



ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА

AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)

Научно-технический журнал / Scientific and technical journal

2(99) 2019

ISSN 2587-7992

#NEW SPACE AGE

**#ПЕРВЫЙ КОНГРЕСС
ПРАВИТЕЛЬСТВА
АСГАРДИИ**

**#SPACE ROBOTICS
FOR MOUNTING**

**#ПРАВИЛА ДВИЖЕНИЯ
НА КОСМИЧЕСКИХ ДОРОГАХ**

**#«ВОЕВОДА»
НА СТРАЖЕ ПЛАНЕТЫ**

**#ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЛУНЫ**

#GEOMETRIC PATTERNS AND ALIEN LIFE

#NEW TECHNOLOGIES

**#РД-171МВ – МОЩЬ,
ПОБЕЖДАЮЩАЯ ГРАВИТАЦИЮ**

#ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С РАКЕТАМИ СРЕДНЕЙ И МЕНЬШЕЙ ДАЛЬНОСТИ



Кирилл Валерьевич ПЛЕТНЕР,
главный редактор журнала
«Воздушно-космическая сфера»

Чем будете удивлять? — главный вопрос, который задает редактор автору.

Тот же вопрос волнует и читателя.

Мы открываем очередной выпуск нашего журнала рассказом о первом в истории конгрессе правительства Асгардии, прошедшем в Вене. А что может удивить более, чем реальное космическое государство со сформированным правительством, Конституцией, парламентом?

Асгардия — не будущее, она уже существует!

Сохранение человеческого вида в условиях космических угроз, глобальных климатических изменений, удручающей экологической ситуации, перенаселения планеты, нарастающей опасности техногенных катастроф и ядерной войны — задача, о которой звонят в колокола ученые всего мира. По словам недавно ушедшего великого Хокинга, нам осталось лет двести, если не меньше.

Все тревожнее в кругу мыслящих людей звучат разговоры о том, что для спасения нашего вида требуются объединенные усилия и действовать нужно не в частном порядке, а в планетарном масштабе.

Может быть, именно поэтому уже более миллиона человек со всего мира поддержали идею космического государства, о создании которого в 2016 году на пресс-конференции в Париже объявил российский ученый Игорь Ашурбейли.

Количество сторонников Асгардии растет, у нее есть свои органы власти, главный закон — Конституция, флаг, гимн, территория — спутник «Асгардия-1», парящий в открытом космосе, с личными данными сотен тысяч асгардианцев на борту.

Есть у космического государства и свой календарь.

Идею мирной космической экспансии поддерживают многие материалы текущего номера.

Мы представляем проект гироскопических горных машин для добычи полезных ископаемых на Луне и строительства лунных поселений.

Отдельно хотим обратить внимание читателя на статью группы виднейших российских ученых о возможности применения межконтинентальных баллистических ракет РС-20 «Воевода» для планетарной защиты — предотвращения катастроф от столкновения с астероидами и ядрами комет.

Знаковыми для этого номера мне видятся слова главного конструктора НПО «Энергомаш»:

— Надо всегда лететь на Марс, а Луны достигнем — ведь она ближе. Необходимо строить далекие и амбициозные планы, смотреть за горизонт, — утверждает Петр Лёвочкин, рассказывая о том, как движется разработка самого мощного в мире ракетного двигателя.

Published by KB-1 JSC
FOUNDER: SOCIUM-A JSC

The author of the idea is **Igor Ashurbeyli**
Leningradsky prospect, 80/16, Moscow, Russia
Tel.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;
E-mail: info@oaokb1.ru; vko@vko.ru
www.vesvks.ru

Издатель: АО «КБ-1»
УЧРЕДИТЕЛЬ: АО «СОЦИУМ-А»

Автор идеи – **Игорь Ашурбейли**
Россия, 125190, Москва, Ленинградский просп., д. 80, корп. 16;
Тел.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;
E-mail: info@oaokb1.ru; vko@vko.ru
www.vesvks.ru



Подписные индексы:
Каталог «Роспечать» — 82530
Каталог российской прессы — 10898

Тираж 1000 экземпляров
Отпечатано в типографии
ООО ИПО «Изумрудный город»

СОДЕРЖАНИЕ



НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

На пути в будущее: первый конгресс правительства Асгардии	6
/С. Л. Морозов/	
Календарь Асгардии и его роль в стратегии космической индустриализации	10
/Н. Л. Бурцева/	
Ракетный двигатель РД-171МВ – мощь, побеждающая гравитацию	20
/А. В. Бобин, В. А. Бобина/	
Гироскопические горные машины для освоения полезных ископаемых Луны и строительства на ней постоянных поселений	26
/О. Д. Бакланов, В. П. Бублий, Э. М. Галимов, В. В. Дремов, А. В. Зайцев, Н. А. Махутов, В. А. Симоненко/	
«Воевода» на страже планеты	32
/А. В. Колесников/	
Геометрические узоры и формы инопланетной жизни	40
/А. В. Багров/	
Когда мы полетим к звездам?	50



АНАЛИТИКА

/С. В. Дмитрюк/	
Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угроз	56
/М. В. Яковлев/	
От «правил движения на космических дорогах» к управлению космическим движением	60
/Н. Н. Клименко, К. А. Занин/	
Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой	72
/П. П. Белоножко/	
Космическая робототехника для монтажа и сервиса. Потенциальные задачи, концепции перспективных систем	84
/А. Г. Лузан/	
Проблемы борьбы с ракетами средней и меньшей дальности и некоторые пути их решения	98



ИСТОРИЯ

/В. П. Михайлов/	
Перехват	110



ПРОИЗВОДСТВО

/Л. В. Фокеева/	
В авангарде экологии и технологий: новости Арзамасского приборостроительного завода	118



Справа налево: Игорь Ашурбейли, глава первой космической нации, Алекс Альшванг, председатель комитета собственности и ресурсов парламента Асгардии, Михаил Спокойный, генеральный директор международного научно-исследовательского центра Asgardia (AIRC) в Вене

НА ПУТИ В БУДУЩЕЕ: ПЕРВЫЙ КОНГРЕСС ПРАВИТЕЛЬСТВА АСГАРДИИ

Материалы предоставлены пресс-службой Асгардии
и пресс-службой И. Р. Ашурбейли

10–12 апреля в Вене состоялся первый в истории конгресс правительства космического государства Асгардии, участие в котором приняли министры, председатели комитетов парламента и главы всех ветвей власти Асгардии. Глава нации Игорь Рауфович Ашурбейли в своем приветственном слове обозначил основные задачи: завершение формирования правительства государства, принятие у высших руководителей присяги и принятие Высшим космическим советом Асгардии основ программы ее развития. В ходе конгресса все эти задачи были успешно решены.



Ана Мерседес Диас, Игорь Ашурбейли, Лембит Опиик и Юн Чжао на I Конгрессе руководящего состава Асгардии

Лембит Опик, председатель парламента Асгардии, напомнил собравшимся о том, как зарождалось государство:

— Вначале было слово, и это слово было Асгардия. В 2016 году доктор Ашурбейли выдвинул идею создания надгосударственной космической общности. До этого не существовало подобных политических структур. Традиционно земные государства соревновались в освоении космического пространства. Доктор Ашурбейли заявил, что есть другой путь. И мы начали работать над тем, чтобы человечество осваивало космос по другим принципам.

Асгардия ставит перед собой грандиозные задачи: увеличение количества граждан до 150 миллионов, создание собственного национального банка, а также создание поселений на Луне и исследование обратной стороны естественного спутника Земли.

По словам главы нации, главная миссия Асгардии — рождение первого ребенка в космосе; когда это случится, человечество получит шанс обрести независимость от своей родины — планеты Земля — и продолжить существование человеческого рода.

— Космические полеты сродни мореплаванию, — отметил Игорь Ашурбейли, — и чело-

веку пора готовиться отплыть от родной гавани и отправиться к неведомым берегам. Для этого необходимо достичь двух основных целей: обеспечения искусственной гравитации и защиты от космического излучения. По сути, это и есть космический ковчег, подобный морскому ковчегу Ноя.

Конгресс был приурочен к годовщине первого полета человека в космос

Как подчеркнул в своем докладе министр науки Флорис Ваутс, у Асгардии есть преимущество перед любым из земных государств: она не ограничена в использовании людских ресурсов по национальному или территориальному признаку, так как среди ученых-асгардианцев есть граждане разных стран мира.

