Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ. Результаты анализа фотометрической информации по космическим объектам на околоземных орбитах. Август 2022 года.

Информационно-аналитический отчет.

2022

Список сокращений

AMSR	Advanced Microwave Scanning Radiometer
DMSP	Defense Meteorological Satellite Program
CSpOC	Combined Space Operations Center
GCOM	Global Change Observation Mission
GMI	GPM Microwave Imager
GPM	Global Precipitation Measurement
GPS	Global Positioning System
MWRI	Microwave Radiation Imager
NOSS	Naval Ocean Surveillance System
OSCAT	Ocean Scatterometer
SCN	Satellite Catalog Number
SDS	Satellite Data System
SMAP	Soil Moisture Active Passive
SSM/I	Special Sensor Microwave Imager
SSMIS	Special Sensor Microwave Imager Sounder
TLE	Two Line Element
UTC	Coordinated Universal Time
БД ММТ	база данных многоканального мониторингового телескопа
ГО	головной обтекатель
ГСО	геостационарная орбита
ДВУ	долгота восходящего узла
ДЗЗ	дистанционное зондирование Земли
ДПТ	долгота подспутниковой точки
КА	космический аппарат
КО	космический объект
ММТ	многоканальный мониторинговый телескоп
НССС	низкоорбитальная система спутниковой связи
ОКП	околоземное космическое пространство
ОПМ	отношение площади к массе
ПН	полезная нагрузка
РБ	разгонный блок
РДТТ	ракетный двигатель твердого топлива
РН	ракета-носитель
САО	Специальная астрофизическая обсерватория
СБ	солнечная батарея
СНС	спутниковая навигационная система
ЭО	элементы орбиты
ЭПР	эквивалентная площадь рассеяния

СОДЕРЖАНИЕ

1. Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ и база данных БД ММТ.....5

2. Наблюдения космических объектов на околоземных орбитах системой ММТ в августе 2022 года. 6

3. Космические объекты, внесенные в БД ММТ в августе 2022 года.....7

4. Оценка состояния КА с быстровращающимися внешними антеннами.....19

5. Оперативная оценка состояния многоспутниковых группировок. 25

5.1 НССС Iridium 25

5.2 НССС Globalstar.....27

5.3 НССС Orbcomm 28

5.4 НССС Starlink.....30

5.5 НССС OneWeb.....31

6. Непривязанные измерения системы ММТ, полученные в августе 2022 года.....33

Заключение.....37

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рисунок 1. Наработка системы ММТ в августе 2022 года.....6
Рисунок 2. Распределение находящихся на орбите КА типа Iridium по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022).....26
Рисунок 3. Распределение КА типа Globalstar по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022).....28
Рисунок 4. Распределение КА Orbcomm по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022).....30
Рисунок 5. Распределение КА типа Starlink по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022).....31
Рисунок 6. Распределение КА типа OneWeb по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022).....32

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Космические объекты, ранее не измерявшиеся системой ММТ и внесенные в открытую часть БД ММТ в течение августа 2022 года.....8
Таблица 2. Информация по КА с быстровращающимися внешними антеннами (по состоянию на 1.09.2022).....20
Таблица 3. Поступление измерительной информации системы ММТ по активн. КА с быстровращающимися элементами конструкции за последние 12 месяцев.....23
Таблица 4. Сводные данные по КА типа Iridium 1-го покол. (на 1.09.2022).....25
Таблица 5. Сводные данные по КА типа Iridium 2-го покол. (на 1.09.2022).....26
Таблица 6. Сводные данные по КА типа Globalstar 1-го покол. (на 1.09.2022).....27
Таблица 7. Сводные данные по КА типа Globalstar 2-го покол. (на 1.09.2022).....27
Таблица 8. Сводные данные по КА типа Orbcomm 1-го покол. (на 1.09.2022).....29
Таблица 9. Сводные данные по КА типа Orbcomm-QL (на 1.09.2022).....29
Таблица 10. Сводные данные по КА типа Orbcomm 2-го покол. (на 1.09.2022).....29
Таблица 11. Сводные данные по КА типа Starlink (на 1.09.2022).....31
Таблица 12. Сводные данные по КА типа OneWeb (на 1.09.2022).....32
Таблица 13. Непривязанные проводки системы ММТ, полученные в августе 2022 года 34

1. Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ и база данных БД ММТ

В августе 2022 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 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 100 кв. градусов (~11° x 9.5°), общее поле зрения системы ММТ – 900 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 Космическими силами США, и орбитальная информация независимых наблюдателей (для КО, по которым Космические силы США не выдают 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://mmt9.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 августе 2022 года.

По состоянию на 1 августа 2022 года, в базе данных многоканального мониторингового телескопа (БД ММТ) содержится фотометрическая информация о 10691 КО на околоземных орбитах, измеренных в 399208 проводках. Информация по 7475 иностранным КО (206169 проводок) представлена в открытой публичной части БД ММТ.

В течение августа 2022 года системой ММТ отработано (полностью или частично) 27 ночей, получены измерения по 3747 КО на околоземных орбитах. Информация по 2600 иностранным КО, измеренным в течение августа, представлена в открытой публичной части БД ММТ.

