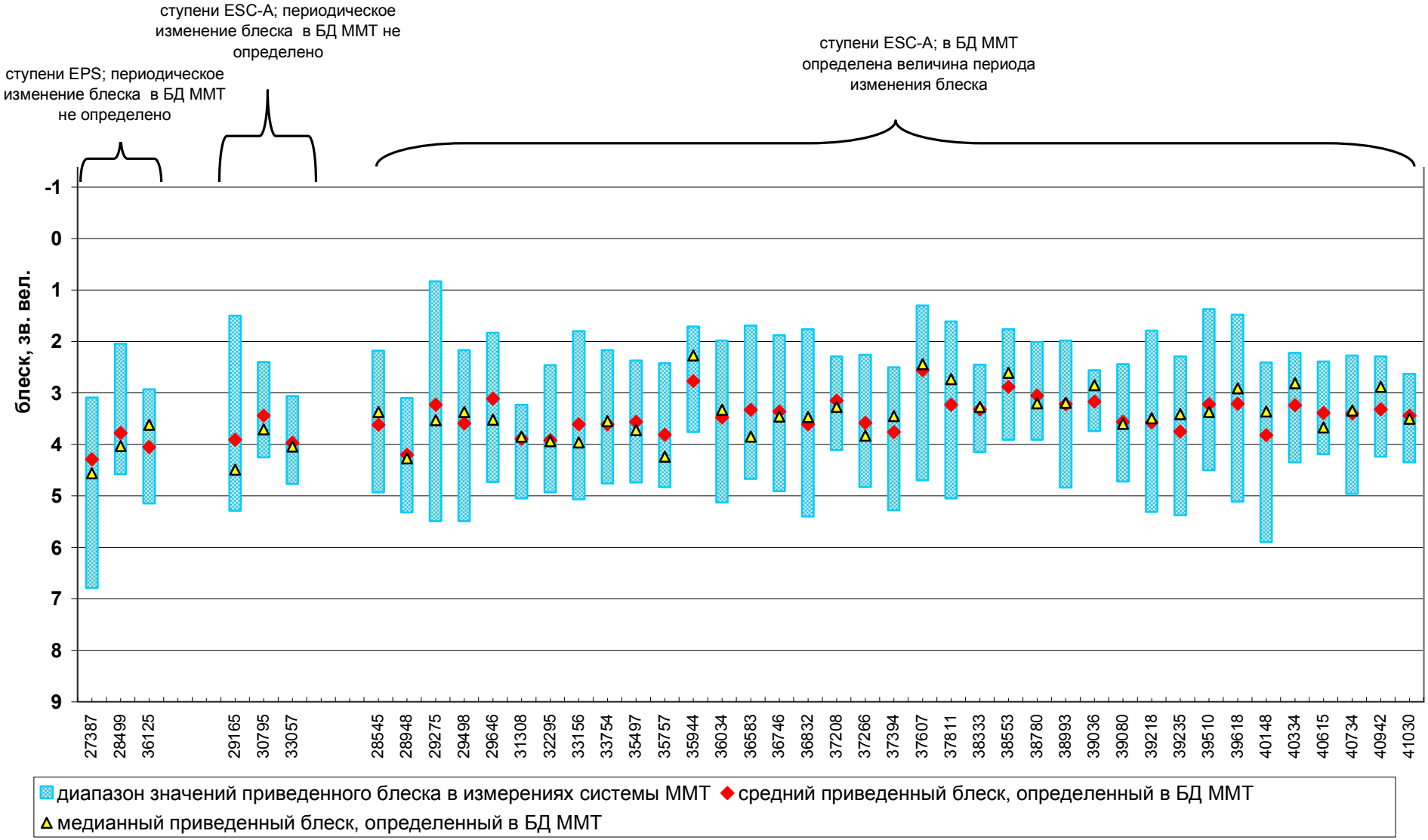


Рисунок 20. Приведенный блеск 43-х вторых ступеней ракет-носителей Ariane-5 (по данным БД ММТ на 1.05.2016)

5. Оценка состояния КА с быстровращающимися внешними антеннами

Выполняемые с помощью системы ММТ наблюдения продемонстрировали, что наличие в составе космического аппарата быстровращающегося (с периодом несколько секунд) внешнего конструктивного элемента вносит устойчивые характерные особенности в фотометрические характеристики данного КА. Наличие этих характерных признаков может быть определено на основе измерительной информации, получаемой системой ММТ, что дает возможность контролировать функциональность спутников данного класса в целом, а также позволяет определять состояние отдельных компонентов их полезной нагрузки.

5.1 КА типа NOSS-3 (Intruder)

Американские низкоорбитальные КА радиотехнической разведки типа NOSS-3 (Intruder) в штатной конфигурации работают в составе пар. Спутники, составляющие пару, движутся в одной орбитальной плоскости, друг за другом. Расстояние между КА в паре – 40…60 километров. Информация о тактико-технических характеристиках КА типа NOSS-3 в открытых источниках отсутствует, внешний вид спутников неизвестен.

КА NOSS-3 работают на околокруговых орбитах высотой 1100 километров (период 107 минут) с наклонением 63.4°.

На рис. 21 схематически показано взаимное орбитальное построение двух КА типа NOSS-3, работающих в составе пары. Под «головным» КА в паре подразумевается спутник, идущий по траектории впереди; под «замыкающим» – спутник, идущий сзади. Указанное орбитальное построение внутри пар сохраняется на протяжении длительных промежутков времени, «головной» и «замыкающий» КА местами в паре не меняются.

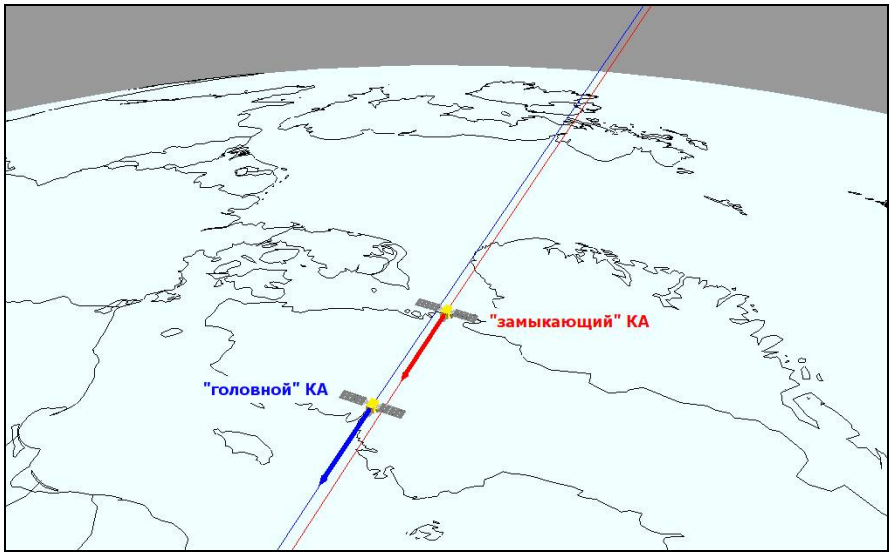


Рисунок 21. Орбитальное построение двух КА типа NOSS-3, работающих в составе пары

На основе измерительной информации системы ММТ выявлена периодичность изменения блеска одного из двух аппаратов, составляющих пару КА NOSS-3. Периодическое изменение блеска наблюдается только для групп КА NOSS-3, выполняющих скоординированный полет в виде пар (по состоянию на 1.05.2016 таких групп пять). В группах КА NOSS-3, прекративших скоординированный полет в виде пар (по состоянию на 1.05.2016 таких групп две), периодичность блеска не выявлена.

Периодическое изменение блеска наблюдается только для «замыкающего» КА в составе пары. Для всех пяти КА, у которых определена периодичность изменения блеска, величина периода одинакова и составляет 2.1 секунды.

Указанные фотометрические особенности активных КА NOSS-3 позволяют сделать предположение о наличии на «замыкающем» спутнике быстровращающегося элемента конструкции (например – сканирующей антенны, скорость вращения 28.6 об/мин).

Периодичность изменения блеска одного из спутников в составе каждой пары КА NOSS-3 является характерным признаком, позволяющим оценивать работоспособность КА данного типа.

В табл. 17 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА NOSS-3, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Для каждого КА указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки. Для КА, у которых определена переменность блеска, указана давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Привязка измерений системы ММТ по КА NOSS-3 произведена на основе орбитальной информации независимых наблюдателей.