Количество граждан постоянно увеличивается, в Вене создано первое представительство государства; ведутся работы по признанию Асгардии Организацией Объединенных Наций. Ученые-асгардианцы со всего мира сообща трудятся над решением проблемы безопасности нахождения человека в открытом космосе и на Луне.



Лембит Опик, председатель парламента

— Мы разрабатываем первую в мире стратегию постоянного проживания в космосе, — рассказывает Лембит Опик. — Доктор Ашурбейли говорил, что к 2023 году мы уже должны иметь поселения в космосе. Это выглядит маловероятным для неосведомленного человека, но мы строим отношения со многими общественными организациями, обращаемся к широким кругам населения для решения наших задач. В результате на Земле увеличилось количество людей, которые заинтересовались идеями Асгардии и присоединились к нам.

На свет появился первый урожденный асгардианец. Ребенок родился на территории Турции и, поскольку оба его родителя имеют асгардианское гражданство, автоматически стал гражданином Асгардии

Поверить в то, что глобальные цели Асгардии осуществимы, помогают уже достигнутые успехи. Так, парламент регулярно собирается на цифровые сессии: физически парламентарии находятся в разных уголках планеты,



— Ана Мерседес Диас, глава правительства —

но это не мешает им беседовать в реальном времени, решая важные вопросы и принимая сложные решения.

— Проблема в том, что Земля все-таки не плоская, — улыбается Лембит Опик, — и существуют часовые пояса, у всех разное время. Но при этом, где бы люди ни находились — в Азербайджане, в Японии, в Великобритании, — они мо-



Флорис Ваутс, министр науки (у стенда), Юн Чжао, Верховный судья



Игорь Рауфович Ашурбейли, Глава нации

гут озвучивать собственное мнение и обсуждать вопросы на zoom-сессии. Никто подобного ранее не делал — и это, разумеется, останется традицией, когда мы будем жить в космическом пространстве.

Впечатляют и применяемые в Асгардии переводческие системы. Так, на конгрессе собрались представители самых разных национальностей, и у каждого была возможность делать доклад на родном языке и слушать другие доклады в качественном переводе.

— Мы действуем в мультикультурном, мультиязыковом, мультинациональном мире, — заявила Ана Мерседес Диас, глава правительства Асгардии. — И это благословение: нет места дискриминации по происхождению или по какому-либо другому фактору. Это то, о чем человечество мечтало всегда.

В планах руководства — формирование собственных спутниковых группировок Асгардии — низкоорбитальной и высокоорбитальной, необходимых для независимого функционирования цифрового государства

Поскольку речь идет о государстве молодом, образовавшемся только в октябре 2016 года, судебная система во многом находится на стадии разработки, но доведение ее до совершенства — лишь вопрос времени.

— Судебная ветвь власти во многом опирается на законодательную базу, разработанную парламентом Асгардии, — объяснил верховный судья Асгардии Юн Чжао. — Поэтому мы с радостью ждем скорого принятия новых законов. Мы также проследим за тем, чтобы люди и учреждения действовали в соответствии с ними. Таким образом мы создадим прозрачную и независимую судебную систему, где люди смогут видеть правосудие в действии.

В заключительной речи глава нации Игорь Ашурбейли резюмировал: «Не знаю, что ждет Асгардию дальше, но уже сегодня самым фактом нахождения здесь всех нас: парламентариев из 42 стран и асгардианцев из 200 стран, мы доказали — Асгардия стала реальностью. Я благодарю всех вас за веру в Асгардию!»

ASGARDIA CALENDAR AND ITS ROLE IN THE STRATEGY OF SPACE INDUSTRIALIZATION

Sergey L. MOROZOV,

*Cand. Sci. (Medicine), Leading Research Scientist,
National Development Institute of the RAS;
Member of the First Parliament of Asgardia, Moscow, Russia,
sergey.morozov@asgardia.space*

ABSTRACT | At the moment there is no common world standard of a calendar year [1, 2, 3, 4, 5, 6]. None of the geocentric terrestrial analogue elliptic calendars in use (there are more than 40 of them) has any practical sense in space. They are useless for astronavigation and astrodynamics strategic purposes.

An astrocentric, fixed, standard 13-month reference mathematical calendar was elaborated for the space society that is a new strategic socio-economic formation of the civilization that Asgardia gave birth to. This calendar is focused on the 88 major constellations listed in the Catalog of bright stars, 13 zodiacal constellations being located on the ecliptic of the Sun. The calendar is based on an atomic clock's per-second billing and is able to show common time in all the spaceships in the Universe, including the Earth as one of such equipotential spaceships.

The article describes the basic strategic principles of the fixed, mathematical, standard 13-month reference zodiac calendar of the space state of Asgardia.

Keywords: *astrocentric fixed standard 13-month reference mathematical calendar of the state of Asgardia, singular point of time "January 1, 2013", space society, the geocentrism principle, the cosmocentrism principle, space society total industrialization*

КАЛЕНДАРЬ АСГАРДИИ И ЕГО РОЛЬ В СТРАТЕГИИ КОСМИЧЕСКОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ



Сергей Львович МОРОЗОВ,
кандидат медицинских наук, ведущий научный
сотрудник Национального института развития РАН,
член первого парламента Асгардии, Москва, Россия,
sergey.morozov@asgardia.space

АННОТАЦИЯ | На данный момент не существует ни единого всемирного стандарта, ни единого глобального эталона календарного года [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В космосе не имеет практического смысла ни один из применяющихся сегодня геоцентричных земных аналоговых эллиптических календарей (их насчитывается около 40). Для стратегических целей астронавигации и астродинамики они бесполезны.

Для космического общества — новой стратегической общественно-экономической формации цивилизации, начало которой положено созданием космического государства Асгардии, разработан астроцентрический фиксированный стандартный 13-месячный эталонный математический календарь. Этот календарь ориентирован на 88 главных созвездий Вселенной, занесенных в Каталог ярких звезд, из которых 13 зодиакальных созвездий находятся на эклиптике Солнца. Календарь опирается на посекундную тарификацию атомных часов и способен показывать единое время во всех космических кораблях человечества во Вселенной, включая Землю как один из таких эквипотенциальных космических кораблей.

В статье изложены основные стратегические принципы построения астроцентрического фиксированного 13-месячного эталонного зодиакального календаря космического государства Асгардии.

Ключевые слова: астроцентрический фиксированный стандартный 13-месячный эталонный математический календарь государства Асгардии, сингулярная точка времени 1 января 2013 года, космическое общество, принцип геоцентризма, принцип космоцентризма, тотальная индустриализация космического общества

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о реформе геоцентрического аналогового григорианского календаря начал активно обсуждаться еще в XIX веке, когда были выявлены его логически обоснованные недостатки. Однако все попытки оптимизировать календарь, реформировать его, и в частности привести к корректной фиксированной форме, до сих пор оказывались неудачными.

Исключительная сложность вопроса и большое число неудач привели ученых к мысли, что из-за астрономически определенной длины солнечного (тропического) года в сутках, выражающейся не кратным числу семь и даже не целым числом, составить универсальный единый земной аналоговый календарь, который подходил бы на каждый год, как шаблон (трафарет), даже теоретически невозможно^{1,2}. Земная цивилизация по этой причине до сих пор не имеет ни единого всемирного стандарта, ни единого глобального эталона календарного года.

Объектом настоящей статьи является предложенный автором астроцентрический универсальный, единый, фиксированный стандартный 13-месячный эталонный календарь космического государства Асгардии, базирующийся на строгой цифровой математической основе и никак не связанный с общепринятыми геоцентрическими аналоговыми моделями движения Земли вокруг Солнца.