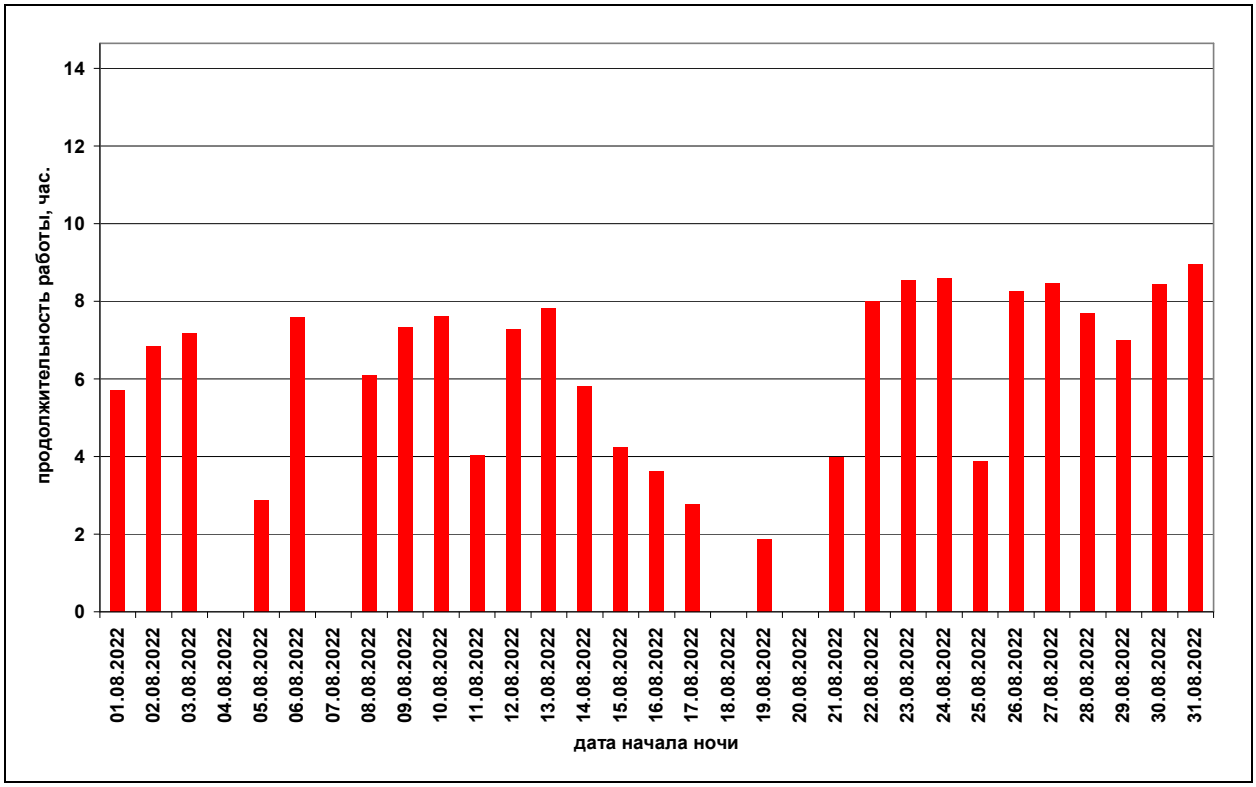

Рисунок 1. Наработка системы ММТ в августе 2022 года

В августе 2022 года в БД ММТ внесены 171 новый (ранее не измерявшийся системой ММТ) космический объект. Из этого количества новых КО, внесенных в БД ММТ в августе 2022 года, 164 объекта являются иностранными КО; информация по ним представлена в открытой публичной части БД ММТ.

Основные сведения об иностранных КО, внесенных в БД ММТ в течение августа 2022 года, приводятся в разделе 3 отчета.

Разделы 4 и 5 отчета посвящены вкладу системы ММТ в решение частных задач оценки обстановки в околоземном космическом пространстве (ОКП). В разделе 4 описано использование измерительной информации ММТ для оценки состояния космических аппаратов с внешними быстровращающимися антеннами; в разделе 5 – для оперативной оценки состояния многоспутниковых группировок.

В разделе 6 приводятся данные о проводках, для которых на основе имеющихся источников орбитальных данных не удалось выполнить привязку к известным КО.

Отчет составлен на основе публичных открытых источников информации.

3. Космические объекты, внесенные в БД ММТ в августе 2022 года

В августе 2022 года в открытую часть базы фотометрической информации системы ММТ (БД ММТ) внесено 164 новых (ранее не измерявшихся системой ММТ) иностранных КО.

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

- 149 КО – космические аппараты (в т.ч. 131 КА Starlink и 5 КА OneWeb);
- 6 КО – ступени РН и РБ;
- 5 КО – фрагменты;
- 4 КО – тип не определен.

Распределение вновь внесенных в БД ММТ иностранных объектов по типам орбит:

- 1 КО геостационарной области;
- 6 КО на высокоэллиптических орбитах;
- 1 КО на средневысотной орбите;
- 156 КО на низких орбитах.

Для трех объектов из 164 иностранных КО, внесенных в открытую часть БД ММТ в течение августа, по результатам выполненных измерений определена величина фотометрического периода.

Информация по 164 иностранным КО, ранее не измерявшимся системой ММТ и внесенным в открытую часть БД ММТ в течение августа 2022 года, приведена в табл. 1. В дополнение к фотометрической информации из БД ММТ, в таблице приводятся параметры орбит соответствующих КО, 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 Космических сил США. Для КО, по которым Космические силы США не выдают в открытый публичный доступ оперативную орбитальную информацию, привязка измерений системы ММТ выполнена на основе орбитальных данных независимых наблюдателей.

Таблица 1. Космические объекты, ранее не измерявшиеся системой ММТ и внесенные в открытую часть БД ММТ в течение августа 2022 года