Таблица 17. Информация из БД ММТ по КА типа NOSS-3 (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
КА USA-160 (NOSS 3-1A)	2001-040A / 26905	36	4.2 ± 1.1		101		пара прекратила скоординированный полет
КА USA-160 DEB (NOSS 3-1C)	2001-040C / 26907	44	4.6 ± 1.2		14		
КА USA-173 (NOSS 3-2A)	2003-054A / 28095	51	4.0 ± 1.1		25		пара прекратила скоординированный полет
КА USA-173 DEB (NOSS 3-2C)	2003-054C / 28097	55	4.0 ± 1.0		25		
КА USA-181 (NOSS 3-3A)	2005-004A / 28537	46	4.2 ± 0.7		30		«головной» КА в паре
КА USA-181 DEB (NOSS 3-3C)	2005-004C / 28541	47	4.1 ± 0.5	2.10	30	30	«замыкающий» КА в паре
КА USA-194 (NOSS 3-4A)	2007-027A / 31701	37	4.5 ± 0.5		14		«головной» КА в паре
КА USA-194 DEB (NOSS 3-4C)	2007-027C / 31708	39	4.2 ± 0.7	2.10	14	25	«замыкающий» КА в паре
КА USA-229 (NOSS 3-5A)	2011-014A / 37386	50	3.7 ± 0.6	2.11	40	42	«замыкающий» КА в паре
КА USA-229 DEB (NOSS 3-5B)	2011-014B / 37391	50	3.7 ± 0.7		40		«головной» КА в паре
КА USA-238 (NOSS 3-6A)	2012-048A / 38758	35	3.5 ± 0.9	2.10	31	61	«замыкающий» КА в паре
КА USA-238 DEB (NOSS 3-6P)	2012-048P / 38773	36	3.7 ± 0.7		31		«головной» КА в паре
КА USA-264 (NOSS 3-7A)	2015-058A / 40964	14	4.1 ± 1.1		9		«головной» КА в паре
КА USA-264 DEB (NOSS 3-7R)	2015-058R / 40981	14	3.9 ± 0.9	2.08	9	62	«замыкающий» КА в паре

Выводы:

- По КА типа NOSS-3 2005 и 2007 гг. запуска в апреле 2016 года получена измерительная информация. Скорость вращения быстровращающегося конструктивного элемента на замыкающих КА этих пар подтверждена.
- По КА типа NOSS-3 2015 года запуска в апреле 2016 года получено три проводки. Скорость вращения быстровращающегося конструктивного элемента на замыкающем КА этой пары не подтверждена. Последнее подтверждение скорости вращения быстровращающегося конструктивного элемента КА в составе данной пары получено в феврале 2016 года.
- В отношении КА типа NOSS-3 2011 и 2012 гг. запуска измерительной информации в апреле 2016 года не получено. Последние подтверждения скорости вращения быстровращающегося конструктивного элемента КА в составе данных пар получено в марте 2016 года.

5.2 КА типа DMSP-5D

Американские военные КА типа DMSP (Defense Meteorological Satellite Program, рис. 22) входят в состав низкоорбитальной системы метеообеспечения, которая предназначена для сбора данных об атмосфере, земной поверхности и облачном слое.

Начиная с модели Block 5D-2, на спутниках DMSP устанавливается радиометрическая система SSM/I (Special Sensor Microwave Imager), которую на более поздних КА заменила усовершенствованная система SSMIS (Special Sensor Microwave Imager Sounder). Радиометры SSM/I и SSMIS оснащены быстро вращающимися параболическими антеннами. Размеры вращающегося зеркала антенны радиометра составляют 0.66 x 0.61 метра. Скорость вращения – 31.9 об/минуту, или 1.88 секунды на 1 оборот. Ось вращения антенны радиометра ориентирована по местной вертикали.

Рисунок 22. Внешний вид КА типа DMSP-5D

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска для функционирующих КА типа DMSP составляет 1.88…1.90 секунды, что с высокой точностью соответствует априорным данным о скорости вращения антенны радиометра SSMIS. Для более старых КА DMSP, выведенных в настоящий момент из эксплуатации, периодичность изменения блеска либо не наблюдается, либо не соответствует периоду вращения антенны радиометра, что является характерным признаком того, что данный прибор на указанных КА не функционирует.

В табл. 18 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА типа DMSP-5D, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Для каждого КА указана давность (в сутках) последней полученной системой ММТ проводки. Для КА, у которых определена переменность блеска, указана давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 18. Информация из БД ММТ по КА типа DMSP-5D (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
DMSP 5D2 F6 (OPS 9845)	1982-118A / 13736	32	5.4 ± 0.9	44.54	60	184	КА не функционирует
DMSP 5D2 F7 (OPS 1294)	1983-113A / 14506	21	5.0 ± 0.9		9		КА не функционирует
DMSP 5D-2 F8 (USA 26)	1987-053A / 18123	34	5.4 ± 0.9	17.23	55	55	КА не функционирует
DMSP 5D-2 F9 (USA 29)	1988-006A / 18822	14	5.8 ± 1.1	39.60	258	258	КА не функционирует
DMSP 5D-2 F10 (USA 68)	1990-105A / 20978	17	4.8 ± 0.6		14		КА не функционирует
DMSP 5D-2 F11 (USA 73)	1991-082A / 21798	20	5.2 ± 0.8	54.88	80	80	КА не функционирует
DMSP 5D-2 F12 (USA 106)	1994-057A / 23233	25	5.5 ± 0.9	11.25	60	60	КА не функционирует
DMSP 5D-2 F13 (USA 109)	1995-015A / 23533	3	5.3 ± 1.0		431		КА взорвался 03.02.2015
DMSP 5D-2 F14 (USA 131)	1997-012A / 24753	25	5.3 ± 0.7		27		КА не функционирует
DMSP 5D-2 F15 (USA 147)	1999-067A / 25991	24	4.7 ± 1.0	1.90	25	52	
DMSP 5D-3 F16 (USA 172)	2003-048A / 28054	15	5.2 ± 0.6		82		возможно, радиометр SSMIS не работает
DMSP 5D-3 F17 (USA 173)	2006-050A / 29522	7	5.0 ± 1.1	1.91	91	107	период определен по одной проводке
DMSP 5D-3 F18 (USA 210)	2009-057A / 35951	19	5.4 ± 0.9	1.89	54	54	
DMSP 5D-3 F19 (USA 249)	2014-015A / 39630	16	4.9 ± 0.8	1.90	96	146	КА не функционирует с 11.02.2016

Выводы:

- По КА DMSP 5D-2 F15 в апреле 2016 года получено две проводки. Периодического изменения блеска КА не выявлено, подтверждение скорости вращения антенны радиометра SSMIS не получено. Последнее подтверждение скорости вращения антенны получено в марте 2016 года.
- В отношении КА DMSP 5D-2 F17 и DMSP 5D-3 F18 измерительной информации в апреле 2016 года не получено. Последние подтверждения скорости вращения антенны радиометра SSMIS данных КА были получены, соответственно, в январе и в марте 2016.

- КА DMSP 5D-2 F19 вышел из строя 11.02.2016. Последние измерения системы ММТ по этому КА получены в январе 2016 года, последнее подтверждение скорости вращения антенны радиометра SSMIS получено в декабре 2015.
- По КА DMSP 5D-3 F16 в апреле 2016 года измерительной информации не получено. Периодического изменения блеска КА данного не выявлено за все время работы системы ММТ. Возможно, радиометр SSMIS в составе КА DMSP 5D-3 F16 не функционирует.

5.3 КА типа Fengyun-3

Китайские КА метеообеспечения типа Fengyun-3 работают на солнечно-синхронных орбитах высотой 830 километров и наклонением 98.7°. В состав полезной нагрузки КА типа Fengyun-3 (рис. 23) входит микроволновой радиометр MWRI (Microwave Radiometer Imager). Радиометры MWRI оснащены быстро вращающимися параболическими антеннами с размером зеркала 977.4 x 897.0 миллиметров. Скорость вращения антенны – 1.7±0.1 секунды на 1 оборот. Ось вращения антенны радиометра ориентирована по местной вертикали.

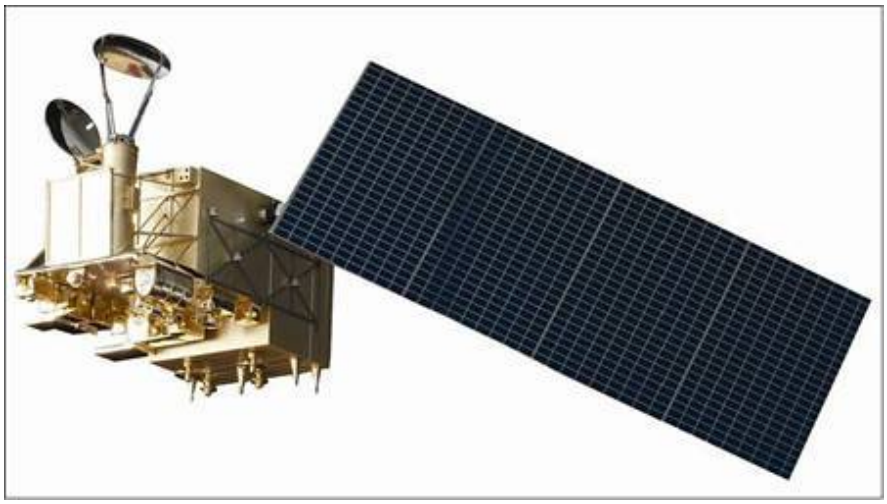


Рисунок 23. Внешний вид КА типа Fengyun-3

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска для КА Fengyun-3B и КА Fengyun-3C составляет 1.8 секунды, что с высокой точностью соответствует априорным данным о скорости вращения антенны радиометра MWRI. В отношении КА FengYun-3A по данным БД ММТ периодичность в изменении блеска не наблюдается. Это согласуется с априорной информацией о том, что радиометр MWRI на КА FengYun-3A вышел из строя вскоре после запуска.