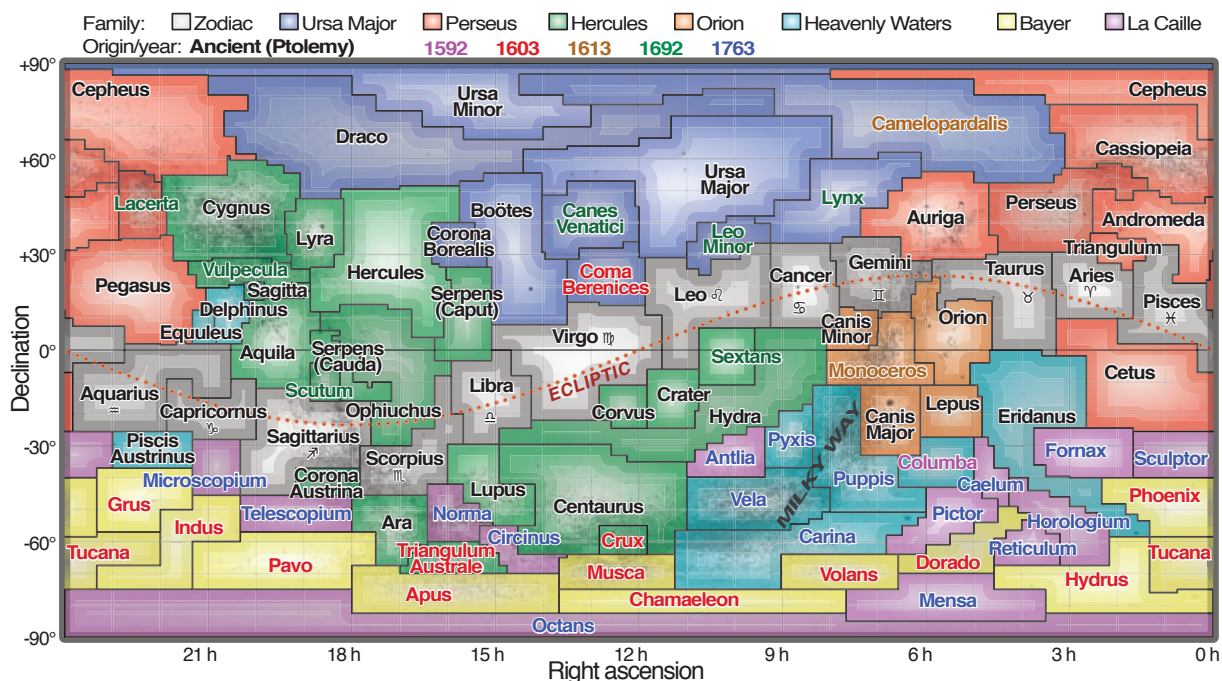
ГЕЛИАКАЛЬНЫЙ ГОД ЗВЕЗДЫ СИРИУС — ЭТАЛОННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ХРОНОМЕТР ЕГИПЕТСКИХ ЖРЕЦОВ

Стратегия тотальной индустриализации космоса сегодня закономерно следует за эпохами капиталистической и социалистической стратегий индустриализации на Земле. Она объективно ведет к постепенной замене земных атрибутов на космические. В частности, она ведет к замене земной календарной системы на космическую, приводя ее в соответствие с едиными космическими стратегическими задачами человечества.

Годичный цикл звезды Сириус имел особое значение в Древнем Египте. Жрецы заметили, что $295\frac{1}{4}$ суток звезда хорошо видна в Северном полушарии на широте Мемфиса, но затем 70 суток она видна только в Южном полушарии Земли. Ее очередное первое циклическое появление в Северном полушарии в лучах восходящего Солнца после 70 суток отсутствия оказалось исключительно стабильным. Этот годичный цикл получил научное название гелиакального года звезды Сириус.

Тропический год Солнца составляет промежуток времени, равный промежутку времени меж-

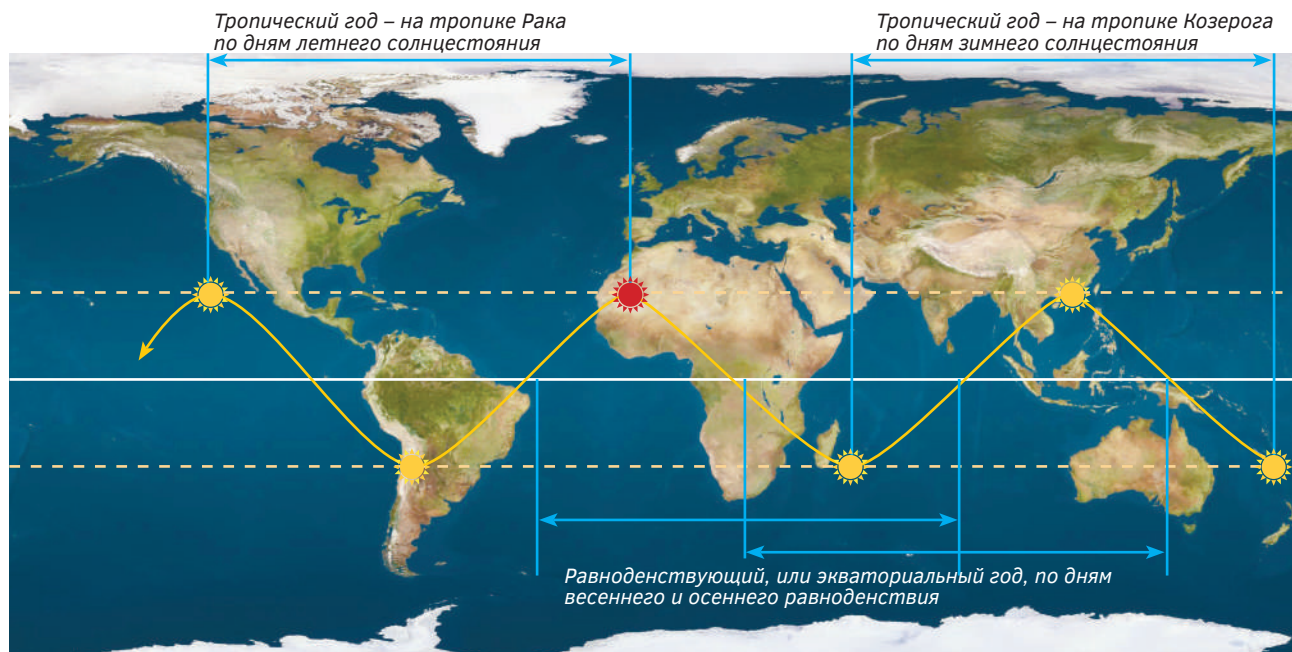
Международным астрономическим союзом официально признаны 88 созвездий



¹ Проекты стабильного календаря. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.

² Calendar reform. https://en.wikipedia.org/wiki/Calendar_reform.

Определение длительности солнечного года



ду двумя последовательными солнцестояниями на тропике Рака или Козерога. Он вычисляется математически исходя из базового, сопряженного с ним исторически, гелиакального года звезды Сириус.

Единая универсальная математическая формула расчета длительности космического тропического года (L) для всех существующих типов календарей выглядит следующим образом [1, 3, 6]:

$$L = (\text{целая часть}) + (\text{дробная часть}) = \text{CONST} + \text{const};$$

$$L = K + (\alpha + |\pm\theta|) = K + \mu = K + \text{КП} = 365 + \mu = 365 + \frac{31}{128} \text{ суток (конкретно для Земли),}$$

где L — общая длительность космического тропического года в целых числах и долях суток; $K = \text{CONST}$ — базовая длительность года в целых числах суток (для условий планеты Земля K составляет 365 суток); α — точность календаря; $|\pm\theta|$ — величина системной ошибки.

$\mu = \alpha + |\pm\theta| = \text{КП}$ — универсальная космическая стандартная «календарная постоянная Морозова» (или универсальная стандартная постоянная календаря для любого вращающегося космического субъекта, как то: планеты, спутника, звезды, галактики, вращающегося около некоторого центра масс) — всегда представляет собой постоянную величину, которая рассчитывается как простая алгебраическая сумма коэффициента точности α и системной ошибки $|\pm\theta|$. Отсюда получаются два важных календарных соотношения:

$$|\pm\theta| = \mu (1 - \alpha/\mu);$$

$$\alpha = \mu (1 - |\pm\theta|/\mu).$$

Точность земного календаря: $\alpha = \mu = \frac{31}{128} \text{ суток}$, когда $|\pm\theta| = 0$, — условие фиксации календаря, его стабилизации и гарантии от отклонений в любую сторону от реальных фактических значений тропического астрономического года.

Гелиакальный год звезды Сириус составляет $365\frac{1}{4}$ суток ($295\frac{1}{4} \text{ суток} + 70 \text{ суток} = 365\frac{1}{4} \text{ суток} = 365\frac{32}{128} \text{ суток} = 365,25 \text{ суток} = 365 \text{ суток} 6 \text{ часов}$). Продолжительность гелиакального года Сириуса на протяжении многих тысячелетий фиксированно стабильна с точностью до $\pm [1,0 \div 1,5]$ секунды³.

