

УДК 520.88

**ПРОБЛЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЯХ
В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ.
ПЛАНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ. РОЛЬ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Шилин В. Д.¹, Лукьянов А. П.², Молотов И. Е.³, Агапов В. М.⁴, Колесса А. Е.⁵

PROBLEMS OF PREVENTION OF DANGEROUS SITUATIONS IN NEAR-EARTH SPACE, PLANS AND OPPORTUNITIES, ROLE OF OPTICAL OBSERVATIONS

Shilin V. D., Lukyanov A. P., Molotov I. E., Agapov V. M., Kolessa A. E.

The main objective of the system warning of dangerous situations in near-Earth space, its current state and development prospects are considered. The possibility of optical observations and suggested ways of increasing their contribution of information to these objectives are discussed in details.

Keywords: low-orbit satellites, high elliptical satellites, network of telescopes, image processing, task management.

Введение

Заселенность околоземного космического пространства достигла такого уровня, что столкновения космических объектов стали реальностью. Кроме того, техногенные космические объекты рано или поздно сходят с орбит и в некоторых случаях не сгорают в верхних слоях атмосферы, а падают на землю. Желание избежать таких отрицательных последствий освоения космоса требует разработки и создания систем предупреждения и парирования возникающих угроз [1].

1. Космические угрозы РФ

Рассмотрим различные угрозы РФ в космосе и из космоса.

1. Военные угрозы в космосе — угрозы выводу в космос, существованию и функционированию КА в космосе, угрозы для КА от иностранных КА военного назначения.

2. Невоенные угрозы — техногенные угрозы в космосе, например, угрозы для КА и космонавтов от других иностранных и отечественных КА и от элементов космического мусора.

3. Естественные угрозы в космосе — угрозы для КА и космонавтов со стороны космической среды

4. Угрозы из космоса — исходящие из космоса угрозы населению и объектам и безопасности РФ

5. Военные угрозы из космоса — угрозы безопасности РФ со стороны космического вооружения иностранных государств (КА и КС военного и двойного назначения)

6. Техногенные угрозы из космоса — угрозы падения на Землю опасных КО, угрозы помех абонентам космической связи со стороны иностранных КА

7. Естественные угрозы для РФ из космоса — угрозы падения на Землю и на террито-

¹Шилин Виктор Дмитриевич, канд. техн. наук, главный конструктор системы контроля космического пространства РФ ОАО «МАК «Вымпел»»; e-mail: vimpel@vimpel.ru.

²Лукьянов Александр Петрович, д-р техн. наук, доцент кафедры информационных системы Московского физико-технического института, начальник сектора по сбору и обработке оптических наблюдений ОАО «МАК «Вымпел»»; e-mail: kikkolo@mail.ru.

³Молотов Игорь Евгеньевич, старший научный сотрудник Института прикладной математики им. М. В. Келдыша; e-mail: im62@mail.ru.

⁴Агапов Владимир Михайлович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Института прикладной математики им. М. В. Келдыша; e-mail: vladimir.agapov@gmail.com.

⁵Колесса Алексей Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры информационных системы Московского физико-технического института, начальник научно-технического отдела ОАО «МАК «Вымпел»», e-mail: kolessa@yandex.ru.

Таблица 1. Характеристики наблюдаемого космического мусора (экспертные оценки)

	Наименование характеристики	Желаемые значения характеристик	Достигнутые характеристики (2012 г.)		Прогнозируемые характеристики (2020 г.)	
			СККП США	СМКП РФ	СККП США	СМКП РФ
Для НОКО	Размеры контролируемых КО	> 1 см	> 10 см	> 20÷30 см	> 3÷5 см	> 7÷10 см
	Количество сопровождаемых КО	до 400000	9300	4000	~ 50000	~ 12000
	Ошибки прогнозирования опасных сближений КО	~ 10÷20 м	20÷40 м	100÷300 м	~ 20 м	20÷50 м
Для ГСКО	Размеры контролируемых КО	> 3 см	> 30÷50 см	> 40÷100 см	> 20 см	> 30 см
	Количество сопровождаемых КО	до 10000	1300	1200	до 3000	до 2000
	Ошибки прогнозирования опасных сближений КО	~ 10÷20 м	1÷3 км	3÷5 км	~ 1 км	~ 1 км
Для НГС ВОКО	Размеры контролируемых КО	> 3 см	> 30 см	> 40÷100 см	> 20 см	> 30 см
	Количество сопровождаемых КО	до 20 000	2 500	500	до 5 000	до 3 000
	Ошибки прогнозирования опасных сближений КО	~ 10÷20 м	3÷5 км	~ 20 км	~ 1÷3 км	~ 10 км

рию РФ опасных астероидов и комет; угрозы изменений солнечной активности.

2. Структура единой системы предупреждения и парирования космических угроз (ЕСПП) РФ

Посмотрим на задачу предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве в целом. Учитывая наличие общих средств и методов наблюдения различных космических объектов (искусственных и естественных) в НИР «Магистраль» (2012 г.) было предложено создать единую систему предупреждения и парирования (ЕСПП) угроз в космосе и из космоса. Перспективная ЕСПП должна включать как информационную компоненту, так и компоненту, позволяющую избегать (парировать) возможные угрозы.