В табл. 19 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА типа Fengyun-3, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Для каждого КА указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки. Для КА, у которых определена переменность блеска, указана давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 19. Информация из БД ММТ по КА типа Fengyun-3 (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
Fengyun-3A	2008-026A / 32958	15	3.6 ± 0.6		26		радиометр MWRI не работает
Fengyun-3B	2010-059A / 37214	33	4.7 ± 0.6	1.80	8	256	
Fengyun-3C	2013-052A / 39260	21	4.3 ± 0.6	1.80	9	9	

Выводы:

- По КА Fengyun-3B в апреле 2016 года системой ММТ получено 5 проводок. Периодического изменения блеска КА не выявлено, подтверждение скорости вращения антенны радиометра MWRI не получено. Последнее подтверждение скорости вращения антенны радиометра данного КА было получено в августе 2015 года.
- По КА Fengyun-3C в апреле 2016 года системой ММТ получено 3 проводки. Штатная скорость вращения антенны радиометра MWRI подтверждена.

5.4 КА Coriolis (2003-001A, 27640)

Американский военно-экспериментальный КА **Coriolis (2003-001A, 27640)** запущен 6 января 2003 года. В состав полезной нагрузки спутника входит радиометр WindSat. Параболическая антенна радиометра WindSat имеет диаметр 1.83 метра и вращается со скоростью 31.6 об/мин (1.9 секунды на 1 оборот). Ось вращения антенны ориентирована по местной вертикали. КА Coriolis выполняет полет на низкой орбите высотой 830 километров (период 101.5 минуты) с наклонением 98.75°.

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска для КА Coriolis составляет 1.90 секунды. Определенный период изменения блеска хорошо соответствует априорно известной скорости вращения антенны установленного на борту КА Coriolis радиометра WindSat.

В табл. 20 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА Coriolis, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки, а также давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 20. Информация из БД ММТ по КА Coriolis (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
Coriolis	2003-001A / 27640	8	5.9 ± 1.0	1.90	96	96	Радиометр Windsat

Вывод:

- Измерительной информации, подтверждающей штатную скорость вращения антенны радиометра Windsat в составе КА Coriolis, системой ММТ в апреле 2016 года получено не было. Последнее подтверждение скорости вращения антенны радиометра было получено в январе 2016 года

5.5 КА GCOM W1 (Shizuku) (2012-025A, 38337)

Японский КА ДЗЗ **GCOM W1 (Shizuku) (2012-025A, 38337)** предназначен для изучения механизмов природного круговорота воды в глобальном масштабе. Основная полезная нагрузка КА – микроволновой радиометр AMSR-2. Радиометр оснащен сканирующей параболической антенной диаметром 2 метра, вращающейся со скоростью 40 об/мин (1.5 секунды на 1 оборот). КА GCOM-W1 запущен 17 мая 2012 года и выполняет полет на низкой орбите высотой 700 километров (период 98.8 минут) с наклонением 98.2°.

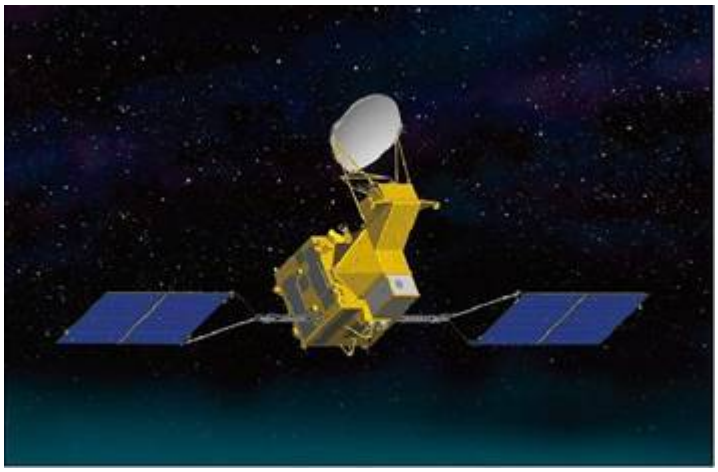


Рисунок 24. Общий вид КА GCOM W1 (Shizuku), видна антенна радиометра AMSR-2

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска для КА GCOM-W1 составляет 1.5 секунды, что хорошо соответствует априорно известной скорости вращения антенны радиометра AMSR-2.

В табл. 21 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА GCOM-W1, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки, а также давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 21. Информация из БД ММТ по КА GCOM-W1 (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
GCOM W1	2012-025A / 38337	22	5.1 ± 0.8	1.50	275	275	Радиометр AMSR-2

Вывод:

- Измерительной информации, подтверждающей штатную скорость вращения антенны радиометра AMSR-2 в составе КА GCOM-W1, системой ММТ в апреле 2016 года получено не было. Последнее подтверждение скорости вращения антенны радиометра было получено в июле 2015 года

5.6 КА GPM (2014-009C, 39574)

Совместный американо-японский КА **GPM (2014-009C, 39574)** представляет собой спутник дистанционного зондирования Земли, предназначенный для наблюдения и изучения атмосферных осадков в глобальном масштабе. КА GPM (рис. 25) запущен 27 февраля 2014 года, в состав его полезной нагрузки входит пассивный микроволновой радиометр GMI (GPM Microwave Imager). Радиометр GMI оснащен сканирующей параболической антенной диаметром 1.22 метра, вращающейся со скоростью 32 об/мин (1.88 секунды на 1 оборот). КА GPM выполняет полет на низкой орбите высотой 400 километров (период 92.5 минуты) с наклонением 65°.

Рисунок 25. Общий вид КА GPM

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска для КА GPM составляет 1.90 секунды. Определенный период изменения блеска хорошо соответствует априорно известной скорости вращения антенны установленного на борту КА GPM радиометра GMI.

В табл. 22 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА GPM, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Указана давность (в сутках)

последней полученной на ММТ проводки, а также давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 22. Информация из БД ММТ по КА GPM (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
GPM	2014-009C / 39574	4	3.2 ± 0.4	1.90	31	145	Радиометр GMI

Вывод:

- Измерительной информации, подтверждающей штатную скорость вращения антенны радиометра GMI в составе КА GPM, системой ММТ в апреле 2016 года получено не было. Последнее подтверждение скорости вращения антенны радиометра данного КА было получено в декабре 2015 года.

5.7 КА Haiyang-2A (2011-043A, 37781)

Предназначенный для наблюдения за океаном китайский КА ДЗЗ **Haiyang-2A (2011-043A, 37781)** запущен 15 августа 2011 года. В состав полезной нагрузки спутника входит микроволновой скаттерометр. Параболическая антенна скаттерометра имеет две штатные скорости вращения: 15.8 об/мин (3.8 секунды на 1 оборот), либо 17.5 об/мин (3.4 секунды на 1 оборот). Ось вращения антенны ориентирована по местной вертикали.

КА Haiyang-2A выполняет полет на низкой орбите высотой 965 километров (период 104.4 минуты) с наклонением 99.3°.

Рисунок 26. Общий вид КА Haiyang-2A

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска КА Haiyang-2A составляет 3.8 секунды. Определенный период изменения блеска хорошо соответствует одной из двух априорно известных скоростей вращения антенны установленного на борту КА Haiyang-2A микроволнового скаттерометра.

В табл. 23 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА Haiyang-2A, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки, а также давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 23. Информация из БД ММТ по КА Haiyang-2A (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
Haiyang-2A	2011-043A / 37781	6	5.0 ± 0.6	3.78	91	91	микроволновой скаттерометр

Вывод:

- Измерительной информации, подтверждающей штатную скорость вращения антенны микроволнового скаттерометра в составе КА Haiyang-2A, системой ММТ в апреле 2016 года получено не было. Последнее подтверждение скорости вращения антенны скаттерометра было получено в январе 2016 года.