В 46 г. до н. э. гелиакальный календарь звезды Сириус был перенесен из Египта в Рим Гаем Юлием Цезарем. Однако сезонный тропический год Солнца ($365\frac{31}{128} = 365,2421875 \text{ суток}$) оказался на $\frac{1}{128}$ суток короче гелиакального года звезды Сириус, что обнаружили впервые только в 325 году н. э. на Никейском соборе, когда расчетная дата весеннего равноденствия в календаре переместилась на трое суток, с 24 марта в 46 г. до н. э. на 21 марта в 325 г. н. э.:

$$[46 + 325]/128 = [371]/128 = 2,898 \approx 3 \text{ суток.}$$

Такой неточный для годового цикла Солнца расчетный юлианский календарь звезды Сириус нуждается в «солнечной» коррекции на размер $\frac{1}{128}$ суток:

$$365\frac{32}{128} \text{ суток} - \frac{1}{128} \text{ суток} = 365\frac{31}{128} \text{ суток} = 365,2421875 \text{ суток.}$$

Поэтому после коррекции в цикле 128 лет солнечного тропического года получились 31 високосный год и 97 невисокосных лет ($31 + 97 = 128 \text{ лет}$), вместо 32 високосных и 96 невисокосных

³ См. https://ru.wikipedia.org/wiki/Древнеегипетский_календарь.

ТАБЛИЦА 1. Перечень всех високосных лет (31 год) в первом календарном цикле 128 лет

2016	2020	2024	2028	2032	2036	2040	2044	2048	2052		
2056	2060	2064	2068	2072	2076	2080	2084	2088	2092		
2096	2100	2104	2108	2112	2116	2120	2124	2128	2132	2136	2140

ТАБЛИЦА 2. Перечень всех 97 невисокосных лет в первом календарном цикле 128 лет

2013	2014	2015	2017	2018	2019	2021	2022	2023	2025	2026	2027
2029	2030	2031	2033	2034	2035	2037	2038	2039	2041	2042	2043
2045	2046	2047	2049	2050	2051	2053	2054	2055	2057	2058	2059
2061	2062	2063	2065	2066	2067	2069	2070	2071	2073	2074	2075
2077	2078	2079	2081	2082	2083	2085	2086	2087	2089	2090	2091
2093	2094	2095	2097	2098	2099	2100, 2101	2102	2103	2105	2106	2107
2109	2110	2111	2113	2114	2115	2117	2118	2119	2121	2122	2123
2125	2126	2127	2129	2130	2131	2133	2134	2135	2137	2138	2139

в базовом расчетном юлианском календаре ($32 + 96 = 128$ лет) гелиакального года звезды Сириус.

Таким образом, точность расчетного тропического календаря после коррекции регулируется вставными, високосными годами с частотой $^{31}/_{128} = 0,2421875$ суток, то есть 5 часов 48 минут 45 секунд, или 20 925 секунд. Коррекция имеет идеальный по точности усредненный характер. Ошибка расчетного тропического календаря по отношению к реальному тропическому астрономическому году после проведенной математической процедуры коррекции равна нулю.

Перечень всех високосных лет (31 год, они перечислены в таблице 1) дан в первом 128-летнем цикле ($2012 + 128 = 2140$ год). В високосном году к новому году будут отнесены сразу три дня: 29-й и 30-й день Козерога и 1-й день Водолея. Для всех этих високосных лет (31 год) будет использоваться одна и та же високосная матрица.

В таблице 2 рассчитаны все невисокосные годы (97 простых лет) в первом 128-летнем цикле ($2012 + 128 = 2140$ год). На все эти 97 невисокосных лет будет использоваться одна и та же невисокосная матрица. В невисокосном году к новому году будут отнесены сразу два дня — 29-й день Козерога и 1-й день Водолея. Високосный 2100 год перенесен в группу невисокосных лет для соблюдения високосной коррекции календаря с частотой $^{31}/_{128} = 0,2421875$ суток, то есть 5 часов 48 минут 45 секунд, или 20 925 секунд.

2 АРХИТЕКТУРА СТАНДАРТНОЙ 13-МЕСЯЧНОЙ ЭТАЛОННОЙ ЗОДИАКАЛЬНОЙ КАЛЕНДАРНОЙ МАТРИЦЫ КОСМИЧЕСКОГО КАЛЕНДАРЯ АСГАРДИИ

Идеальное ядро предлагаемой универсальной фиксированной календарной матрицы стандартного 13-месячного эталонного календаря состоит из 364 суток: 52 недели по 7 суток каждая (таблице 3). В каждом из 13 месяцев, которые имеют условные названия созвездий эклиптических зодиаков, содержится ровно по 28 суток: I) Водолей; II) Рыбы; III) Овен; IV) Телец; V) Близнецы; VI) Рак; VII) Лев; VIII) Дева; IX) Весы; X) Скорпион; XI) [Змееносец] — «Асгард» [Асгард в скандинавской мифологии — небесный город, обитель богов-асов]/«Гор» [Гор (Хор, Хорус) — один из самых значимых египетских богов]/«Ашур» [Ашур — имя главного бога Ассирии]; XII) Стрелец; XIII) Козерог. Каждый из четырех кварталов содержит ровно 91 день.

В обычном году имеются дополнительные 365-е сутки (ED — Extra Day). В високосном году имеется дубль — дополнительные 366-е сутки (EDD — Extra Day Duplicate). Название EDD имеет альтернативные названия: LD (Leap Day, или високосный день) и BD (Bissextile Day, или тот же високосный день).

ТАБЛИЦА 3. Универсальная стандартная 13-месячная эталонная календарная матрица
(матрица: 13 месяцев, 52 недели по 7 суток, 8 выходных в месяц)

<div> <div>00</div> <div>ДНИ НЕДЕЛИ</div> </div>	МЕСЯЦЫ												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
	Водолей	Рыбы	Овен	Телец	Близнецы	Рак	Лев	Дева	Весы	Скорпион	Змееносец	Стрелец	Козерог
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Змееносец	Ноябрь	Декабрь
Воскресенье	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Понедельник	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Вторник	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Среда	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Четверг	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Пятница	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Суббота	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Воскресенье	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Понедельник	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Вторник	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Среда	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Четверг	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Пятница	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Суббота	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Воскресенье	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Понедельник	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Вторник	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Среда	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Четверг	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Пятница	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Суббота	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Воскресенье	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Понедельник	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Вторник	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Среда	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Четверг	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Пятница	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Суббота	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28 (364)
Воскресенье										Extra	Day	[ED]	29 (365)
Понедельник									Extra	Day	Duplicate	[EDD]	30 (366)

После каждого дополнительного 365-го дня в обычном году и после каждого дубликата дополнительного 366-го дня в високосном году календарная матрица возвращается в исходное состояние, обратно на начало года (принцип синхронизации Морозова реального года с идеальным годом). Поэтому каждый новый год всегда начинается с 1-го дня Водолея, воскресенья.

Мы рассматриваем календарь как математический цифровой счетчик времени. Из *таблицы 4* следует, что дни недели в традиционных календарях (в нижнем ряду каждой клетки календарной матрицы) подвижны: на начало каждого обычного года они сдвигаются на один день недели вперед, а начало каждого года, идущего вслед за високосным годом, сдвигается сразу на два дня недели вперед при неизменности и постоянстве самих числовых рядов относительно друг друга: верхнего универсального и нижнего текущего.

Во всех современных календарях все происходит наоборот: постоянной является сетка дней недели, а переменной величиной — сдвиг числовых рядов относительно друг друга — на один день в обычном году и на два дня в следующем за високосным году.

В астрономическом плане (но не в экономическом) это преобразование полностью эквивалентно в относительных параметрах (прин-

цип календарной эквивалентности Морозова). Следует выбрать что-то одно: либо переменные ряды чисел при постоянной сетке дней недели, либо постоянные (фиксированные) ряды чисел при переменной сетке дней недели. Предлагаемые нами постоянные ряды чисел дней календаря при переменной сетке дней недели (в нижней, текущей, шкале календарной матрицы) имеют важнейшие преимущества в экономическом плане перед постоянной сеткой дней недели и переменными рядами чисел, принятыми сегодня повсеместно во всех календарях мира.

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ
СТАНДАРТНОГО
13-МЕСЯЧНОГО ЭТАЛОННОГО
КАЛЕНДАРЯ КОСМИЧЕСКОГО
ГОСУДАРСТВА АСГАРДИИ

Каждый новый год всегда начинается с одной и той же даты и с одного и того же дня недели. Он позволяет иметь один и тот же универсальный день во всем мире (верхняя строка в каждой клетке календарной матрицы). Это экономия десятков тысяч тонн бумаги, красителей, типографских и транспортных расходов.