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Navstar 31 (USA-90)	1993-017A / 22581		1	3.4 ± 0.2		762.13	55.13	21267	21254	0.98
КА AMC-16	2004-048A / 28472		2	0.7 ± 0.9		1452.99	1.06	36138	36096	7.94
фрагмент 3 ст. РН Ariane 42P+	1992-072W / 34190		1	1.9 ± 0.2	период 1.06 с	484.24	6.93	27498	599	0.21
фрагмент КА Iridium 33	1997-051TJ / 35858		1	8.9 ± 0.6		97.59	86.36	672	615	0.01
фрагмент КА OPS 4682	1965-027FE / 38449		1	8.0 ± 0.4		111.23	90.26	1309	1257	0.01
КА Flock 3P 31	2017-008DF / 42049		1	9.4 ± 0.2		93.27	97.27	438	431	0.08
КА Lemur 2	2017-042R / 42840		1	8.7 ± 0.7		96.42	97.42	597	578	
адаптер SYLDA РН Ariane 5	2017-059D / 42953		2	4.6 ± 0.3		408.85	6.40	23475	263	
2 ст. РН Ariane 5	2020-056E / 46116		1	3.7 ± 0.4	период 17.61 с	624.69	5.33	35387	270	
КА Skysat C18	2020-057BR / 46180		1	8.4 ± 0.3		92.35	52.99	396	384	
КА Flock 4S 40	2021-006CQ / 47499		1	8.5 ± 0.2		94.89	97.44	519	507	
КА Hawk-2C	2021-006CT / 47502		1	9.2 ± 0.5		95.12	97.43	531	518	
КА ASTROCAST-0105	2021-006DH / 47517		1	7.8 ± 1.6		95.13	97.42	529	520	
КА RAAF M2 B	2021-023J / 47973		1	8.1 ± 0.2		95.54	45.00	550	539	
КА Tyvak-0173	2021-059P / 48892		3	9.2 ± 0.4		97.73	96.00	656	644	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА OneWeb-0375	2021-090Y / 49301		2	8.3 ± 0.2		109.03	87.94	1184	1180	
КА RAISE 2	2021-102C / 49397		2	8.9 ± 1.0		95.91	97.52	571	553	
КА GLOBAL-14	2021-106A / 49469		1	9.8 ± 0.3		93.19	42.05	445	417	
КА Starlink-3195	2021-115AQ / 49762		2	6.4 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3192	2021-115AV / 49767		2	6.5 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
элемент крепления КА Starlink	2021-115BG / 49778		1	9.0 ± 1.0		92.46	53.20	402	388	
КА Starlink-3257	2021-125AZ / 50203		1	7.1 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА OneWeb-0394	2021-132F / 50474		2	7.0 ± 1.0		96.46	87.22	592	586	
КА OneWeb-0396	2021-132H / 50476		1	7.8 ± 0.1		96.46	87.22	591	587	
КА OneWeb-0430	2021-132AJ / 50501		2	6.5 ± 1.1		96.46	87.22	591	586	
КА Starlink-3329	2022-001AA / 50827		1	7.1 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3308	2022-001AV / 50846		1	6.4 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА DEWASAT-1	2022-002CM / 51067		1	9.9 ± 0.4		95.09	97.48	530	516	
КА Starlink-3368	2022-005D / 51107		1	7.1 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3386	2022-005Y / 51126		2	7.0 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА OneWeb-0461	2022-012AD / 51649		1	5.8 ± 0.1		96.37	87.24	586	584	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3621	2022-017B / 51769		1	6.3 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3576	2022-022AH / 51883		2	7.4 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3584	2022-022AK / 51885		1	7.3 ± 0.1		95.44	53.21	541	539	
КА Starlink-3565	2022-022AL / 51886		2	7.2 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3536	2022-022AN / 51888		1	7.5 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
неидентиф. КО	2022-023D / 51949		1	6.9 ± 0.1		94.55	63.45	524	470	
неидентиф. КО	2022-023E / 51950		1	6.9 ± 0.1		94.55	63.45	523	471	
неидентиф. КО	2022-023F / 51951		1	7.1 ± 0.1		94.56	63.44	524	471	
3 ст. РН Qased	2022-024B / 51955		1	6.7 ± 0.5		94.56	58.30	509	486	
КА Starlink-3704	2022-025D / 51959		1	7.4 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3538	2022-025AS / 51996		1	6.9 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3667	2022-025AV / 51999		1	7.0 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3701	2022-029H / 52095		1	5.9 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3715	2022-029AR / 52127		1	7.3 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3810	2022-041A / 52261		1	7.7 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3786	2022-041C / 52263		1	7.7 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3746	2022-041H / 52268		2	6.6 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3804	2022-041K / 52270		2	6.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3781	2022-041M / 52272		3	6.7 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3784	2022-041Q / 52275		2	6.2 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3778	2022-041R / 52276		1	7.4 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3787	2022-041S / 52277		3	6.8 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3686	2022-041U / 52279		1	7.4 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3783	2022-041X / 52282		3	6.8 ± 0.7		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3561	2022-041Z / 52284		2	7.6 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3751	2022-041AE / 52289		3	6.7 ± 0.8		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3772	2022-041AF / 52290		2	7.6 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3773	2022-041AG / 52291		1	7.1 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3766	2022-041AM / 52296		2	7.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3760	2022-041AP / 52298		1	7.0 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3759	2022-041AQ / 52299		3	6.9 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3769	2022-041AR / 52300		2	7.1 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3768	2022-041AS / 52301		1	7.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3564	2022-041AT / 52302		1	5.5 ± 0.4		95.54	53.22	546	544	
КА Starlink-3744	2022-041AV / 52304		3	7.2 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3724	2022-041AW / 52305		3	6.6 ± 0.6		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3755	2022-041AY / 52307		2	6.2 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3745	2022-041AZ / 52308		1	6.4 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3756	2022-041BA / 52309		2	7.0 ± 0.7		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3752	2022-041BD / 52312		1	7.1 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3818	2022-045K / 52340		1	7.2 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3852	2022-045Q / 52345		1	7.7 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3812	2022-045R / 52346		1	7.5 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3829	2022-045T / 52348		2	6.7 ± 0.9		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3754	2022-045V / 52350		2	6.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3838	2022-045X / 52352		2	7.1 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3807	2022-045Y / 52353		3	6.4 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3876	2022-045Z / 52354		3	7.2 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3877	2022-045AA / 52355		1	7.1 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3837	2022-045AD / 52358		2	7.3 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3853	2022-045AE / 52359		3	7.0 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3824	2022-045AF / 52360		2	6.9 ± 0.7		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3728	2022-045AG / 52361		3	7.3 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3848	2022-045AH / 52362		1	7.7 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3874	2022-045AL / 52365		3	7.1 ± 0.7		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3808	2022-045AM / 52366		1	7.5 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3817	2022-045AN / 52367		1	7.4 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3834	2022-045AP / 52368		1	5.8 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3796	2022-045AT / 52372		3	6.9 ± 0.7		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3550	2022-045AU / 52373		2	7.4 ± 0.9		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3762	2022-045AV / 52374		1	6.6 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3785	2022-045AW / 52375		2	6.4 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3767	2022-045AX / 52376		2	7.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3805	2022-045AY / 52377		2	7.2 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3806	2022-045AZ / 52378		3	7.0 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3800	2022-045BA / 52379		2	6.8 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3803	2022-045BC / 52381		2	7.1 ± 0.7		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3799	2022-045BD / 52382		1	7.3 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3870	2022-049A / 52451		1	6.2 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3865	2022-049K / 52460		2	7.3 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3900	2022-049L / 52461		1	5.9 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3835	2022-049AB / 52476		1	6.7 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3857	2022-049AV / 52494		1	5.5 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3884	2022-049AY / 52497		1	7.2 ± 0.4		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3907	2022-049BC / 52501		1	5.7 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3951	2022-051A / 52533		2	6.4 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3952	2022-051B / 52534		1	6.6 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3958	2022-051C / 52535		1	6.5 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3964	2022-051D / 52536		3	6.2 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3897	2022-051E / 52537		1	6.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3757	2022-051G / 52539		1	6.5 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3940	2022-051H / 52540		2	6.5 ± 0.7		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3845	2022-051J / 52541		1	6.9 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3944	2022-051M / 52544		1	5.9 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3869	2022-051Q / 52547		1	6.1 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3965	2022-051T / 52550		2	7.3 ± 0.6		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3858	2022-051W / 52553		3	7.0 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3770	2022-051X / 52554		1	6.4 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3949	2022-051Y / 52555		2	7.6 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3953	2022-051AC / 52559		1	6.2 ± 0.7		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3956	2022-051AD / 52560		1	7.3 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3957	2022-051AF / 52562		1	7.7 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3942	2022-051AG / 52563		1	7.2 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3911	2022-051AJ / 52565		1	7.4 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3929	2022-051AL / 52567		1	7.5 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3930	2022-051AM / 52568		2	6.3 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-3927	2022-051AN / 52569		3	6.8 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3924	2022-051AP / 52570		2	6.0 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3833	2022-051AU / 52578		1	6.6 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3910	2022-051BC / 52586		2	6.9 ± 0.4		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3973	2022-052AZ / 52645		1	8.4 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3846	2022-052BB / 52647		1	8.6 ± 0.6		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-3868	2022-052BD / 52649		1	8.5 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-4070	2022-053J / 52664		1	*		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4071	2022-053R / 52671		1	7.8 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4032	2022-053AJ / 52688		2	6.8 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4035	2022-053AL / 52690		2	6.9 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-3993	2022-053AN / 52692		2	6.7 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
2 ст. РН Falcon 9	2022-061B / 52818		1	3.4 ± 0.3		818.39	19.02	44898	310	
КА Starlink-4048	2022-062K / 52839		2	6.5 ± 1.3		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4049	2022-062L / 52840		1	6.5 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4208	2022-062Q / 52844		2	7.3 ± 0.5		95.44	53.22	541	538	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-4202	2022-062U / 52848		1	5.9 ± 0.2		95.44	53.22	541	538	
2 ст. РН LauncherOne	2022-074C / 52946		3	5.5 ± 0.3		93.75	45.00	491	426	
КА Starlink-4293	2022-076D / 52989		2	6.7 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-4286	2022-076E / 52990		2	6.9 ± 0.3		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-4285	2022-076F / 52991		2	7.0 ± 0.5		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-4203	2022-076AM / 53021		1	7.7 ± 0.1		93.72	53.22	458	456	
КА Starlink-4284	2022-076AP / 53023		1	7.6 ± 0.1		93.69	53.22	456	454	
КА Starlink-4289	2022-076AQ / 53024		1	7.6 ± 0.0		93.71	53.22	457	455	
КА Starlink-4119	2022-076AS / 53026		1	7.8 ± 0.1		93.74	53.22	459	456	
КА Starlink-4160	2022-076AW / 53030		1	7.6 ± 0.1		93.65	53.22	454	452	
КА Starlink-4115	2022-076AY / 53032		1	7.5 ± 0.1		93.63	53.22	453	451	
3 ст. РН CZ-3B	2022-078B / 53101		1	3.7 ± 0.2		578.33	27.14	33083	148	
КА Starlink-4063	2022-083A / 53132		1	8.3 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4154	2022-083B / 53133		1	7.7 ± 0.2		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-4150	2022-083C / 53134		1	8.1 ± 0.1		95.44	53.21	541	538	
КА Starlink-4023	2022-083D / 53135		2	7.8 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	