5.8 КА SMAP (2015-003A, 40376)

Американский КА ДЗЗ **SMAP (2015-003A, 40376)** запущен 31 января 2015 года. Основным элементом полезной нагрузки КА SMAP является комбинированный инструмент, сочетающий в себе пассивный микроволновой радиометр и активный радиолокатор L-диапазона с синтезированной апертурой. Комбинированный радиометр-радиолокатор оснащен развертываемой антенной диаметром 6 метров. Зеркало антенны крепится на штанге длиной 4.9 метра. Номинальная скорость вращения антенны радиометра-радиолокатора составляет 14.6 об/мин (4.1 секунды на 1 оборот). Ось вращения антенны ориентирована по местной вертикали. КА SMAP выполняет полет на низкой орбите высотой 680 километров (период 98.4 минуты) с наклонением 98.1°.

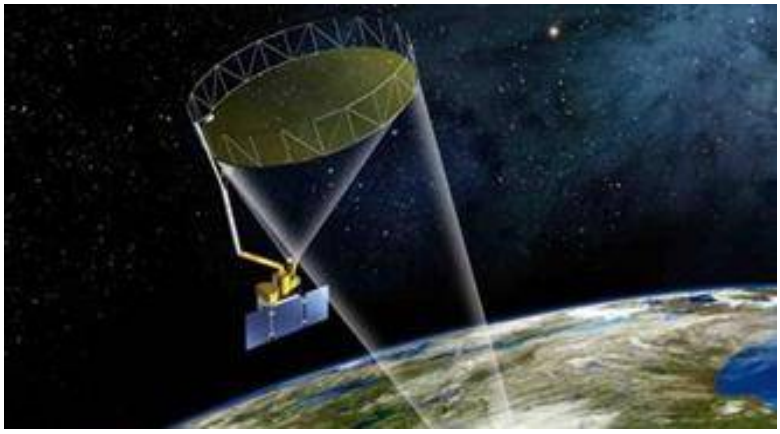


Рисунок 27. Общий вид КА SMAP

Определяемый по данным БД ММТ период изменения блеска для КА SMAP составляет 4.1 секунды, что с высокой точностью соответствует априорно известной скорости вращения антенны комбинированного радиометра-радиолокатора, установленного на борту данного КА.

В табл. 24 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА SMAP, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки, а также давность последних измерений, подтверждающих периодичность изменения блеска.

Таблица 24. Информация из БД ММТ по КА SMAP (на 1.05.2016)

КА	Междунар. обознач. / № КК ВВС США	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтверждением периодичности блеска, суток	Примечание
SMAP	2015-003A / 40376	5	4.2 ± 0.7	4.11	107	107	комбинированный радиометр-радиолокатор

Вывод:

- Измерительной информации, подтверждающей штатную скорость вращения антенны комбинированного радиометра-радиолокатора в составе КА SMAP, системой ММТ в апреле 2016 года получено не было. Последнее подтверждение скорости вращения антенны было получено в январе 2016 года.

6. Оперативная оценка состояния многоспутниковых группировок.

В настоящее время на низких орбитах эксплуатируется несколько иностранных космических систем, в состав каждой из которых входит значительное количество (несколько десятков) серийных КА. К таким многоспутниковым космическим системам относятся низкоорбитальные системы спутниковой связи (НССС) Iridium, Globalstar и Orbcomm.

Развертывание указанных космических систем начиналось в 1997-98 гг. В процессе их эксплуатации и модернизации происходило накопление на орбитах работающих и прекративших функционирование КА, а также КА, относящихся к разным поколениям.

За время эксплуатации телескопа ММТ в базе данных БД ММТ накоплен значительный объем фотометрической информации по космическим аппаратам, входящим в состав указанных космических систем, как действующим, так и прекратившим работу. Это дает возможность использовать информацию БД ММТ для мониторинга текущего состояния многоспутниковых орбитальных группировок.

6.1 НССС Iridium

Система Iridium предназначена для обеспечения персональной мобильной связи. По состоянию на 1.05.2016, на орбитах находится 90 КА типа Iridium 1-го поколения; из них 67 активных КА, 2 резервных КА в режиме орбитального хранения и 21 нефункционирующий КА. Рабочими орбитами для КА типа Iridium является околокруговые орбиты высотой 770 километров (период 100.4 минуты) с наклонением 86.4°. Во время активной эксплуатации КА Iridium находятся в режиме трехосной стабилизации.

По всем находящимся на орбитах КА типа Iridium в БД ММТ имеется фотометрическая информация. Для тех КА, у которых выявлено периодическое изменение блеска, определена величина периода. В табл. 25 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА типа Iridium, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Для каждого КА указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки.

Таблица 25. Информация из БД ММТ по КА типа Iridium (на 1.05.2016)

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
IRIDIUM 8	1997-020A / 24792	+	13	5.4 ± 0.7		08.04.2016	23
IRIDIUM 7	1997-020B / 24793	+	7	5.6 ± 1.1		18.09.2015	226
IRIDIUM 6	1997-020C / 24794	+	12	5.7 ± 1.1		17.09.2015	227
IRIDIUM 5	1997-020D / 24795	+	17	5.6 ± 1.3		19.12.2015	134
IRIDIUM 4	1997-020E / 24796	N	14	6.0 ± 1.2		18.12.2015	135
IRIDIUM 914	1997-030A / 24836	N	19	5.6 ± 0.9	16.31	14.04.2016	17
IRIDIUM 12	1997-030B / 24837	+	10	6.6 ± 0.9		27.01.2016	95
IRIDIUM 10	1997-030D / 24839	+	10	5.2 ± 1.3		28.09.2015	216

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
IRIDIUM 13	1997-030E / 24840	+	16	5.9 ± 0.9		06.10.2015	208
IRIDIUM 16	1997-030F / 24841	N	11	5.3 ± 1.0		14.01.2016	108
IRIDIUM 911	1997-030G / 24842	N	15	5.2 ± 0.9	5.30	27.01.2016	95
IRIDIUM 15	1997-034A / 24869	+	24	5.7 ± 1.1		19.02.2016	72
IRIDIUM 17	1997-034B / 24870	N	17	5.3 ± 1.1	13.63	06.09.2015	238
IRIDIUM 920	1997-034C / 24871	N	19	5.2 ± 0.9	2.24	16.02.2016	75
IRIDIUM 18	1997-034D / 24872	+	19	5.6 ± 1.5		20.10.2015	194
IRIDIUM 921	1997-034E / 24873	N	14	5.6 ± 0.9		09.03.2016	53
IRIDIUM 26	1997-043A / 24903	N	21	5.7 ± 0.9		16.04.2016	15
IRIDIUM 25	1997-043B / 24904	+	18	6.1 ± 1.0		14.04.2016	17
IRIDIUM 46	1997-043C / 24905	+	15	5.8 ± 0.8		01.04.2016	30
IRIDIUM 23	1997-043D / 24906	+	24	5.7 ± 1.1		15.04.2016	16
IRIDIUM 22	1997-043E / 24907	+	18	6.2 ± 0.9		17.04.2016	14
IRIDIUM 29	1997-051A / 24944	N	14	5.2 ± 0.9		10.12.2015	143
IRIDIUM 32	1997-051B / 24945	+	14	6.0 ± 0.9		17.12.2015	136
IRIDIUM 33**	1997-051C / 24946	N	18	6.3 ± 0.9	25.04	21.03.2016	41
IRIDIUM 28	1997-051E / 24948	N	17	5.6 ± 1.0	28.03	11.12.2015	142
IRIDIUM 30	1997-051F / 24949	+	14	5.9 ± 1.3		17.12.2015	136
IRIDIUM 31	1997-051G / 24950	+	15	5.7 ± 1.0		17.12.2015	136
IRIDIUM 19	1997-056A / 24965	+	13	6.2 ± 1.2		18.12.2015	135
IRIDIUM 35	1997-056B / 24966	+	8	6.0 ± 0.7		06.09.2015	238
IRIDIUM 36	1997-056C / 24967	N	14	5.7 ± 0.9		18.09.2015	226
IRIDIUM 37	1997-056D / 24968	+	17	6.1 ± 1.2		09.04.2016	22
IRIDIUM 34	1997-056E / 24969	+	12	6.3 ± 0.8		09.04.2016	22
IRIDIUM 43	1997-069A / 25039	+	18	5.2 ± 1.2		29.02.2016	62
IRIDIUM 41	1997-069B / 25040	+	22	5.5 ± 1.1		29.02.2016	62
IRIDIUM 40	1997-069C / 25041	+	21	5.6 ± 0.9		29.02.2016	62
IRIDIUM 39	1997-069D / 25042	+	21	5.4 ± 1.3		29.02.2016	62
IRIDIUM 38	1997-069E / 25043	N	18	5.6 ± 0.9	35.20	29.02.2016	62
IRIDIUM 42	1997-077A / 25077	N	15	5.4 ± 0.9		29.02.2016	62
IRIDIUM 44	1997-077B / 25078	N	15	5.5 ± 0.8	33.74	16.02.2016	75