ТАБЛИЦА 4. Месяц Водолей

Воскресенье	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота
1 Водолей УМ/УД 0003 [2019] Новый год (1 января VG/ГД) вторник	2 (2 января) среда	3 (3 января) четверг	4 (4 января) пятница	5 (5 января) суббота	6 (6 января) воскресенье	7 (7 января) понедельник
8 (8 января) вторник	9 (9 января) среда	10 (10 января) четверг	11 (11 января) пятница	12 (12 января) суббота	13 (13 января) воскресенье	14 (14 января) понедельник
15 (15 января) вторник	16 (16 января) среда	17 (17 января) четверг	18 (18 января) пятница	19 (19 января) суббота	20 (20 января) воскресенье	21 (21 января) понедельник
22 (22 января) вторник	23 (23 января) среда	24 (24 января) четверг	25 (25 января) пятница	26 (26 января) суббота	27 (27 января) воскресенье	28 (28 января) понедельник

ПРИМЕЧАНИЕ. Верхний ряд в ячейке — универсальная постоянная абсолютная дата (УМ / УД) вместе с постоянной абсолютной сеткой дней недели. В скобках указана обычная текущая григорианская дата (VG / ГД). Последняя строка ячейки — переменная текущая сетка дней недели [7, 8].

При постоянных (фиксированных) рядах чисел в календарной матрице постоянного календаря и, соответственно, при переменной сетке дней недели в нижней текущей шкале постоянного календаря будут всегда оставаться идентичными: даты традиционных сезонных войсковых учений и праздников, даты окон пуска ракет в космос, расписания в школах и университетах, парламентах, даты школьных каникул, сетевые графики, производственные планы длительностью более года, биржевые и банковские расчеты и т.д.

Они будут оставаться фиксированными из года в год и не потребуют, как это имеет место сейчас, никаких ежегодных перерасчетов. Верхний универсальный (абсолютный) ряд чисел календарной матрицы в каждой клетке никогда не меняется. Это позволяет привести к единому математическому знаменателю любые конкретные календарные системы, которые размещаются во втором (нижнем) ряду каждой клетки календарной матрицы (таблица 4).

На каждый цикл в 128 лет используется всего два типа (шаблона) календаря: високосный и невисокосный (простой), которые отличаются между собой только числом дней, относящихся к новому году (три дня в високосном году и два дня в невисокосном году). Во всем остальном календари абсолютно идентичны [7, 8].

В предлагаемом календаре числовая ось истории разбивается на равномерные однотипные

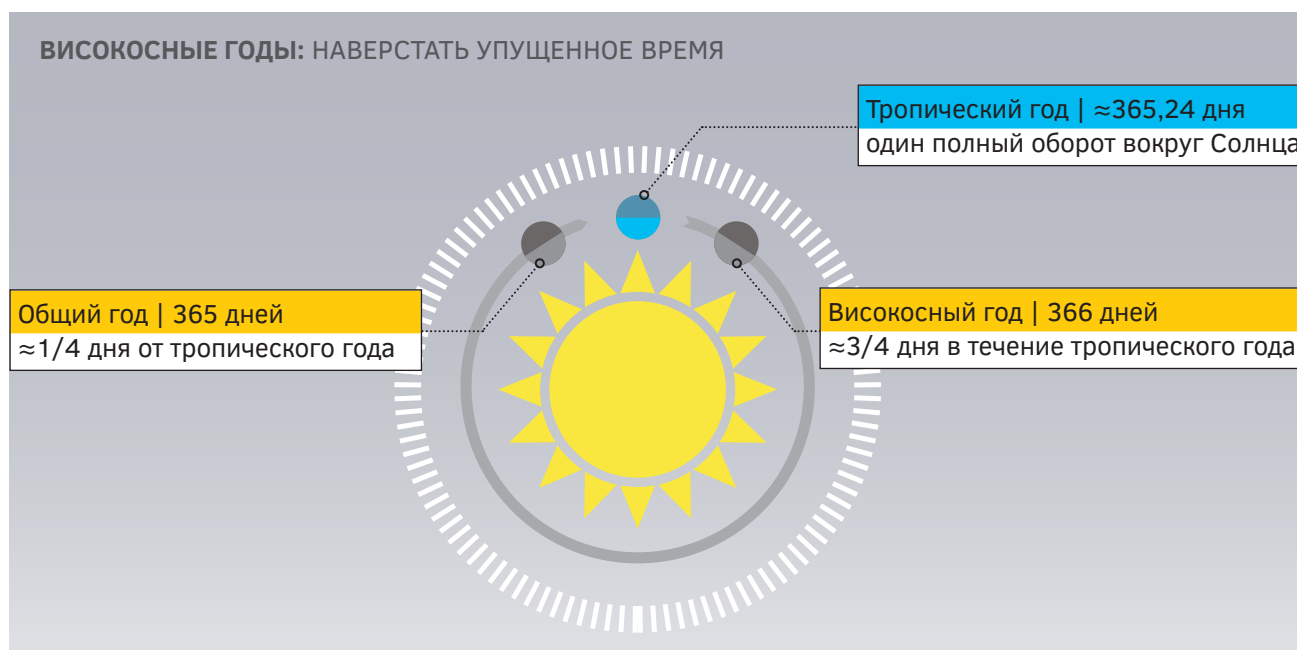
СОГЛАСНО ПРЕДЛАГАЕМОМУ
ФИКСИРОВАННОМУ КАЛЕНДАРЮ
КАЖДЫЙ НОВЫЙ ГОД НЕИЗМЕННО
НАЧИНАЕТСЯ С ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ
ДАТЫ И С ОДНОГО И ТОГО ЖЕ ДНЯ
НЕДЕЛИ: ЭТО ЭКОНОМИЯ ДЕСЯТКОВ
ТЫСЯЧ ТОНН БУМАГИ, КРАСИТЕЛЕЙ,
ТИПОГРАФСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ
РАСХОДОВ



циклы — по 128 лет каждый — и содержит по два ряда чисел: 1) верхний универсальный; 2) нижний григорианский. Запись даты производится двумя способами: 1) универсальным (УД / УМ); и 2) обычным, по григорианскому календарю (ГД / VG).

Пример 1. 1 Водолея 0003, воскресенье (УД/УМ)
// 1-й день января 2019, вторник (ГД/VG).

РИС. 3. Високосный и невисокосный календарный григорианский год и его орбитальные позиции относительно тропического астрономического года⁴



⁴ Календарь реформ. Опубликовано: GRC 2018 12 июля. <https://www.arionshome.com/social-activism/calendar-reform>.

4 ПОСЕКУНДНАЯ ТАРИФИКАЦИЯ КАЛЕНДАРНЫХ РАСЧЕТОВ

ТАБЛИЦА 5. Посекундное соотношение расчетов продолжительности года в различных календарях в сравнении с длительностью тропического года Солнца

Календарный год	Число суток	Секунд в году
Юлианский (гелиакальный год звезды Сириус)	$365,25 = 365\frac{1}{4} = 365^{100}/_{400} = 365^{32}/_{128}$	31 557 600
Григорианский средний	$365,2425 = 365^{97}/_{400}$	31 556 952
Григорианский невисокосный	365	31 536 000
Григорианский високосный	366	31 622 400
Астрономический (равноденствующий) средний год Солнца по Ньюкому (1900) (по точкам весеннего или осеннего равноденствия на экваторе)	$365,2422 \approx 365^{132}/_{545} \approx 365,2422018$	31 556 926,08 ≈ 31 556 926,23
Экспериментальное определение длительности среднего равноденствующего года Солнца (1900 г.)	365,24219878	31 556 925, 974592
Экспериментальное определение продолжительности среднего тропического года Солнца (2015 г.): 365 суток, 5 часов, 48 минут, 45 секунд ($365,2421875$ суток = $365^{31}/_{128}$ суток) ^{5,6}	$365,2421875 = 365^{31}/_{128}$	31 556 925

ТАБЛИЦА 6. Компактное отображение фиксированного стандартного 13-месячного эталонного календаря Асгардии в виде единой математической таблицы-матрицы

День недели	Месяц: I — XIII				Экстрадни года, обычного (ED) високосного (EDD)
1	1	8	15	22	ED 29 EDD 30
2	2	9	16	23	
3	3	10	17	24	
4	4	11	18	25	
5	5	12	19	26	
6	6	13	20	27	
7	7	14	21	28	



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Календарь космического государства Асгардии является фиксированным стандартным цифровым эталонным единообразным вариантом 13-месячного глобального космического календаря шестой стратегической общественно-экономической формации человеческой цивилизации, первый этап которой ознаменовался созданием государства Асгардии 12 октября 2016 года в Париже. Календарь впервые в истории введен как государственный 13-месячный календарь Игорем Рауфовичем Ашурбейли, главой государства Асгардии, Декретом №2 с 1 января 2017 года.