КО	Междунар. обознач. / № CSpOC	Тип КО	По информации БД ММТ			Элементы орбиты (по данным Космических сил США или по данным независимых наблюдателей)				ЭПР, $м^2$
			Кол. проводок в БД ММТ	Средний приведен-ный блеск	Периодичность изменения блеска	Период, мин.	Наклонение, °	Выс. апогея, км	Выс. перигея, км	
КА Starlink-4145	2022-083F / 53137		1	8.1 ± 0.1		95.44	53.22	541	539	
КА Starlink-4185	2022-083H / 53139		1	8.2 ± 0.1		95.44	53.22	541	538	
КА Starlink-4170	2022-083J / 53140		2	7.8 ± 0.3		95.44	53.22	541	538	
РБ Centaur РН Atlas-5	2022-092B / 53356		6	3.0 ± 0.3	период 119.91 с	721.68	16.35	35351	5196	
неидентиф. КО	/ 270009		1	8.3 ± 0.3		762.13	55.13	21267	21254	

Примечание:

* - Проводка состоит из полутеневых засечек, приведенный средний блеск не определен.

4. Оценка состояния КА с быстровращающимися внешними антеннами

Выполняемые с помощью системы ММТ наблюдения демонстрируют, 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.

В таблице 2 представлены сведения по КА с быстровращающимися внешними антеннами (по состоянию на 1.09.2022). Приводятся описание компонентов полезной нагрузки спутников с быстровращающимися антеннами, данные по размерам вращающихся конструктивных элементов, информация о номинальных скоростях их вращения. По каждому КА приводится обобщенная информация из БД ММТ (количество проводок, полученных за все время наблюдения, средний приведенный блеск и его вариация, определенный по измерениям период изменения блеска). Также приведены данные о количестве суток, прошедшем с момента получения системой ММТ последней проводки по каждому из представленных КА, и количество суток с момента последнего подтверждения системой ММТ номинальной скорости вращения быстровращающейся внешней антенны КА.

Подробное описание каждого из представленных в таблице спутников приводится в разделе 4 информационно-аналитического отчета «Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ. Результаты анализа фотометрической информации по космическим объектам на околоземных орбитах. Декабрь 2018 года» (http://mmt9.ru/wp-content/uploads/report/%D0%9C%D0%9C%D0%A2_2018_12.pdf).

В таблице 3 приведена информация по количеству проводок, полученных системой ММТ по каждому из рассматриваемых активных КА с быстровращающимися внешними антеннами за последние 12 месяцев. Указано общее количество проводок, полученное в течение каждого месяца по каждому КА, и количество проводок, в которых подтверждена номинальная скорость вращения быстровращающейся внешней антенны.

Таблица 2. Информация по КА с быстровращающимися внешними антеннами (по состоянию на 1.09.2022)

КА	Междунар. обознач. / № CSpOC	Описание элемента ПН с вращающимся конструктивным элементом			Информация из БД ММТ					Примечание
		Название ПН	Размер антенны, м	Скорость вращения, об/мин (секунд на 1 оборот)	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтвержд. период. блеска, суток	
КА USA-181 DEB (NOSS 3-3C)	2005-004C / 28541	?	?	?	201	4.4 ± 0.5	2.10	37	54	«замыкающий» КА пары NOSS 3-3
КА USA-194 DEB (NOSS 3-4C)	2007-027C / 31708				173	4.5 ± 0.5	2.08	2	199	«замыкающий» КА пары NOSS 3-4, периодич. блеска не наблюдается с февр.2022
КА USA-229 (NOSS 3-5A)	2011-014A / 37386				191	4.0 ± 0.6	2.10	4	9	«замыкающий» КА пары NOSS 3-5
КА USA-238 (NOSS 3-6A)	2012-048A / 38758				182	4.0 ± 0.6	2.09	2	2	«замыкающий» КА пары NOSS 3-6
КА USA-264 DEB (NOSS 3-7R)	2015-058R / 40981				164	3.9 ± 0.5	2.08	1	59	«замыкающий» КА пары NOSS 3-7
КА USA-274 (NOSS 3-8A)	2017-011A / 42058				142	3.9 ± 0.5	2.10	34	34	«замыкающий» КА пары NOSS 3-8
DMSP 5D-2 F15 (USA 147)	1999-067A / 25991	радиометр SSM/I (SSMIS)	0.66 x 0.61	31.9 (1.88)	130	5.2 ± 0.8	1.90	251	542	КА неуправляемо вращается с октября 2020 года
DMSP 5D-3 F16 (USA 172)	2003-048A / 28054				123	5.5 ± 0.6		176		вероятно, радиометр SSMIS не работает
DMSP 5D-3 F17 (USA 173)	2006-050A / 29522				53	5.3 ± 0.8	1.90	246	1421	периодич. блеска не наблюдается с окт.2018
DMSP 5D-3 F18 (USA 210)	2009-057A / 35951				74	5.9 ± 1.1	1.89	162	162	периодич. блеска не наблюдалась с нояб.2016 по сент. 2021
DMSP 5D-3 F19 (USA 249)	2014-015A / 39630				49	5.2 ± 0.8	1.90	237	2460	КА не функционирует с августа 2017 года

КА	Междунар. обознач. / № CSpOC	Описание элемента ПН с вращающимся конструктивным элементом			Информация из БД ММТ					Примечание
		Название ПН	Размер антенны, м	Скорость вращения, об/мин (секунд на 1 оборот)	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтвержд. период. блеска, суток	
Fengyun-3B	2010-059A / 37214	радиометр MWRI	0.9774 x 0.8970	35.3 (1.7±0.1)	139	4.7 ± 0.7	1.65	197	197	периодич. блеска не наблюдалась с авг.2019 по янв. 2022
Fengyun-3C	2013-052A / 39260				102	4.5 ± 0.6	1.80	194	1096	периодич. блеска не наблюдается с сент.2019
Fengyun-3D	2017-072A / 43010				74	4.7 ± 0.5	1.80	2	73	
Fengyun-3E	2021-062A / 49008	скаттерометр WindRad			7	4.4 ± 0.4	5.20	199	199	
Haiyang-2A	2011-043A / 37781	микроволновой скаттерометр	1.0	15.8 (3.8) 17.5 (3.4)	55	5.4 ± 0.6	3.77	197	986	вероятно, скаттерометр не работает с янв. 2020
Haiyang-2B	2018-081A / 43655				36	4.8 ± 0.5	3.77	214	214	
Haiyang-2C	2020-066A / 46469				41	4.9 ± 0.4	3.80	18	18	
Haiyang-2D	2021-043A / 48621				27	4.9 ± 0.4	3.80	21	21	
Yunhai-1-01	2016-068A / 41857	микроволновой радиометр	?	?	46	4.7 ± 0.6	3.34	214	214	
Yunhai-1-02	2019-063A / 44547				48	4.5 ± 0.5	3.33	200	546	КА частично разрушился 18 марта 2021
Coriolis	2003-001A / 27640	радиометр Windsat	1.83	31.6 (1.9)	61	6.3 ± 0.9	1.90	214	214	
GCOM W1	2012-025A / 38337	радиометр AMSR-2	2.0	40 (1.5)	108	5.5 ± 0.6	1.50	33	33	
GPM	2014-009C / 39574	радиометр GMI	1.22	32 (1.88)	36	3.6 ± 0.6	1.87	82	374	