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
IRIDIUM 45	1997-082A / 25104	+	13	5.4 ± 0.9		20.03.2016	42
IRIDIUM 24	1997-082B / 25105	N	17	5.4 ± 1.1		02.04.2016	29
IRIDIUM 47	1997-082C / 25106	+	16	5.6 ± 0.7		08.03.2016	54
IRIDIUM 49	1997-082E / 25108	+	15	6.0 ± 0.7		22.04.2016	9
IRIDIUM 52	1998-010A / 25169	+	9	5.8 ± 1.2		01.10.2015	213
IRIDIUM 56	1998-010B / 25170	+	14	5.7 ± 1.4		01.10.2015	213
IRIDIUM 54	1998-010C / 25171	+	5	6.4 ± 0.9		08.07.2015	298
IRIDIUM 50	1998-010D / 25172	+	9	6.3 ± 1.2		04.09.2015	240
IRIDIUM 53	1998-010E / 25173	+	11	6.2 ± 0.6		15.01.2016	107
IRIDIUM 51	1998-018A / 25262	+	9	6.0 ± 1.0		17.09.2015	227
IRIDIUM 61	1998-018B / 25263	+	16	6.3 ± 0.6		09.04.2016	22
IRIDIUM 55	1998-019A / 25272	+	13	6.1 ± 0.8		10.12.2015	143
IRIDIUM 57	1998-019B / 25273	+	18	6.0 ± 1.2		09.12.2015	144
IRIDIUM 58	1998-019C / 25274	+	17	5.9 ± 1.1		21.03.2016	41
IRIDIUM 59	1998-019D / 25275	+	16	6.4 ± 0.8		09.12.2015	144
IRIDIUM 60	1998-019E / 25276	+	17	6.1 ± 1.1		12.12.2015	141
IRIDIUM 62	1998-021A / 25285	+	28	5.6 ± 1.0		13.03.2016	49
IRIDIUM 63	1998-021B / 25286	N	20	5.4 ± 1.0		13.03.2016	49
IRIDIUM 64	1998-021C / 25287	+	17	5.3 ± 0.8		19.02.2016	72
IRIDIUM 65	1998-021D / 25288	+	21	5.7 ± 0.6		07.03.2016	55
IRIDIUM 66	1998-021E / 25289	+	21	5.5 ± 1.0		08.03.2016	54
IRIDIUM 67	1998-021F / 25290	+	22	5.9 ± 1.3		08.03.2016	54
IRIDIUM 68	1998-021G / 25291	+	21	5.7 ± 0.8		09.03.2016	53
IRIDIUM 69	1998-026A / 25319	N	19	5.5 ± 1.0		13.04.2016	18
IRIDIUM 71	1998-026B / 25320	N	17	5.9 ± 0.7		12.04.2016	19
IRIDIUM 70	1998-032A / 25342	+	17	5.7 ± 1.3		13.03.2016	49
IRIDIUM 72	1998-032B / 25343	+	22	5.7 ± 1.1		08.03.2016	54
IRIDIUM 73	1998-032C / 25344	N	17	5.4 ± 1.1	35.75	13.02.2016	78
IRIDIUM 74	1998-032D / 25345	S	11	5.2 ± 1.0		06.11.2015	177
IRIDIUM 75	1998-032E / 25346	+	19	5.3 ± 1.5		13.03.2016	49
IRIDIUM 03	1998-048A / 25431	+	15	6.2 ± 0.9		16.04.2016	15

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
IRIDIUM 76	1998-048B / 25432	+	19	5.5 ± 1.3		14.04.2016	17
IRIDIUM 82	1998-051A / 25467	+	12	6.1 ± 1.0		20.09.2015	224
IRIDIUM 81	1998-051B / 25468	+	18	5.7 ± 1.2		02.03.2016	60
IRIDIUM 80	1998-051C / 25469	+	19	5.7 ± 1.1		02.03.2016	60
IRIDIUM 77	1998-051E / 25471	+	23	5.6 ± 0.8		02.03.2016	60
IRIDIUM 2	1998-066A / 25527	N	7	5.2 ± 0.5		18.12.2015	135
IRIDIUM 86	1998-066B / 25528	+	20	6.0 ± 1.3		22.04.2016	9
IRIDIUM 84	1998-066D / 25530	+	9	5.8 ± 1.3		29.09.2015	215
IRIDIUM 83	1998-066E / 25531	+	13	5.1 ± 1.8		27.01.2016	95
IRIDIUM 20	1998-074A / 25577	+	16	5.6 ± 1.0		01.04.2016	30
IRIDIUM 11	1998-074B / 25578	+	10	5.8 ± 0.5		09.04.2016	22
IRIDIUM 14	1999-032A / 25777	+	16	5.2 ± 0.9		29.02.2016	62
IRIDIUM 21	1999-032B / 25778	+	23	5.8 ± 0.8		09.03.2016	53
IRIDIUM 91	2002-005A / 27372	+	20	5.6 ± 1.5		21.03.2016	41
IRIDIUM 90	2002-005B / 27373	S	11	6.4 ± 1.0		31.01.2016	91
IRIDIUM 94	2002-005C / 27374	+	18	5.7 ± 1.3		09.04.2016	22
IRIDIUM 95	2002-005D / 27375	+	10	6.1 ± 0.9		11.12.2015	142
IRIDIUM 96	2002-005E / 27376	+	16	5.6 ± 1.2		09.04.2016	22
IRIDIUM 97	2002-031A / 27450	+	12	6.2 ± 0.9		06.04.2016	25
IRIDIUM 98	2002-031B / 27451	+	16	5.6 ± 1.2		18.10.2015	196

Примечание:

* – Условные обозначения в графе «Состояние КА»: «+» - активный КА, «S» - резервный КА в режиме орбитального хранения, «N» - нефункционирующий КА.

** – КА Iridium-33 разрушен в результате орбитального столкновения с КА «Космос-2251» 10 февраля 2009 года.

На рис. 28 показано распределение КА типа Iridium по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016). Из рисунка видно, что для 22 из 90 находящихся на орбите КА типа Iridium в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

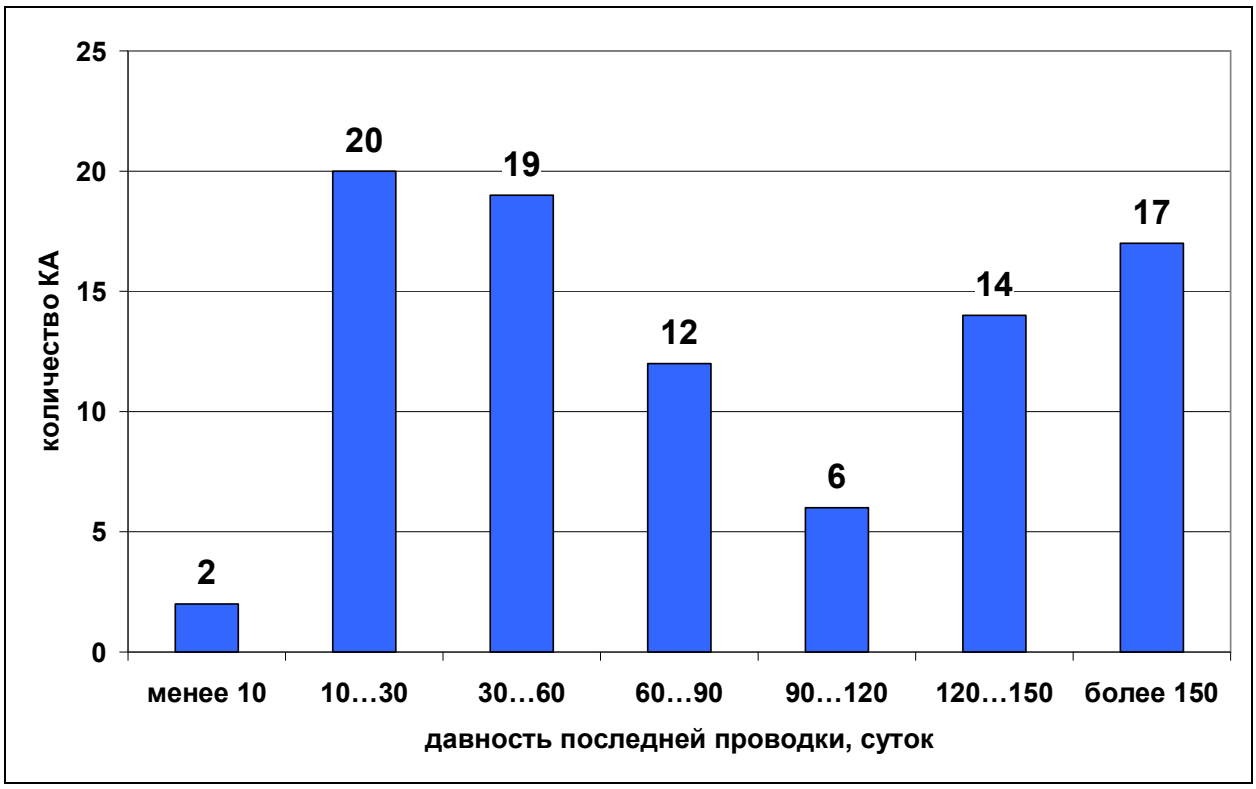


Рисунок 28. Распределение КА типа Iridium по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016)

6.2 НССС Globalstar

Система Globalstar предназначена для обеспечения мобильной спутниковой связи. По состоянию на 1.05.2016, на орбитах находится 60 КА типа Globalstar 1-го поколения (из них 11 активных КА, 48 выведенных из состава системы КА и 1 КА неясного статуса) и 24 КА Globalstar 2-го поколения (все КА активные). Рабочими орбитами для КА типа Globalstar является околокруговые орбиты высотой 1415 километров (период 114 минут) с наклонением 52°. Во время активной эксплуатации в составе НССС Globalstar, КА Globalstar находятся в режиме трехосной стабилизации.