⁵ См. «Tropical year» на сайте https://en.wikipedia.org/wiki/Tropical_year.

⁶ Meeus J., Savoie D. (1992). The History of the Tropical Year. Journal of the British Astronomical Association 102(1), 40–42; Secular Terms of the Classical Planetary Theories Using the Results of General Theory. Astronomy.

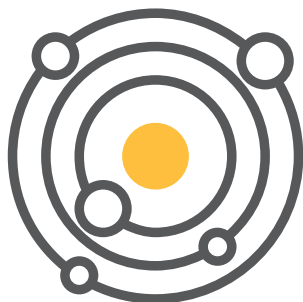


Литература

1. **Морозов С.Л.** Стандартный 13-месячный И. Медлера – Д. И. Менделеева – С. Л. Морозова эталонный календарь и его применение для индустриализации космического общества. М.: Ваш формат, 2019. 260 с.
2. DECREE № 2 09.03.1 (06.03.2017) [Электронный ресурс]. ASgardia THE SPACE NATION. URL: <https://asgardia.space/assets/doc/Decree002.pdf> (Дата обращения: 11.05.2019)
3. **Морозов С.Л.** Универсальная математическая модель расчета длительности календарного года для всех типов биржевых календарей. Календарная постоянная // Экономика и математические методы. 2015. Т. 51. № 1. С. 109-129.
4. **Морозов С.Л.** Стандартный 13-месячный эталонный календарь Медлера — Менделеева — Морозова и его применение для индустриализации космического общества // Экономика и математические методы. 2019. Т. 55. № 1. С. 116-125.
5. **Морозов С.Л.** Об одной новой календарной системе // Экономика и математические методы. 2013. Т. 49. № 4. С. 111-125.
6. **Морозов С.Л.** Гомеостатический ковчег и эталонный постоянный календарь Д.И. Менделеева как главные средства в стратегии индустриализации космоса и создания космического общества. М.: Ваш формат, 2018. 256 с.
7. **Морозов С.Л.** Менделеевский эталонный календарь России на 2019 год. М.: Ваш формат, 2018. 34 с.
8. **Морозов С.Л.** Менделеевский эталонный календарь России на 2020 год. М.: Ваш формат, 2018. 34 с.

References

1. **Morozov S.L.** Standartnyy 13-mesyachnyy I. Medlera – D. I. Mendeleeva – S. L. Morozova etalonnyy kalendar' i ego primenenie dlya industrializatsii kosmicheskogo obshchestva. Moscow: Vash format, 2019. 260 p.
2. DECREE № 2 09.03.1 (06.03.2017). ASgardia THE SPACE NATION. Available at: <https://asgardia.space/assets/doc/Decree002.pdf> (Retrieval date: 11.05.2019).
3. **Morozov S.L.** Universal'naya matematicheskaya model' rascheta dlitel'nosti kalendarnogo goda dlya vseh tipov birzhevykh kalendarey. Kalendarnaya postoyannaya. Ekonomika i matematicheskie metody, 2015, vol. 51, no. 1, pp. 109-129.
4. **Morozov S.L.** Standartnyy 13-mesyachnyy etalonnyy kalendar' Medlera — Mendeleeva — Morozova i ego primenenie dlya industrializatsii kosmicheskogo obshchestva. Ekonomika i matematicheskie metody, 2019, vol. 55, no. 1, pp. 116-125.
5. **Morozov S.L.** Ob odnoy novoy kalendarnoy sisteme. Ekonomika i matematicheskie metody, 2013, vol. 49, 4, pp. 111-125.
6. **Morozov S.L.** Gomeostaticheskiy kovcheg i etalonnyy postoyanny kalendar' D.I. Mendeleeva kak glavnye sredstva v strategii industrializatsii kosmosa i sozdaniya kosmicheskogo obshchestva. Moscow: Vash format, 2018. 256 p.
7. **Morozov S.L.** Mendelevskiy etalonnyy kalendar' Rossii na 2019 god. Moscow: Vash format, 2018. 34 p.
8. **Morozov S.L.** Mendelevskiy etalonnyy kalendar' Rossii na 2020 god. M.: Vash format, 2018. 34 p.



© Морозов С. Л., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 11.05.2019

Принята к публикации: 25.05.2019

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Морозов С. Л. Календарь Асгардии и его роль в стратегии космической индустриализации // Воздушно-космическая сфера. 2019. №2(99). С. 10-19.

RD-171MV ROCKET ENGINE — POWER THAT CONQUERS GRAVITY

РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ
РД-171МВ — МОЩЬ,
ПОБЕЖДАЮЩАЯ
ГРАВИТАЦИЮ



Natalia L. BURTSEVA,
Professor of RSUH Mass-Media Institute
(Division for Journalism), Ph.D. student,
Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru



Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,
преподаватель факультета журналистики
Института массмедиа РГГУ, аспирант,
Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

ABSTRACT | The first RD-171MV rocket engine is produced in NPO Energomash. In RSC Progress a medium capacity launcher Soyuz-5 (Irtys) is being developed. On its first stage RD-171MV will be set. The new engine's thrust must exceed 800 tones. The enterprises' top officials and specialists tell about the development of the most powerful engine in the world and about the prospects of its application.

Keywords: *NPO Energomash, RSC Progress, RD-171MV rocket engine, medium capacity launcher Soyuz-5 (Irtys), Energia-Buran rocket&space programme, computational 3D modeling*

АННОТАЦИЯ | Первый ракетный двигатель РД-171МВ создан в НПО «Энергомаш». В РКЦ «Прогресс» разрабатывается ракета-носитель среднего класса «Союз-5» («Иртыш»), на первой ступени которой будет установлен РД-171МВ. Тяга нового двигателя должна превысить 800 тонн. О том, как идет разработка самого мощного ракетного двигателя в мире и о перспективах его применения, рассказывают руководители и специалисты предприятий.

Ключевые слова: *НПО «Энергомаш», РКЦ «Прогресс», ракетный двигатель РД-171МВ, ракета среднего класса «Союз-5» («Иртыш»), ракетно-космическая программа «Энергия» — «Буря», компьютерное 3D-моделирование*

Самый мощный в мире двигатель — 246 тысяч лошадиных сил. Это в пять раз больше, чем мощность двигателей атомного ледокола. При массе в 10 тонн тяга двигателя превысит 800 тонн. Эта огромная мощь спрессована в одном ракетном двигателе — РД-171МВ. Именно он позволит вывести ракету «Союз-5» («Иртыш») с полезной нагрузкой к Луне и к Марсу. В НПО «Энергомаш» полным ходом идет разработка нового космического двигателя.





Комментирует Игорь АРБУЗОВ, генеральный директор НПО «Энергомаш»:

— Сегодня основное внимание госкорпорации «Роскосмос» сконцентрировано на создании ракеты среднего класса «Союз-5» и разработке на ее основе ракеты-носителя сверхтяжелого класса. Руководством госкорпорации поставлена задача создания космического ракетного комплекса сверхтяжелого класса (КРК СТК) на базе тех конструкций, которые прошли летную практику и имеют высокий уровень статистики и надежности. Это вполне обоснованное и рациональное решение, которое позволит, во-первых, повысить надежность ракеты, во-вторых — создать эффективное средство выведения.

На первой ступени ракеты «Союз-5» будет установлен двигатель РД-171МВ. На второй — использоваться модернизированный РД-0124М разработки «Конструкторского бюро химавтоматики». В каждом из этих двигателей будет применен ряд технологических усовершенствований.