КА	Междунар. обознач. / № CSpOC	Описание элемента ПН с вращающимся конструктивным элементом			Информация из БД ММТ					Примечание
		Название ПН	Размер антенны, м	Скорость вращения, об/мин (секунд на 1 оборот)	Количество проводок в БД ММТ	Средний приведенный блеск	Период изменения блеска, секунд	Давность последней полученной проводки, суток	Давность последней проводки с подтвержд. период. блеска, суток	
SMAP	2015-003A / 40376	радиометр-радиолокатор	6.0	14.6 (4.1)	45	4.2 ± 0.8	4.12	214	214	
SCATSat-1	2016-059H / 41790	скаттерометр OSCAT-2	1.0	20.5 (2.93)	55	7.1 ± 0.6	2.91	1	1	
CFOSAT	2018-083A / 43662	скаттерометр SCAT	1.2 x 0.4	17.1 (3.5)	32	6.2 ± 0.8	17.45	246	309	периодич. блеска не наблюдалась с февр.2020 по окт. 2021

Таблица 3. Поступление измерительной информации системы ММТ по активн. КА с быстровращающимися элементами конструкции за последние 12 месяцев

КА	Междунар. обознач. / № CSpOC	Количество проводок, полученных системой ММТ (из них – проводок с определенной величиной фотометрического периода)											
		сент. 2021	окт. 2021	нояб. 2021	дек. 2021	янв. 2022	февр. 2022	март 2022	апр. 2022	май 2022	июнь 2022	июль 2022	авг. 2022
КА USA-181 DEB (NOSS 3-3C)	2005-004C / 28541	3 (1)	2 (1)		3 (1)	1 (1)	1 (0)		1 (0)	1 (0)	5 (5)	3 (1)	
КА USA-194 DEB (NOSS 3-4C)	2007-027C / 31708	1 (0)	3 (0)	3 (0)	2 (0)	1 (0)	2 (1)	1 (0)	2 (0)	3 (0)	1 (0)		3 (0)
КА USA-229 (NOSS 3-5A)	2011-014A / 37386		3 (2)						1 (0)	3 (2)	3 (1)	2 (0)	5 (2)
КА USA-238 (NOSS 3-6A)	2012-048A / 38758	2 (0)	1 (0)	3 (1)	1 (0)	1 (1)	3 (1)	1 (1)	2 (0)	2 (0)		3 (1)	3 (2)
КА USA-264 DEB (NOSS 3-7R)	2015-058R / 40981	1 (0)	2 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)			2 (1)	2 (0)	4 (0)	2 (1)	1 (0)
КА USA-274 (NOSS 3-8A)	2017-011A / 42058	2 (1)		2 (2)	1 (1)	1 (0)	1 (0)	1 (1)	2 (1)		4 (0)	3 (2)	
DMSP 5D-2 F15 (USA 147)	1999-067A / 25991	1 (0)	2 (0)	5 (1)*	3 (0)*								
DMSP 5D-3 F16 (USA 172)	2003-048A / 28054	2 (0)	4 (0)	4 (0)	3 (0)		1 (0)	1 (0)					
DMSP 5D-3 F17 (USA 173)	2006-050A / 29522		1 (0)	4 (0)	4 (0)								
DMSP 5D-3 F18 (USA 210)	2009-057A / 35951	2 (2)	5 (0)		2 (0)		1 (0)	4 (3)					
Fengyun-3B	2010-059A / 37214		2 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (1)						
Fengyun-3C	2013-052A / 39260	2 (0)	6 (0)			1 (0)	1 (0)						
Fengyun-3D	2017-072A / 43010								3 (3)		3 (1)		2 (0)
Fengyun-3E	2021-062A / 49008			2 (2)	3 (2)	1 (1)	1 (1)						

КА	Междунар. обознач. / № CSpOC	Количество проводок, полученных системой ММТ (из них – проводок с определенной величиной фотометрического периода)											
		сент. 2021	окт. 2021	нояб. 2021	дек. 2021	янв. 2022	февр. 2022	март 2022	апр. 2022	май 2022	июнь 2022	июль 2022	авг. 2022
Haiyang-2A	2011-043A / 37781			2 (0)	3 (0)	1 (0)	1 (0)						
Haiyang-2B	2018-081A / 43655		1 (1)	1 (1)	2 (2)	2 (2)							
Haiyang-2C	2020-066A / 46469	2 (2)		1 (1)	2 (2)			2 (2)	3 (3)		2 (2)	3 (3)	3 (3)
Haiyang-2D	2021-043A / 48621	2 (1)		1 (1)	1 (1)		3 (2)	2 (2)	1 (1)	1 (1)		5 (5)	1 (1)
Yunhai-1-01	2016-068A / 41857				1 (1)	1 (1)							
Yunhai-1-02	2019-063A / 44547		7 (0)				1 (0)						
Coriolis	2003-001A / 27640			2 (2)	2 (2)	3 (3)							
GCOM W1	2012-025A / 38337									4 (4)	3 (3)	2 (2)	
GPM	2014-009C / 39574			1 (0)					1 (0)		1 (0)		
SMAP	2015-003A / 40376			1 (1)	2 (2)	2 (2)							
SCATSat-1	2016-059H / 41790	1 (1)	2 (2)					1 (1)	1 (1)				3 (3)
CFOSAT	2018-083A / 43662		2 (1)	2 (0)	1 (0)								

Примечание:

* - КА дестабилизирован, неуправляемо вращается

5. 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, Orbcomm и Starlink.

Развертывание указанных космических систем начиналось в 1997-98 гг. (системы Starlink и OneWeb развертываются с 2019 года). В процессе их эксплуатации и модернизации происходило накопление на орбитах работающих и прекративших функционирование КА, а также КА, относящихся к разным поколениям.

За время работы 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.

5.1 НССС Iridium

Система Iridium предназначена для обеспечения персональной мобильной связи. По состоянию на 1.09.2022 на орбитах находится 29 КА типа Iridium 1-го поколения (все нефункционирующие) и 75 КА типа Iridium 2-го поколения (из них 67 активных КА и 8 резервных КА в режиме орбитального хранения). Рабочими орбитами для КА НССС Iridium являются околокруговые орбиты высотой 780 километров (период 100.4 минуты) с наклонением 86.4°. Во время активной эксплуатации КА Iridium находятся в режиме трехосной стабилизации.

По 165 КА типа Iridium (в т.ч. по 104 КА, по состоянию на 1.09.2022 находящимся на орбитах) в БД ММТ имеется фотометрическая информация. В табл. 4 и табл. 5 приведены обобщенные данные по КА Iridium по состоянию на 1.09.2022.