По всем находящимся на орбитах КА типа Globalstar в БД ММТ имеется фотометрическая информация. Для тех КА, у которых выявлено периодическое изменение блеска, определена величина периода. В табл. 26 и 27 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА типа Globalstar 1-го и 2-го поколений, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Для каждого КА указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки.

Таблица 26. Информация из БД ММТ по КА Globalstar 1-го поколения (на 1.05.2016)

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Globalstar M001	1998-008A / 25162	N	79	5.7 ± 1.4	68.50	09.04.2016	22
Globalstar M004	1998-008B / 25163	N	92	5.8 ± 1.0		17.04.2016	14
Globalstar M002	1998-008C / 25164	N	112	5.7 ± 1.1		09.04.2016	22

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Globalstar M003	1998-008D / 25165	N	86	5.8 ± 1.2	11.71	17.04.2016	14
Globalstar M014	1998-023A / 25306	N	116	5.8 ± 0.9	16.17	21.03.2016	41
Globalstar M006	1998-023B / 25307	N	96	5.3 ± 0.7		11.03.2016	51
Globalstar M015	1998-023C / 25308	N	94	5.8 ± 1.1	129.00	17.04.2016	14
Globalstar M008	1998-023D / 25309	N	92	5.7 ± 1.1		22.04.2016	9
Globalstar M023	1999-004A / 25621	N	89	5.8 ± 1.3	9.24	14.04.2016	17
Globalstar M040	1999-004B / 25622	N	86	5.9 ± 1.2	66.69	14.04.2016	17
Globalstar M036	1999-004C / 25623	N	107	5.7 ± 1.0	9.29	22.04.2016	9
Globalstar M038	1999-004D / 25624	N	85	6.2 ± 1.1	71.70	09.04.2016	22
Globalstar M022	1999-012A / 25649	N	113	5.6 ± 1.1	16.28	14.04.2016	17
Globalstar M041	1999-012B / 25650	N	88	5.4 ± 1.2		17.04.2016	14
Globalstar M046	1999-012C / 25651	N	82	5.7 ± 1.2		22.04.2016	9
Globalstar M037	1999-012D / 25652	+	87	5.7 ± 1.3		21.03.2016	41
Globalstar M045	1999-019A / 25676	N	77	5.6 ± 1.1	79.53	22.04.2016	9
Globalstar M019	1999-019B / 25677	N	101	5.9 ± 1.0	73.00	07.04.2016	24
Globalstar M044	1999-019C / 25678	N	103	5.7 ± 1.1	65.00	21.03.2016	41
Globalstar M042	1999-019D / 25679	N	92	5.7 ± 1.1	13.98	22.04.2016	9
Globalstar M025	1999-031A / 25770	N	112	5.9 ± 0.9	13.70	07.04.2016	24
Globalstar M049	1999-031B / 25771	N	104	5.8 ± 1.1	117.00	17.04.2016	14
Globalstar M047	1999-031C / 25772	N	99	5.9 ± 1.1	97.71	18.04.2016	13
Globalstar M052	1999-031D / 25773	N	111	5.9 ± 1.1	130.00	09.04.2016	22
Globalstar M035	1999-037A / 25851	N	108	5.6 ± 1.2		06.04.2016	25
Globalstar M032	1999-037B / 25852	N	113	5.8 ± 1.1	32.22	22.04.2016	9
Globalstar M051	1999-037C / 25853	N	91	5.9 ± 1.0	22.04	22.04.2016	9
Globalstar M030	1999-037D / 25854	N	85	5.6 ± 1.3	28.87	17.04.2016	14
Globalstar M048	1999-041A / 25872	N	120	5.8 ± 1.2		09.04.2016	22
Globalstar M026	1999-041B / 25873	?	69	5.5 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M043	1999-041C / 25874	N	87	5.6 ± 1.1	11.38	06.04.2016	25
Globalstar M028	1999-041D / 25875	N	82	5.7 ± 1.2	29.35	22.04.2016	9
Globalstar M024	1999-043A / 25883	N	114	5.7 ± 1.0		08.04.2016	23
Globalstar M027	1999-043B / 25884	+	91	5.5 ± 0.6		22.04.2016	9

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Globalstar M054	1999-043C / 25885	N	100	6.3 ± 1.1	6.59	21.03.2016	41
Globalstar M053	1999-043D / 25886	N	101	6.2 ± 0.9	69.24	17.04.2016	14
Globalstar M058	1999-049A / 25907	N	101	5.7 ± 1.2	59.43	10.04.2016	21
Globalstar M050	1999-049B / 25908	N	108	6.1 ± 1.1		20.03.2016	42
Globalstar M033	1999-049C / 25909	N	87	6.1 ± 0.9	14.17	10.04.2016	21
Globalstar M055	1999-049D / 25910	N	97	5.7 ± 1.4		22.04.2016	9
Globalstar M057	1999-058A / 25943	N	78	5.4 ± 1.1	23.61	23.04.2016	8
Globalstar M059	1999-058B / 25944	N	91	5.4 ± 0.5		07.03.2016	55
Globalstar M056	1999-058C / 25945	N	103	5.6 ± 1.0	50.89	09.04.2016	22
Globalstar M031	1999-058D / 25946	N	107	5.8 ± 1.3	108.50	22.04.2016	9
Globalstar M039	1999-062A / 25961	N	74	5.5 ± 0.7	56.00	07.04.2016	24
Globalstar M034	1999-062B / 25962	N	109	6.0 ± 1.2	95.00	22.04.2016	9
Globalstar M029	1999-062C / 25963	N	82	5.4 ± 0.7		18.04.2016	13
Globalstar M061	1999-062D / 25964	N	90	5.7 ± 1.3		22.04.2016	9
Globalstar M063	2000-008A / 26081	+	92	5.5 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M062	2000-008B / 26082	N	100	6.1 ± 1.0	69.00	17.04.2016	14
Globalstar M060	2000-008C / 26083	N	91	5.5 ± 1.3	44.00	22.04.2016	9
Globalstar M064	2000-008D / 26084	N	96	5.7 ± 0.9		17.04.2016	14
Globalstar M065	2007-020A / 31571	+	83	5.5 ± 0.6		09.04.2016	22
Globalstar M069	2007-020C / 31573	+	91	5.5 ± 0.6		21.03.2016	41
Globalstar M072	2007-020D / 31574	+	74	5.5 ± 0.7		17.04.2016	14
Globalstar M071	2007-020F / 31576	+	89	5.6 ± 0.6		20.03.2016	42
Globalstar M067	2007-048A / 32263	+	65	5.6 ± 0.6		17.04.2016	14
Globalstar M070	2007-048B / 32264	+	101	5.0 ± 0.8		11.03.2016	51
Globalstar M066	2007-048C / 32265	+	71	5.5 ± 0.5		22.04.2016	9
Globalstar M068	2007-048D / 32266	+	71	6.1 ± 1.1		16.04.2016	15

Примечание:

* – Условные обозначения в графе «Состояние КА»: «+» - КА, работающий в составе НССС Globalstar, «N» - КА, выведенный из состава НССС Globalstar.