РД-171МВ



РД-171

Самый мощный в мире двигатель — **246 тысяч лошадиных сил**

При массе в 10 тонн тяга двигателя превысит **800 тонн**

Турбонаддувочный агрегат развивает мощность **180 тысяч киловатт**, что соответствует мощности трех атомных силовых установок крупных ледоколов



Двигатели



Дмитрий БАРАНОВ, генеральный директор АО «РКЦ "Прогресс"»:

— В РКЦ «Прогресс» разрабатывается ракета-носитель среднего класса «Союз-5», на первой ступени которой установлен двигатель РД-171 — самый мощный из используемых сегодня в мире жидкостных ракетных двигателей. Ракетные блоки с РД-171 будут также входить в состав ракеты-носителя сверхтяжелого класса, разрабатываемой в соответствии с указом президента.

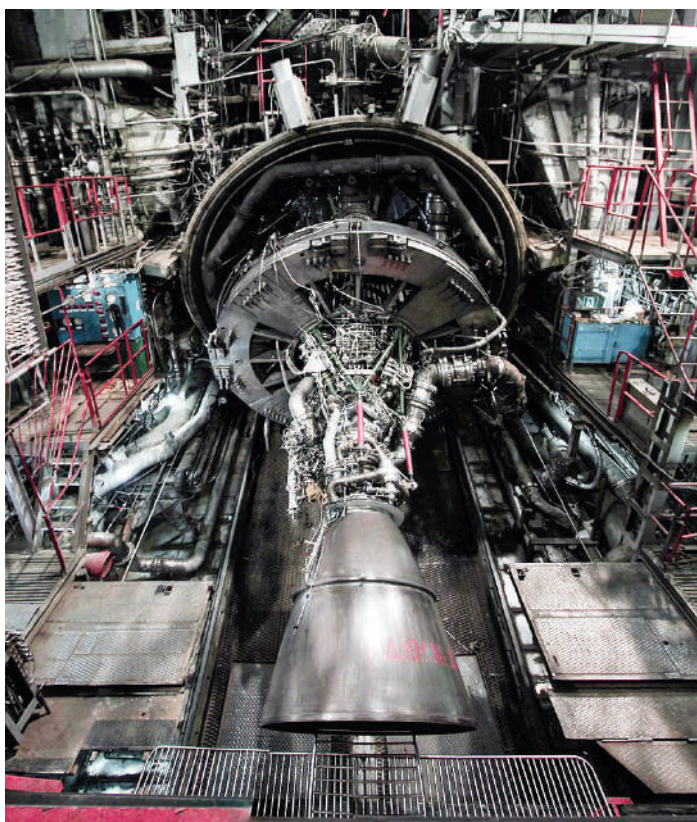
[ДВИГАТЕЛИ СЕМЕЙСТВА]

Один экземпляр РД-171 был испытан без съема со стенда **более 20 раз**

Двигатели РД-171 прошли **900 огневых испытаний** общей наработкой более **100 000 секунд**



Двигатели в процессе сборки в НПО «Энергомаш»



Испытательная база



Петр ЛЕВОЧКИН, главный конструктор НПО «Энергомаш»:

— Обеспечение надежной работы ракетного двигателя — задача колоссальной сложности, поэтому мы подошли к его проектированию и созданию модификации двигателя с таких позиций: мы знаем особенности его работы, владеем апробированными методиками и технологиями. После того как был создан двигатель РД-170, НПО «Энергомаш» на его основе разработало РД-180, РД-191 и другие модификации. Эти двигатели по схеме повторяли предыдущие, но в них применялись другие, более совершенные системы регулирования, новые способы защиты от возгорания, повышения устойчивости и так далее. И эти элементы хорошо себя зарекомендовали в двигателях последующих разработок НПО «Энергомаш».

РД-171МВ — модифицированная версия двигателя РД-171М по программе «Энергия» — «Буран», который успешно отработал при запусках ракеты-носителя «Зенит». И сейчас на основании проверенного, надежного двигателя с применением новейших технологий в НПО «Энергомаш» разрабатывают самый мощный российский двигатель.

Ступень ракеты-носителя «Союз» с двигателями НПО «Энергомаш»



[САМЫЕ МОЩНЫЕ В МИРЕ ЖРД]

Базовый двигатель РД-170/171 разработан в 1976-1986 гг. Двигатель РД-170 был спроектирован и сертифицирован для 10-кратного полетного использования. Двигатель РД-170 прошел 20 огневых испытаний без съема со стенда.



Василий ЧАРЫКОВ, заместитель генерального директора, директор по производству НПО «Энергомаш»:

— Эффективно использовать ресурсы, производить агрегаты и детали с большей точностью, применять новейшие материалы, разрабатывать системы регулирования, усовершенствовать способы защиты от возгорания — вот к чему стремятся на всех этапах создания двигателя.

Серийные двигатели РД-171МВ создаются **полностью в цифровом формате**

Цифровые технологии снизят риски и временные затраты

Внедряется **система уникального математического моделирования** работы двигателя

Первый двигатель РД-171МВ планируется поставить заказчику в **2021 году**

Первый полет ракеты «Союз-5» запланирован на **2022 год**

[Характеристики ракеты «Союз-5» («Иртыш»)]

Длина с ГЧ: 61,8 м

Диаметр: 4,1 м

Стартовая масса: 530 т

Двигатель 1-й ступени: РД-171МВ

Двигатель 2-й ступени: 2 РД-124МС

Масса выводимой полезной нагрузки:

На НОО — 17 т

На ГСО — 25 т

Игорь Арбузов:

— Двигатель РД-171МВ действительно будет самым мощным в мире, потому что уже базовая версия, которая создавалась нашими предшественниками, — и РД-170, и РД-171М, — не имела аналогов в мире по своей тяге и всем остальным характеристикам. Кроме этого, благодаря тем возможностям, которыми сегодня обладает КБ, применение современных технологий позволяет создать еще более совершенную версию двигателя. И это будет, на наш взгляд, одно из лучших решений по двигателям такой тяги.

Для реализации программы в НПО «Энергомаш» применяются самые современные технологии. На предприятии проводится глобальная реконструкция. Происходит масштабное техническое переоснащение предприятия и повышение квалификации рабочих — в НПО «Энергомаш» при создании нового двигателя идут к новым целям.

Инвестиции:

- ★ Масштабные закупки новейшего оборудования
- ★ Строительство нового цеха и модернизация оборудования в других цехах НПО «Энергомаш»
- ★ В 2019 году запланировано приобретение порядка **50 единиц оборудования**
- ★ В совокупности бюджет инвестиций на 2019 год составит порядка **5 млрд рублей**

Петр Лёвочкин:

— Сегодня для ускорения новых разработок мы внедряем трехмерное моделирование, для снижения стоимости и повышения конкурентоспособности — самые современные технологии, композитные материалы, оборудование. Идет техническое перевооружение предприятия с точки зрения станочного парка. Все это направлено на то, чтобы новый продукт был конкурентоспособен и востребован на рынке не только внутри страны, но и за рубежом.

Впервые этот двигатель создается полностью в цифровом формате: от конструкторской документации в 3D-моделировании до первых проработок испытаний. Применение цифровых технологий существенно снизит риски и временные затраты.

Игорь Арбузов:

— Все мы понимаем, что создание такого рода конструкции — это локомотив не только конструкторской мысли, но это еще и технологический локомотив, который стимулирует нас к созданию новых современных технологий. Технологий не только в изготовлении отдельных элементов конструкции, но и в проектировании, и в управлении, и в целом ряде других процессов, которые позволяют сохранять лидерство в космической отрасли.

Первый шаг к реализации программы сделан. Впереди — два года напряженной работы и постоянного контроля. Первый двигатель будет поставлен заказчику в 2021 году. А первый полет ракеты «Союз-5» запланирован на 2022 год.

Игорь Арбузов:

— Сегодня команда управления работает на выполнение единой цели и живет выполнением этой цели. Общая культура, понимание задач, отношение к делу — это залог успеха. Кроме того, высокие профессиональные навыки, компетентность, интеллектуальный потенциал предприятия являются дополнительными гарантиями того, что наш двигатель долгие годы

будет оставаться лучшим среди тех, которые сегодня создаются в этом классе тяги.

Мир не стоит на месте, и наше лидерство — это не только почетное звание. Быть лидером в современном ракетостроении значит быть первым в области технических и конструкторских решений. Мы понимаем, что без этого останавливается развитие нашего персонала, развитие нашей отрасли, да и вообще технологический прогресс.