Таблица 4. Сводные данные по КА типа Iridium 1-го покол. (на 1.09.2022)

Статус КА	**Количество КА**		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	0	0	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	29	29	11
КА неясного статуса	0	0	0
Всего КА, находящихся на орбите	29	29	11
Прекратившие баллистическое существование	66	61 *	2

Примечание:

* – 5 КА типа Iridium 1-го поколения прекратили существование до начала работы системы ММТ

Таблица 5. Сводные данные по КА типа Iridium 2-го покол. (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	67	67	0
Резервные в режиме орбитального хранения	8	8	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	0	0	0
КА неясного статуса	0	0	0
Всего КА, находящихся на орбите	75	75	0
Прекратившие баллистическое существование	0	0	0

На рис. 2 показано распределение КА типа Iridium по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022). Из диаграммы видно, что для 59 из 104 находящихся на орбите КА типа Iridium в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

Рисунок 2. Распределение находящихся на орбите КА типа Iridium по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022)

5.2 НССС Globalstar

Система Globalstar предназначена для обеспечения мобильной спутниковой связи. По состоянию на 1.09.2022, на орбитах находится 60 КА типа Globalstar 1-го поколения (из них 6 активных КА, 52 выведенных из состава системы КА, 2 КА неясного статуса) и 25 КА Globalstar 2-го поколения (24 активных КА, 1 КА неясного статуса). Рабочими орбитами для КА типа Globalstar являются 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. В табл. 6 и табл. 7 приведены обобщенные данные по КА типа Globalstar 1-го и 2-го поколений по состоянию на 1.09.2022.

Таблица 6. Сводные данные по КА типа Globalstar 1-го покол. (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	6	6	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	52	52	38
КА неясного статуса	2	2	0
Всего КА, находящихся на орбите	60	60	38
Прекратившие баллистическое существование	0	0	0

Таблица 7. Сводные данные по КА типа Globalstar 2-го покол. (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	24	24	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	0	0	0
КА неясного статуса	1	1	0
Всего КА, находящихся на орбите	25	25	0
Прекратившие баллистическое существование	0	0	0

На рис. 3 показано распределение КА типа Globalstar по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022). Из диаграммы видно, что для 70 из 85 находящихся на орбите КА типа Globalstar в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

Рисунок 3. Распределение КА типа Globalstar по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022)

5.3 НССС Orbcomm

Система Orbcomm обеспечивает передачу данных по каналам связи «машина-машина» (межмашинное взаимодействие). По состоянию на 1.09.2022, на орбитах находится 35 КА типа Orbcomm 1-го поколения (все нефункционирующие), 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. 8…10 приведены обобщенные данные по КА Orbcomm различных типов по состоянию на 1.09.2022.

Таблица 8. Сводные данные по КА типа Orbcomm 1-го покол. (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	0	0	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	35	35	3
КА неясного статуса	0		0
Всего КА, находящихся на орбите	35	35	3
Прекратившие баллистическое существование	0	0	0

Таблица 9. Сводные данные по КА типа Orbcomm-QL (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	0	0	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	6	6	0
КА неясного статуса	0	0	0
Всего КА, находящихся на орбите	6	6	0
Прекратившие баллистическое существование	0	0	0

Таблица 10. Сводные данные по КА типа Orbcomm 2-го покол. (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	16	16	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	0	0	0
Нефункционирующие	1	1	0
КА неясного статуса	0	0	0
Всего КА, находящихся на орбите	17	17	0
Прекратившие баллистическое существование	1	0 *	0

Примечание:

* – 1 КА типа Orbcomm 2-го поколения прекратил существование до начала работы системы ММТ

На рис. 4 показано распределение КА Orbcomm по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022). Из диаграммы видно, что для 48 из 58 находящихся на орбите КА Orbcomm в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

Рисунок 4. Распределение КА Orbcomm по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022)

5.4 НССС Starlink

Система Starlink предназначена для предоставления доступа к сети Интернет. По состоянию на 1.09.2022, на орбитах находится 2940 КА Starlink (из них 2356 активных КА в составе системы, 15 КА выведены из состава системы, 457 КА на этапе ввода в эксплуатацию, 112 КА неясного статуса). На начальном этапе развертывания системы рабочими орбитами КА Starlink являются околокруговые орбиты высотой 550 километров (период 95.65 минуты) с наклонением 53°. Часть КА Starlink запущены на орбиты с наклонением 70° и 97.5°. Во время активной эксплуатации в составе системы КА Starlink находятся в режиме трехосной стабилизации.

По 2497 КА Starlink (в т.ч. по 2300 из 2940 находящихся на орбитах) в БД ММТ имеется фотометрическая информация. Периодическое изменение блеска спутников не выявлено. В табл. 11 приведены обобщенные данные по КА Starlink по состоянию на 1.09.2022.

Таблица 11. Сводные данные по КА типа Starlink (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	2356	2171	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	457	10	0
Нефункционирующие	15	13	0
КА неясного статуса	112	106	0
Всего КА, находящихся на орбите	2940	2300	0
Прекратившие баллистическое существование	234	197	0

На рис. 5 показано распределение КА типа Starlink по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022). Из диаграммы видно, что для 1160 из 2940 находящихся на орбите КА типа Starlink в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

Рисунок 5. Распределение КА типа Starlink по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022)

5.5 НССС OneWeb

Система OneWeb предназначена для предоставления доступа к сети Интернет. По состоянию на 1.09.2022, на орбитах находится 426 КА OneWeb (из них 190 активных КА в составе системы, 225 КА на этапе ввода в эксплуатацию и 11 КА неясного статуса). Рабочими орбитами КА OneWeb являются околокруговые орбиты высотой 1220

километров (период 109 минут) с наклонением 87.9°. Во время активной эксплуатации в составе системы КА OneWeb находятся в режиме трехосной стабилизации.

По всем КА OneWeb в БД ММТ имеется фотометрическая информация. Периодическое изменение блеска спутников не выявлено. В табл. 12 приведены обобщенные данные по КА OneWeb по состоянию на 1.09.2022.

Таблица 12. Сводные данные по КА типа OneWeb (на 1.09.2022)

Статус КА	Количество КА		
		в т.ч. КА, внесенных в БД ММТ	
			из них КА с выявленной периодичностью блеска
Работающие в составе системы	190	190	0
Резервные в режиме орбитального хранения	0	0	0
На этапе ввода в эксплуатацию	225	225	0
Нефункционирующие	0	0	0
КА неясного статуса	11	11	0
Всего КА, находящихся на орбите	426	426	0
Прекратившие баллистическое существование	2	2	0

На рис. 6 показано распределение КА типа OneWeb по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022). Из диаграммы видно, что для 317 из 426 находящихся на орбите КА типа OneWeb в БД ММТ имеются фотометрические измерения не старше 30 суток.

Рисунок 6. Распределение КА типа OneWeb по давности последней полученной системой ММТ проводки (по состоянию на 1.09.2022)

6. Непривязанные измерения системы ММТ, полученные в августе 2022 года

Привязка угловых координат, получаемых в измерениях системы ММТ, к находящимся на околоземных орбитах космическим объектам выполняется по открытым источникам орбитальной информации (двустрочные элементы TLE, выдаваемые Космическими силами США, и данные независимых наблюдателей). При этом часть проводок привязать к известным КО не удается.

В таблице 12 представлено 98 непривязанных проводок, полученных системой ММТ в течение августа 2022 года. Приводится следующая информация о представленных непривязанных проводках:

- Дата (UTC) получения проводки.
- Номер проводки по системе обозначений, принятой в БД ММТ.
- Длительность проводки в минутах.
- Величина измеренной дуги в градусах.
- Средний измеренный блеск по всем засечкам в проводке.
- Величина периода изменения блеска.