Таблица 27. Информация из БД ММТ по КА Globalstar 2-го поколения (на 1.05.2016)

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Globalstar M079	2010-054A / 37188	+	79	5.6 ± 0.7		09.03.2016	53
Globalstar M074	2010-054B / 37189	+	83	5.8 ± 0.7		11.03.2016	51
Globalstar M076	2010-054C / 37190	+	94	5.6 ± 0.7		20.03.2016	42
Globalstar M077	2010-054D / 37191	+	107	5.8 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M075	2010-054E / 37192	+	83	5.9 ± 0.6		09.03.2016	53
Globalstar M073	2010-054F / 37193	+	102	5.8 ± 0.6		14.04.2016	17
Globalstar M083	2011-033A / 37739	+	79	5.9 ± 0.5		17.04.2016	14
Globalstar M088	2011-033B / 37740	+	90	5.8 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M091	2011-033C / 37741	+	76	5.7 ± 0.7		26.03.2016	36
Globalstar M085	2011-033D / 37742	+	72	5.8 ± 0.7		08.04.2016	23
Globalstar M081	2011-033E / 37743	+	78	5.7 ± 0.8		31.03.2016	31
Globalstar M089	2011-033F / 37744	+	91	5.8 ± 0.7		20.03.2016	42
Globalstar M084	2011-080A / 38040	+	97	5.9 ± 0.6		18.04.2016	13
Globalstar M080	2011-080B / 38041	+	82	5.7 ± 0.6		17.04.2016	14
Globalstar M082	2011-080C / 38042	+	82	5.8 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M092	2011-080D / 38043	+	89	5.6 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M090	2011-080E / 38044	+	74	5.9 ± 0.6		22.04.2016	9
Globalstar M086	2011-080F / 38045	+	81	5.8 ± 0.5		22.04.2016	9
Globalstar M097	2013-005A / 39072	+	65	5.7 ± 0.7		14.04.2016	17
Globalstar M093	2013-005B / 39073	+	74	5.7 ± 0.6		15.04.2016	16
Globalstar M094	2013-005C / 39074	+	74	5.9 ± 0.6		21.03.2016	41
Globalstar M096	2013-005D / 39075	+	80	5.8 ± 0.7		08.04.2016	23
Globalstar M078	2013-005E / 39076	+	78	5.8 ± 0.6		17.04.2016	14
Globalstar M095	2013-005F / 39077	+	69	5.6 ± 0.7		17.04.2016	14

Примечание:
* – Условные обозначения в графе «Состояние КА»: «+» - КА, работающий в составе НССС Globalstar, «N» - КА, выведенный из состава НССС Globalstar.

На рис. 29 показано распределение КА типа Globalstar по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016). Из рисунка видно, что для 66 из 84 находящихся на орбите КА типа Globalstar в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

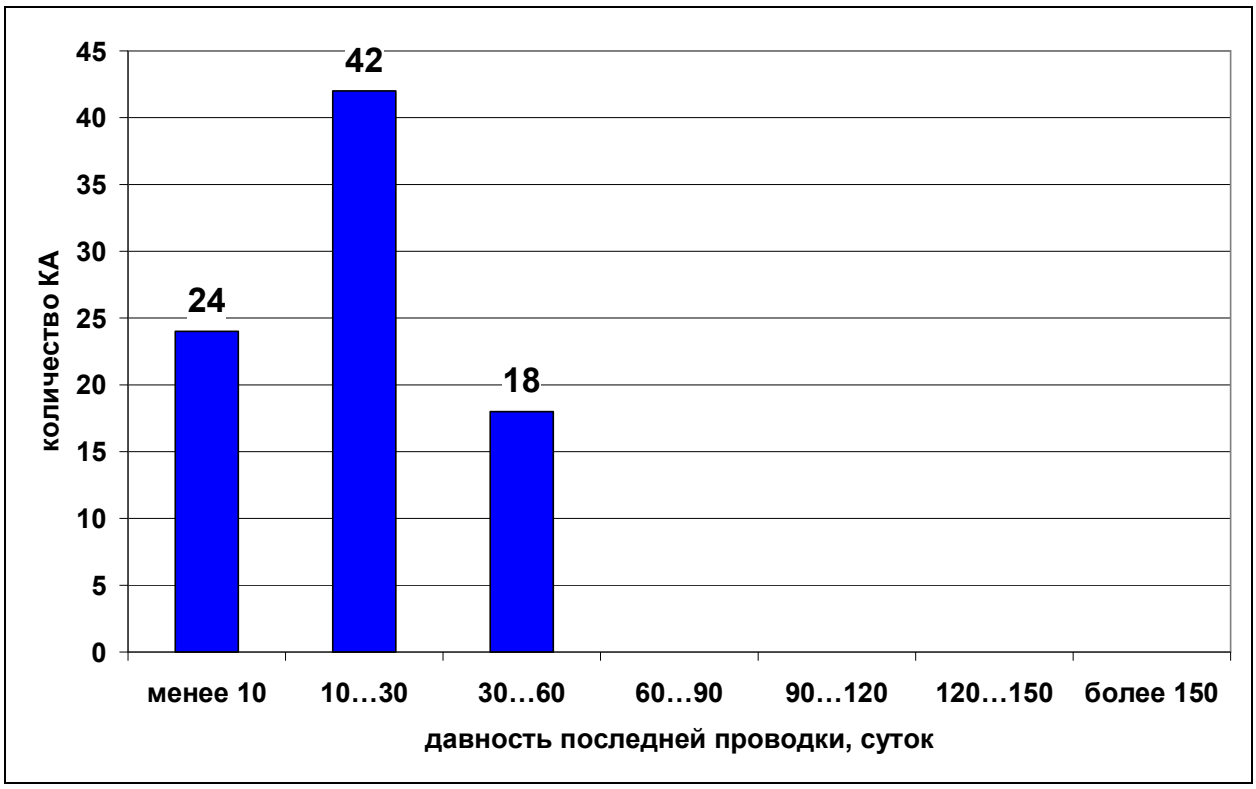


Рисунок 29. Распределение КА типа Globalstar по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016)

6.3 НССС Orbcomm

Система Orbcomm обеспечивает передачу данных по каналам связи «машина-машина» (межмашинное взаимодействие). По состоянию на 1.05.2016, на орбитах находится 35 КА типа Orbcomm 1-го поколения (из них 25 активных КА и 10 нефункционирующих КА), 6 КА Orbcomm-QL (все нефункционирующие) и 17 КА Orbcomm 2-го поколения (16 КА активные и 1 КА нефункционирующий). КА Orbcomm всех типов имеют гравитационную систему стабилизации.

По всем находящимся на орбитах КА Orbcomm в БД ММТ имеется фотометрическая информация. В табл. 28…30 приведена обобщенная фотометрическая информация по КА Orbcomm различных типов, содержащаяся в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Для каждого КА указана давность (в сутках) последней полученной на ММТ проводки.

Таблица 28. Информация из БД ММТ по КА Orbcomm 1-го поколения (на 1.05.2016)

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Orbcomm FM 1	1995-017A / 23545	N	5	8.4 ± 0.5		07.11.2015	176
Orbcomm FM 2	1995-017B / 23546	N	3	4.8 ± 2.7		07.08.2015	268
Orbcomm FM 8	1997-084A / 25112	+	41	7.9 ± 0.6		04.04.2016	27
Orbcomm FM 10	1997-084B / 25113	+	33	7.9 ± 0.6		22.04.2016	9
Orbcomm FM 11	1997-084C / 25114	+	45	7.3 ± 0.8		22.04.2016	9

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Orbcomm FM 12	1997-084D / 25115	+	45	7.4 ± 1.1		22.04.2016	9
Orbcomm FM 9	1997-084E / 25116	+	57	7.7 ± 0.7		22.04.2016	9
Orbcomm FM 5	1997-084F / 25117	+	47	7.7 ± 0.7		09.04.2016	22
Orbcomm FM 6	1997-084G / 25118	+	31	8.0 ± 0.5		09.04.2016	22
Orbcomm FM 7	1997-084H / 25119	+	41	8.0 ± 0.7		06.04.2016	25
Orbcomm FM 3	1998-007B / 25158	N	22	7.9 ± 0.9		07.03.2016	55
Orbcomm FM 4	1998-007C / 25159	+	22	7.6 ± 0.6		13.10.2015	201
Orbcomm FM 17	1998-046A / 25413	N	38	7.9 ± 0.6		22.04.2016	9
Orbcomm FM 18	1998-046B / 25414	+	48	7.8 ± 0.7		09.04.2016	22
Orbcomm FM 19	1998-046C / 25415	+	44	7.9 ± 0.5		08.04.2016	23
Orbcomm FM 20	1998-046D / 25416	+	52	7.7 ± 0.7		22.04.2016	9
Orbcomm FM 16	1998-046E / 25417	+	38	7.5 ± 0.5		22.04.2016	9
Orbcomm FM 15	1998-046F / 25418	+	40	7.7 ± 0.7		22.04.2016	9
Orbcomm FM 14	1998-046G / 25419	+	42	7.7 ± 0.8		08.04.2016	23
Orbcomm FM 13	1998-046H / 25420	+	54	7.0 ± 0.9		22.04.2016	9
Orbcomm FM 21	1998-053A / 25475	+	33	7.7 ± 0.5		10.03.2016	52
Orbcomm FM 22	1998-053B / 25476	N	34	7.7 ± 0.7		14.04.2016	17
Orbcomm FM 23	1998-053C / 25477	+	43	7.6 ± 0.6		17.04.2016	14
Orbcomm FM 24	1998-053D / 25478	N	41	7.3 ± 1.0		23.04.2016	8
Orbcomm FM 25	1998-053E / 25479	N	31	7.6 ± 1.0		07.03.2016	55
Orbcomm FM 26	1998-053F / 25480	N	31	7.5 ± 0.9		16.04.2016	15
Orbcomm FM 27	1998-053G / 25481	+	41	7.5 ± 0.9		14.04.2016	17
Orbcomm FM 28	1998-053H / 25482	N	45	7.4 ± 0.9		14.04.2016	17
Orbcomm FM 30	1999-065A / 25980	+	50	8.0 ± 0.6		06.04.2016	25
Orbcomm FM 31	1999-065B / 25981	+	37	7.9 ± 0.6		08.04.2016	23
Orbcomm FM 32	1999-065C / 25982	+	38	7.9 ± 0.6		09.04.2016	22
Orbcomm FM 33	1999-065D / 25983	N	29	7.6 ± 0.6		06.04.2016	25
Orbcomm FM 36	1999-065E / 25984	+	36	7.9 ± 0.6		08.04.2016	23
Orbcomm FM 35	1999-065F / 25985	+	36	7.8 ± 0.7		13.03.2016	49
Orbcomm FM 34	1999-065G / 25986	+	39	7.9 ± 0.5		08.04.2016	23