3. Характеристики наблюдаемого космического мусора

В статье будет рассмотрен только один вид космических угроз — техногенные угро-

зы от космического мусора. Его основные характеристики представлены в табл. 1 совместно с текущими и прогнозируемыми возможностями его мониторинга национальной СМКП и СККП США.

Подробная схема связей информационных средств РФ, обеспечивающих в настоящее время решение задач предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве, приведена на рисунке.

В нижнем ряду схемы на рисунке показаны сенсоры (источники измерительной информации). Чуть выше расположены командные пункты систем МО, дающие вклад в наблюдение КО. Аббревиатурой ГИКЦ обозначен Государственный испытательный космический центр им. Г. Титова, а КОС НАКУ — квантово-оптические системы наземного автоматизированного комплекса управления. В среднем ряду находятся пункты отработки информации (командный пункт системы ККП, центры РАН и предприятий промышленности), а в верхнем — потребители информации.

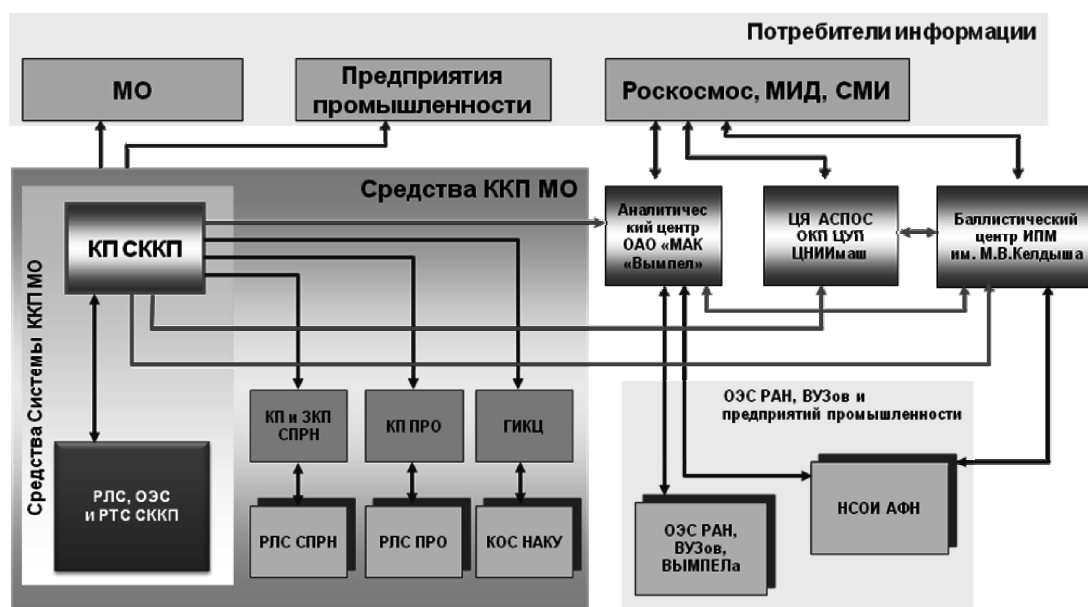


Схема информационных связей технических средств мониторинга космического пространства

4. Задачи предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве в части техногенных угроз

Задачами первой очереди АСПОС ОКП [2] являются следующие:

1. Сбор, обработка, каталогизация информации о КО в ОКП;
2. Выявление опасных ситуаций в ОКП:
 - разрушения КО;
 - опасные сближения сопровождаемых КА с потенциально опасными КО;
 - сход с орбит КО риска;
3. Прогноз, анализ, баллистическое сопровождение опасных ситуаций;
4. Передача информации руководству Роскосмоса и в ЦУП космических систем о фактах возникновения и/или прогнозе развития опасных ситуаций в ОКП.

Задачами АСПОС ОКП второй очереди являются следующие:

1. Подтверждение (уточнение) времени старта КА, запускаемых по программам Роскосмоса (по заданиям ЦИП Роскосмоса);
2. Выявление, прогноз, анализ опасных сближений сопровождаемых КА с потенциально опасными КО на этапах выведения.

В настоящее время первая очередь АСПОС ОКП работает в автоматическом режиме. Она включает следующие сегменты:

1. Сегмент мониторинга опасных ситуаций в области низких околоземных орбит (ЦККП);

2. Сегмент обеспечения данными о параметрах атмосферы (ИЗМИРАН);

3. Сегмент мониторинга опасных ситуаций в области геостационарных, средневысоких и высокоэллиптических орбит (ИПМ РАН);

4. Сегмент мониторинга состояния ОКП в обеспечение ведения космической деятельности;

5. Сегмент наблюдения и анализа некоординатной информации о КО — сегмент сбора и систематизации наблюдений и анализа некоординатной информации (НАНИ).

Источниками информации являются средства МО РФ, НСОИ АФН, РАН, Роскосмоса.