Дополнительно в таблице приводятся оценочные параметры орбит измеренных неидентифицированных космических объектов:

- Среднее движение, витков в сутки.
- Наклонение плоскости орбиты КО к экватору.
- Долгота восходящего узла.

Оценка параметров орбит неидентифицированных КО выполнена по единичным коротким проводкам, полученные значения являются приблизительными и могут отличаться от фактических значений.

Проводки в таблице упорядочены по возрастанию оценочной величины наклонения.

Таблица 13. Непривязанные проводки системы ММТ, полученные в августе 2022 года

Дата и время, UTC	Учетный номер проводки	Длительность проводки, минут	Измеренная дуга, °	Средний блеск по всем засечкам	Период изменения блеска, с	Оценочные параметры орбит КО		
						среднее движение (вит./сут.)	наклонение, °	ДВУ, °
06.08.2022 19:08	20865147	0.23	6.5	6.6		14.8	40.0	177.0
29.08.2022 01:32	21243301	0.45	18.9	6.7		15.4	45.0	279.1
30.08.2022 00:50	21244868	0.48	24.1	8.7		15.4	45.0	273.7
27.08.2022 19:29	21240105	1.12	7.5	9.1	*	9.9	46.2	187.8
15.08.2022 18:23	21222467	0.96	5.4	9.6	9.30	8.8	46.2	161.0
14.08.2022 18:55	21044768	0.51	10.6	6.5		13.7	46.3	231.9
21.08.2022 19:05	21226615	1.27	6.4	9.6	4.70	9.4	46.3	148.2
28.08.2022 19:47	21242146	1.00	7.1	9.2	7.20	9.8	46.5	187.3
21.08.2022 17:40	21226213	0.61	9.8	8.9	*	12.7	47.2	149.6
14.08.2022 18:56	21044773	0.30	8.7	6.7		14.4	47.7	160.0
19.08.2022 18:15	21225443	3.68	17.3	8.8	*	10.4	48.1	152.1
09.08.2022 20:19	20869589	6.89	32.5	8.8	45.00	9.7	48.1	177.0
15.08.2022 19:33	21223146	1.19	4.7	8.8	*	11.6	48.2	162.5
13.08.2022 17:51	21001889	2.38	31.6	8.7	51.80	9.4	48.2	167.7
10.08.2022 19:14	20908401	0.85	8.8	8.5	*	11.5	48.3	173.1
03.08.2022 23:34	20862374	1.73	17.4	9.4	3.53	1.9	48.4	299.0
05.08.2022 22:36	20863260	2.14	23.1	9.1	3.74	3.8	48.5	298.1
26.08.2022 17:28	21237247	0.93	22.4	9.1	*	14.0	48.6	216.7
16.08.2022 22:40	21223918	1.15	5.0	9.1	2.20	15.0	50.0	230.5
23.08.2022 23:11	21231619	5.00	21.6	9.0	2.33	10.4	50.4	214.3
27.08.2022 00:20	21238781	0.37	6.2	8.4	10.70	12.9	50.4	340.4
26.08.2022 21:40	21238718	0.44	1.8	9.4		7.8	50.5	207.5
15.08.2022 21:13	21223540	8.05	30.9	8.6	2.21	9.5	50.6	232.8
02.08.2022 23:54	20859271	1.20	7.1	6.9	*	8.2	51.2	339.7
11.08.2022 23:10	20913182	1.24	11.2	6.5		11.2	51.2	324.6
02.08.2022 20:58	20858519	0.79	7.4	6.0		11.1	51.9	233.4
14.08.2022 01:08	21044388	0.75	32.7	6.9		15.2	53.0	337.9
17.08.2022 00:27	21224538	0.25	11.4	5.3		15.2	53.0	324.5
31.08.2022 01:01	21247560	0.23	9.5	5.3		15.1	53.0	260.9
31.08.2022 01:04	21247572	0.60	26.7	5.2		15.1	53.0	260.9
31.08.2022 01:06	21247587	0.60	26.2	3.6		15.2	53.0	260.1
31.08.2022 01:06	21247594	0.59	26.8	3.2		15.2	53.0	260.9
31.08.2022 01:07	21247602	0.48	21.9	3.2		15.2	53.0	260.9

Дата и время, UTC	Учетный номер проводки	Длительность проводки, минут	Измеренная дуга, °	Средний блеск по всем засечкам	Период изменения блеска, с	Оценочные параметры орбит КО		
						среднее движение (вит./сут.)	наклонение, °	ДВУ, °
31.08.2022 01:09	21247642	0.45	19.0	4.9		15.1	53.0	260.9
31.08.2022 01:09	21247645	0.43	19.1	4.7		15.1	53.0	260.9
31.08.2022 01:11	21247661	0.24	9.6	3.6		15.2	53.0	260.0
01.09.2022 00:51	21275393	0.54	23.2	4.7		15.1	53.0	256.4
01.09.2022 00:52	21275409	0.74	30.9	3.7		15.2	53.0	255.6
01.09.2022 00:54	21275425	0.70	29.9	2.9		15.2	53.0	256.4
01.09.2022 00:56	21275432	0.67	26.8	3.4		15.2	53.0	255.5
01.09.2022 00:56	21275440	0.76	31.1	4.4		15.1	53.0	256.4
10.08.2022 18:44	20908311	0.18	7.7	5.7		15.2	53.2	141.2
10.08.2022 18:48	20908345	0.24	9.8	4.7		15.2	53.2	141.3
13.08.2022 18:19	21002402	0.24	11.8	6.5		15.3	53.2	228.6
22.08.2022 17:33	21227000	0.71	33.4	6.0		15.5	53.2	229.5
22.08.2022 17:35	21227079	0.57	27.0	6.0		15.5	53.2	229.4
22.08.2022 17:37	21227107	0.45	21.3	6.1		15.5	53.2	229.4
22.08.2022 17:38	21227134	0.25	12.4	6.2		15.5	53.2	229.4
22.08.2022 17:39	21227158	0.25	12.3	6.3		15.5	53.2	229.4
22.08.2022 17:39	21227175	0.28	14.1	6.4		15.5	53.2	229.4
22.08.2022 18:25	21227628	0.55	21.8	6.2		15.1	53.2	157.2
22.08.2022 18:31	21227682	0.57	23.5	3.6		15.1	53.2	157.2
27.08.2022 17:57	21239779	1.50	9.8	8.9	*	5.6	54.0	175.9
12.08.2022 19:26	20914940	1.62	7.7	8.7	*	8.1	54.3	175.0
02.08.2022 23:48	20859229	0.28	7.2	8.5		14.9	54.9	320.5
22.08.2022 18:24	21227605	0.31	10.6	8.3		14.9	55.0	237.9
14.08.2022 22:38	21154345	0.64	3.7	4.6		10.4	61.4	326.5
23.08.2022 00:41	21229055	0.40	17.4	7.8		15.5	61.5	349.1
26.08.2022 17:37	21237358	0.72	22.1	8.4		14.7	61.6	124.9
02.08.2022 21:58	20858611	0.40	8.0	5.9		14.3	62.2	280.1
25.08.2022 17:33	21236067	0.65	22.2	7.3	*	14.8	62.8	126.2
30.08.2022 20:04	21246650	0.73	9.1	9.4	*	11.8	62.8	293.1
13.08.2022 01:16	21001614	0.55	19.7	4.9		15.3	62.8	228.7
13.08.2022 18:20	21002431	0.53	3.5	8.7		11.0	63.0	133.2
24.08.2022 17:29	21232807	0.23	8.6	6.8		14.8	63.9	127.3
02.08.2022 23:02	20858957	0.60	22.0	4.9		14.8	64.0	189.2
13.08.2022 23:52	21043922	0.63	11.3	8.4		13.9	64.2	212.2