Таблица 29. Информация из БД ММТ по КА Orbcomm-QL (на 1.05.2016)

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Orbcomm FM 38	2008-031A / 33060	N	37	7.1 ± 0.8		01.03.2016	61
Orbcomm FM 41	2008-031B / 33061	N	33	7.0 ± 0.9		14.01.2016	108
Orbcomm FM 29	2008-031C / 33062	N	41	7.1 ± 0.7		02.03.2016	60
Orbcomm FM 39	2008-031D / 33063	N	31	7.1 ± 0.8		20.03.2016	42
Orbcomm FM 37	2008-031E / 33064	N	27	6.7 ± 0.6		02.03.2016	60
Orbcomm FM 40	2008-031F / 33065	N	33	6.6 ± 0.8		20.03.2016	42

Примечание:

* – Условные обозначения в графе «Состояние КА»: «+» - активный КА, «N» - нефункционирующий КА.

Таблица 30. Информация из БД ММТ по КА Orbcomm 2-го поколения (на 1.05.2016)

КА	Межд. обозн. / № КК ВВС США	Сост. КА *	Кол-во проводок в БД ММТ	Средний привед. блеск	Период изменения блеска, секунд	Дата последней полученной проводки	Давность последней полученной проводки, суток
Orbcomm FM 109	2014-040A / 40086	+	22	7.5 ± 0.7		20.03.2016	42
Orbcomm FM 107	2014-040B / 40087	+	30	7.2 ± 0.9		20.03.2016	42
Orbcomm FM 106	2014-040C / 40088	+	27	6.9 ± 0.8		01.03.2016	61
Orbcomm FM 111	2014-040D / 40089	N	27	7.1 ± 0.9		23.04.2016	8
Orbcomm FM 104	2014-040E / 40090	+	31	7.3 ± 0.8		26.12.2015	127
Orbcomm FM 103	2014-040F / 40091	+	27	7.1 ± 0.8		20.03.2016	42
Orbcomm FM 114	2015-081A / 41179	+	8	6.9 ± 0.9		18.04.2016	13
Orbcomm FM 119	2015-081B / 41180	+	10	7.1 ± 0.5		16.04.2016	15
Orbcomm FM 105	2015-081C / 41181	+	6	6.9 ± 0.7		23.04.2016	8
Orbcomm FM 110	2015-081D / 41182	+	3	7.1 ± 0.5		23.04.2016	8
Orbcomm FM 118	2015-081E / 41183	+	5	7.1 ± 0.5		13.04.2016	18
Orbcomm FM 112	2015-081F / 41184	+	7	7.3 ± 0.6		17.04.2016	14
Orbcomm FM 113	2015-081G / 41185	+	10	7.0 ± 0.7		18.04.2016	13
Orbcomm FM 115	2015-081H / 41186	+	6	7.0 ± 0.8		15.04.2016	16
Orbcomm FM 108	2015-081J / 41187	+	6	7.3 ± 0.6		17.04.2016	14
Orbcomm FM 117	2015-081K / 41188	+	3	6.7 ± 0.6		08.04.2016	23
Orbcomm FM 116	2015-081L / 41189	+	7	6.8 ± 0.7		17.04.2016	14

Примечание:

* – Условные обозначения в графе «Состояние КА»: «+» - активный КА, «N» - нефункционирующий КА.

На рис. 30 показано распределение КА Orbcomm по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016). Из рисунка видно, что для 40 из 58 находящихся на орбите КА Orbcomm в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

Рисунок 30. Распределение КА Orbcomm по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.05.2016)

Заключение

1. В апреле 2016 года Казанским (Приволжским) Федеральным Университетом, совместно с САО РАН и АО «НПК СПП», продолжена эксплуатация многоканального мониторингового телескопа ММТ.

В течение апреля 2016 года системой ММТ отработано (полностью или частично) 16 ночей. Получены измерения по 1464 КО на околоземных орбитах. Информация по 605-ти иностранным КО, измеренным в течение апреля, представлена в открытой публичной части БД ММТ.

В апреле 2016 года в БД ММТ внесены 25 новых (ранее не измерявшихся системой ММТ) космических объектов. Из этого количества новых КО, внесенных в БД ММТ в марте, 21 объект являются иностранными КО; информация по ним представлена в открытой публичной части БД ММТ.

Вновь внесенные в БД ММТ иностранные КО распределяются по типам следующим образом:

- 10 КО – космические аппараты;
- 7 КО – ступени РН и разгонные блоки;
- 4 КО – фрагменты.

Распределение вновь внесенных в БД ММТ иностранные КО по типам орбит:

- 8 КО в области геостационарных орбит;
- 8 КО на высокоэллиптических орбитах;
- 1 КО на средневысоких орбитах;
- 4 КО на низких орбитах.
-

Для 5-ти объектов из 21-го иностранного КО, внесенного в открытую часть БД ММТ в течение апреля, по результатам выполненных измерений определены величины периода изменения блеска.

2. Анализ фотометрической информации**,** полученной на многоканальном мониторинговом телескопе ММТ в апреле 2016 года, позволяет выделить следующие наиболее важные результаты.

- Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по американскому активному КА военного назначения **USA-118 (1996-026A, 23855)**.
- Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (2 проводки) по американскому активному телекоммуникационному КА **Intelsat-702 (1994-034A, 23124)**. В одной из проводок выявлено периодическое изменение блеска данного КА, предположительно не связанное с вращением КА относительно своего центра масс.
- Получены измерения по нефункционирующему европейскому КА ДЗЗ **Envisat (2002-009A, 27386)**. На основе представленной в БД ММТ информации уточнены фотометрические характеристики данного КА.
- На основе представленной в БД ММТ информации выполнен анализ фотометрических характеристик малых низкоорбитальных КА типов AMSAT-NA Microsat и Microsat-70.
- Получены первые фотометрические измерения системы ММТ (1 проводка) по нефункционирующему американскому КА **Relay-1 (1962-068A, 00503)**.

- Выполнено сравнение фотометрических характеристик 43-х вторых ступеней ракет-носителей Ariane-5, внесенных в БД ММТ по состоянию на 1.05.2016. Проанализирована динамика периодов изменения блеска 37-ми КО данного типа.

3. Фотометрическая информация, полученная системой ММТ в апреле 2016 года, подтверждает работоспособность аппаратуры с быстровращающимися антеннами в составе следующих иностранных КА.

- КА **NOSS 3-3C (2005-004C, 28541)**;
- КА **NOSS 3-4C (2007-027C, 31708)**;
- КА **Fengyun-3C (2013-052A, 39260)**.

4. В течение апреля 2016 года при помощи системы ММТ получена фотометрическая информация по КА, входящим в состав низкоорбитальных систем спутниковой связи Iridium, Globalstar и Orbcomm.

В марте получены измерения по 22 из 90 находящихся на орбите КА Iridium; по 66 из 84 находящихся на орбите КА типа Globalstar; по 40 из 58 находящихся на орбите КА Orbcomm.

Список источников

1. Интернет-сайт http://astroguard.ru/satellites
2. «Массовая фотометрия низкоорбитальных ИСЗ на ММТ9» *Каткова Е.В. и др.* Доклад на конференции «Околоземная астрономия-2015».
3. Интернет-сайт https://www.space-track.org
4. Интернет-сайт http://celestrak.com
5. Интернет-сайт https://directory.eoportal.org
6. Интернет-сайт http://space.skyrocket.de
7. Интернет-сайт http://www.b14643.de/
8. Интернет-сайт http://www.amsat.org
9. Интернет-сайт https://www.sstl.co.uk