Происходит развитие наблюдательных средств Роскосмоса, в том числе и для размещения за рубежом (телескопы 19, 25, 50, 65 см уже изготовлены (ЗАО АНЦ Проекттехника), телескоп 75 см — задан ОКР для НПК СПП), планируется модернизация существующих средств (для 2 крупных телескопов в Армении).

5. Обеспеченность оптическими наблюдениями космического мусора

В настоящее время оптические наблюдения (за небольшим исключением) проводятся только по ГСО, ВЭО и СВО. Обеспеченность измерениями КО на этих орбитах представлена в табл. 2.

Таблица 2. Обеспеченность измерениями КО по ГСО, ВЭО и СВО

Тип КО	Количество КО 2012/2020 годы	Требуемый темп [1/сутки]	Требуемое число проводок в год [млн.] 2012/2020 годы	Достигнутое число проводок в год [млн.]	Выполнение требований в 2012 году	Требуемое увеличение числа проводок [разы]
ГСКО	1200 / 2000	2	0,88 / 1,46	0,7	80%	2
НГС ВОКО	500 / 3000	2	0,37 / 2,19	0,05	13%	18

Как видно из табл. 2, потребность в измерительной информации от оптических средств с точки зрения обеспечения независимого контроля ярких ГС ВОКО удовлетворена почти полностью, а по НГС ВОКО — всего на 13%. При этом имеет место неравномерность распределения числа проводок по времени, сезонам. С учетом продолжающегося роста числа КО к 2020 г. потребуется значительно увеличить число наблюдательных пунктов и уделить особое внимание мониторингу негеостационарных космических объектов.

Таким образом, «резервы» у нас огромные, особенно по ВЭО. Нужны новые наблюдательные средства, методы планирования, технологии проведения наблюдений и их обработки.

6. Нарращивание наблюдательных сетей и развитие технологий проведения наблюдений

Научная сеть оптических инструментов для астрометрических и фотометрических наблюдений (НСОИ АФН) включает несколько десятков наблюдательных пунктов, поставяет около 97% от общего потока измерений и постоянно увеличивает как количество наблюдательных пунктов, так и качество используемых средств. Подробно об этом пойдет речь в отдельных докладах.

Отработка технологии сопровождения КО активно осуществляется в рамках недавно созданной в ОАО «МАК “Вымпел”» совместно с МФТИ сети UN ORT как в направлении совершенствования аппаратуры, так и, особенно, программно-алгоритмического обеспечения планирования сеансов и обработки кадров. В режиме сопровождения, который будет детально рассмотрен в отдельном докладе, удалось повысить проникающую способность на 2–3 звездные величины по сравнению с обычным режимом проведения наблюдений в режиме часового ведения.

7. Проблемы мониторинга космического мусора оптическими средствами

Проблемами мониторинга космического мусора оптическими средствами являются следующие:

1. Недостаточный поток измерительной информации от оптических средств существующих сетей для поддержания каталога КО и прогноза опасных сближений (особенно по ВЭО, СВО и НОКО);
2. Отсутствие оборудования для применения разработанных эффективных технологий наблюдения известных и обнаружения новых КО, движущихся с большими угловыми скоростями (НОКО и вне-апогейные участки орбит ВЭО);
3. Нерегулярность наблюдений, вызванная сезонными и погодными условиями;
4. Недостаточное число средств наблюдения малоразмерных КО.

8. Предложения по решению проблем наблюдения космического мусора

Для решения проблем наблюдения космического мусора необходимо:

1. Нарастить систему обзорных телескопов на территории РФ, в Западном и Южном полушариях для обнаружения новых КО на всех типах орбит, в том числе и для наблюдения малоразмерных КО;
2. Повысить эффективность работы существующих наблюдательных средств можно путем:
 - гибкого управления наблюдениями с учетом погодных условий на каждом наблюдательном пункте;
 - оснащения мощными вычислительными средствами для обработки измерений в реальном времени;
 - создания аппаратуры оперативной передачи данных в центр обработки для корректировки планов наблюдений в сети в реальном времени;

– разработки и внедрения технологий обнаружения новых и сопровождения известных КО, движущихся с большими угловыми скоростями.

Литература

1. Горючкин В. А., Ким А. К., Лагуткин В. Н., Лукьянов А. П., Старостенко А. М. Проверка

адекватности комплексной модели системы, контролирующей орбиты космических объектов // Электромагнитные волны и электронные системы. 2013. Т. 18. №5. С. 64–67.

2. Лаурентьев В. Г., Олейников И. И. Автоматизированная система предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве. [URL] <http://www.aspos.mcc.rsa.ru>.

Ключевые слова: низкоорбитальные спутники, высокоэллиптические спутники, сеть телескопов, обработка изображений, задача управления.

Статья поступила 12 ноября 2013 г.

ОАО «Межгосударственная акционерная компания «Вымпел», г. Москва

Московский физико-технического институт, г. Москва

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша, г. Москва

© Шилин В. Д., Лукьянов А. П., Молотов И. Е., Агапов В. М., Колесса А. Е., 2013