Дата и время, UTC	Учетный номер проводки	Длительность проводки, минут	Измеренная дуга, °	Средний блеск по всем засечкам	Период изменения блеска, с	Оценочные параметры орбит КО		
						среднее движение (вит./сут.)	наклонение, °	ДВУ, °
17.08.2022 01:07	21224943	0.35	15.7	7.8		15.1	64.8	230.3
27.08.2022 00:31	21238856	0.42	8.2	5.8	1.72	13.8	65.9	223.7
27.08.2022 00:30	21238842	0.19	3.2	7.2		13.0	69.1	222.9
12.08.2022 00:42	20914169	0.59	18.1	3.7		14.8	70.0	350.8
12.08.2022 00:43	20914179	0.50	15.5	7.5		14.8	70.0	350.8
16.08.2022 23:52	21224266	0.26	11.5	4.4		15.0	70.0	343.2
12.08.2022 00:23	20913750	0.73	19.3	6.0	0.50	14.6	70.1	349.3
27.08.2022 00:20	21238786	0.57	20.4	8.1		14.8	72.0	3.6
27.08.2022 00:30	21238844	0.41	7.1	5.1		13.2	74.5	9.1
27.08.2022 01:10	21239091	0.40	3.9	6.9	*	11.9	74.9	226.0
27.08.2022 00:29	21238843	0.93	13.0	6.8		12.7	75.0	9.5
02.08.2022 22:03	20858650	0.39	7.4	7.1		13.5	79.4	149.2
02.08.2022 20:56	20858509	0.29	5.6	4.0		13.1	84.5	298.6
02.08.2022 20:58	20858518	0.35	5.2	6.9		12.6	84.5	129.5
27.08.2022 18:39	21240027	0.65	20.2	8.8		14.6	89.7	291.8
10.08.2022 19:16	20908425	0.30	10.6	7.9		14.6	89.9	287.7
13.08.2022 19:00	21013909	0.53	17.5	7.2		14.6	89.9	287.6
14.08.2022 18:38	21044675	0.29	12.3	4.3		15.3	91.8	100.7
25.08.2022 00:45	21235032	0.58	11.1	8.0		14.3	94.6	202.0
27.08.2022 16:59	21239156	0.57	25.9	5.0		15.5	97.2	276.8
02.08.2022 21:54	20858597	0.39	5.8	5.5		13.2	97.5	316.5
25.08.2022 16:59	21235603	0.40	15.4	6.1		14.9	97.8	278.3
13.08.2022 01:12	21001562	1.03	32.8	6.4	*	14.8	98.3	29.3
13.08.2022 23:46	21043841	0.60	16.1	6.7	*	14.8	98.3	13.2
23.08.2022 23:59	21231851	0.53	16.8	6.5	*	14.8	98.3	23.6
25.08.2022 17:41	21236152	0.58	21.9	7.3	*	14.9	98.3	90.9
10.08.2022 00:02	20870722	0.26	10.9	7.0		14.8	98.3	9.1
24.08.2022 01:28	21232422	0.64	24.0	5.6	*	14.8	98.4	40.8
29.08.2022 01:24	21243251	0.82	21.8	7.2	*	14.8	98.4	46.0
22.08.2022 17:36	21227106	1.62	36.0	3.4		13.8	106.0	289.4
03.08.2022 00:27	20859479	0.23	6.5	8.1		14.3	120.8	152.1

Примечание:

* - в проводке присутствует признак периодического изменения блеска, но величина периода не определена

Заключение

1. В августе 2022 года Казанским (Приволжским) Федеральным Университетом, совместно с САО РАН и АО «НПК СПП», продолжена эксплуатация многоканального мониторингового телескопа ММТ.

В течение августа 2022 года системой ММТ отработано (полностью или частично) 27 ночей, получены измерения по 3747 КО на околоземных орбитах. Информация по 2600 иностранным КО, измеренным в течение августа, представлена в открытой публичной части БД ММТ.

В августе 2022 года в БД ММТ внесен 171 новый (ранее не измерявшийся системой ММТ) космический объект. Из этого количества новых КО, внесенных в БД ММТ в августе 2022 года, 164 объекта являются иностранными КО; информация по ним представлена в открытой публичной части БД ММТ.

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

- 149 КО – космические аппараты (в т.ч. 131 КА Starlink и 5 КА OneWeb);
- 6 КО – ступени РН и РБ;
- 5 КО – фрагменты;
- 4 КО – тип не определен.

Распределение вновь внесенных в БД ММТ иностранных объектов по типам орбит:

- 1 КО геостационарной области;
- 6 КО на высокоэллиптических орбитах;
- 1 КО на средневысотной орбите;
- 156 КО на низких орбитах.

Для трех объектов из 164 иностранных КО, внесенных в открытую часть БД ММТ в течение августа, по результатам выполненных измерений определена величина фотометрического периода.

2. Фотометрическая информация, полученная системой ММТ в августе 2022 года, подтверждает работоспособность аппаратуры с быстровращающимися антеннами в составе следующих иностранных космических аппаратов:

- КА **NOSS 3-5A (2011-014A, 37386)**;
- КА **NOSS 3-6A (2012-048A, 38758)**;
- КА **Haiyang-2C (2020-066A, 46469)**;
- КА **Haiyang-2D (2021-043A, 48621)**;
- КА **SCATSat-1 (2016-059H, 41790)**.

3. В течение августа 2022 года при помощи системы ММТ получена фотометрическая информация по КА, входящим в состав низкоорбитальных систем спутниковой связи Iridium, Globalstar, Orbcomm, Starlink и OneWeb.

В августе получены измерения по 59-nb из 104-х находящихся на орбитах КА Iridium; по 70-ти из 85-ти находящихся на орбитах КА типа Globalstar; по 48-ми из 58-ми находящихся на орбитах КА Orbcomm; по 1160-ти из 2940-ка находящихся на орбитах КА Starlink; по 317-ти из 426-ти находящихся на орбитах КА OneWeb.

4. В августе 2022 года системой ММТ получено 98 проводок, которые на основе доступных источников орбитальной информации не удалось привязать к известным космическим объектам.

Список источников

1. Интернет-сайт http://mmt9.ru/
2. «Фотометрия ИСЗ на ММТ-9 в течение трех лет» *Каткова Е.В. и др.* Доклад на конференции «Околоземная астрономия-2017».
3. Интернет-сайт https://www.space-track.org
4. Интернет-сайт http://spacedata.vimpel.ru
5. Интернет-сайт https://planet4589.org/space/gcat (McDowell, Jonathan C., 2020. General Catalog of Artificial Space Objects)
6. Интернет-сайт http://celestrak.com
7. Интернет-сайт http://www.rod.sladen.org.uk/iridium.htm