Петр Лёвочкин:

— Надо всегда лететь на Марс, а Луны достигнем — ведь она ближе. Строить далекие и амбициозные планы, смотреть за горизонт. Тогда люди будут экспериментировать, будут создавать новые конструкции. А что такое новые конструкции, новые разработки? Это сохранение не только нашей ракетно-космической отрасли, но и авторитета России как космической державы. А еще это работа для людей, счастье для их семей — начиная от высокого чувства гордости и заканчивая простыми житейскими радостями, которые способен дать космос человеку.

Развиваться необходимо еще и потому, что человечеству придется искать новое место обитания. Мы живем в лучах светила, которое понемногу гаснет. И нужно уже сейчас задумываться, где человечество обретет свой новый дом после того, как через пару миллиардов лет водород на Солнце закончится.

Техническое развитие предприятия сравнимо с профессиональным ростом спортсмена: чем больше он тренируется, тем лучше его результат. Чем больше предприятие проектирует, чем больше оно создает, тем лучше изделие, его потребительские качества.

Более того, существуют вопросы национальной безопасности, которые необходимо решать, обеспечивая пуски ракет-носителей с двигателями нужных характеристик. Новые разработки также привлекают молодежь, способную создать что-то новое и в перспективе обрести славу не только для себя и своего предприятия, но и для своей Родины.



© Бурцева Н. Л., 2019



История статьи:

Поступила в редакцию: 21.04.2019

Принята к публикации: 09.05.2019

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н. Л. Ракетный двигатель РД-171 МВ — мощь, побеждающая гравитацию // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2 (99). С. 20–25.

GYROSCOPIC MINING MACHINERY FOR MINERAL RESOURCES EXPLOITATION AND PERMANENT HOUSING ON THE MOON

ABSTRACT | The article deals with the project of a robotic complex which realizes the technology of lunar regolith recycling for mineral resources exploitation and permanent housing on the moon with the help of gyroscopic mining machinery.

The robotic complex consists of a lunar gyroscopic mining machine (LGMM), a shovel for regolith extraction and transporting to the LGMM, a device which transfers recycled regolith to the construction 3D printer's printhead receiver cone.

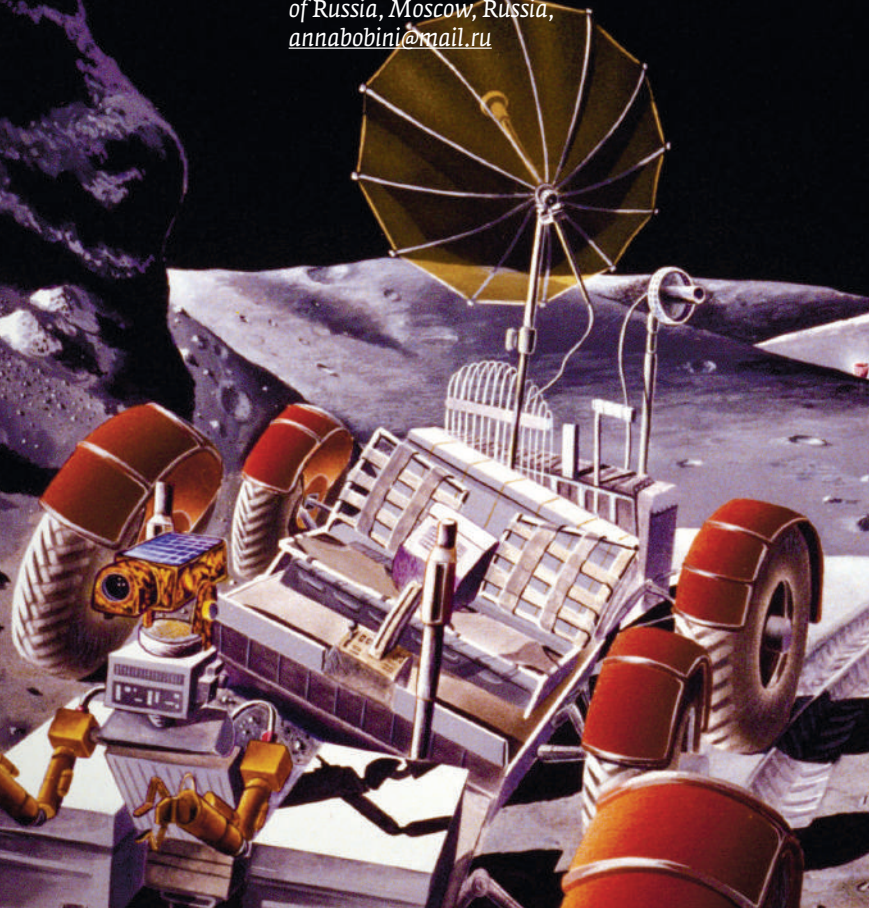
It is shown that only LGMM is capable to recycle lunar rocks and extract different useful components effectively under the conditions of reduced gravity and electric energy deficit.

In 10-14 days such a robotic complex can build a lunar base in the form of hangar which is 6 m long, 3 m wide, no less than 2,5 m high and 54 m³ in volume. Its common weight won't exceed a tone, so it can be delivered by one Proton or Angara rocket.

Keywords: *lunar gyroscopic mining machinery, shovel, construction 3D printer, regolith, permanent lunar housing*

Vyacheslav A. BOBIN,
Dr. Sci. (Tech), Head of department, the Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the RAS, Moscow, Russia,
bobin_va@mail.ru

Anna V. BOBINA, Cand. Sci. (Tech),
Promotion Director, the Free Economic Society of Russia, Moscow, Russia,
annabobini@mail.ru



ГИРОСКОПИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЛУНЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА НА НЕЙ ПОСТОЯННЫХ ПОСЕЛЕНИЙ



Вячеслав Александрович БОБИН,
доктор технических наук, заведующий
отделом Института проблем комплексного
освоения недр РАН, Москва, Россия,
bobin_va@mail.ru



Анна Вячеславовна БОБИНА,
кандидат технических наук, директор по
развитию Вольного экономического общества
России, Москва, Россия,
annabobini@mail.ru

АННОТАЦИЯ | Представлен проект роботизированного комплекса, реализующего технологию переработки лунного реголита для освоения полезных ископаемых Луны и строительства на ней постоянных поселений с помощью гироскопических горных машин.

В состав роботизированного комплекса входят лунная гироскопическая горная машина (ЛГГМ), механическая лопата для забора и транспортировки реголита к ЛГГМ, а также устройство перемещения переработанного реголита к загрузочному бункеру печатающей головки строительного 3D-принтера.

Показано, что в условиях пониженной гравитации и дефицита электрической энергии только ЛГГМ способна эффективно перерабатывать лунные породы и извлекать из них различные полезные компоненты.

Такой роботизированный комплекс способен за 10-14 дней построить лунную базу в виде ангара длиной 6 м и шириной 3 м и высотой не менее 2,5 м, объемом 54 куб. м. Общий вес комплекса не превысит 1 т, что позволит доставить его одной ракетой «Протон» или «Ангара».

Ключевые слова: лунная гироскопическая горная машина, механическая лопата, строительный 3D-принтер, реголит, постоянное лунное поселение



ВВЕДЕНИЕ

Россия имеет огромный опыт и достижения в области технологий разработки и добычи полезных ископаемых на Земле. Но на Луне и астероидах полезных ископаемых не меньше, и они будут играть значительную роль в обеспечении Земли энергетическим топливом для термоядерных электростанций, а также для машин и механизмов пятого и последующих поколений.

Настоящий прорыв в области технологий освоения полезных ископаемых Луны можно сделать, имея на ее поверхности постоянные лунные поселения. Для их строительства по всем параметрам подойдет лунный грунт (реголит), который позволит защитить селенавтов от жесткого космического излучения, космического холода и метеоритов при минимальных затратах электрической энергии.



ЦЕЛЬ

Освоение полезных ископаемых Луны позволит России получить не только приоритет, но и значительную экономическую выгоду. Для реализации этой цели необходимо создать на поверхности Луны постоянное поселение с помощью технологии, использующей в качестве основного элемента энергоэффективную горную машину для переработки реголита.

В настоящее время реальным является проект создания лунного поселения на базе технологии 3D-печати, предложенный Европейским космическим агентством, который в качестве строительного материала будет использовать местный грунт — реголит, состоящий из обломков изверженных пород, минералов, стекла, метеоритов. Он лежит на поверхности Луны в виде разнородного обломочно-пылевого слоя глубиной несколько метров, а его химический состав и свойства изучены благодаря образцам грунта, доставленным

советскими автоматическими станциями «Луна», а также американскими астронавтами.

Однако в этой технологии не учитывается процесс приготовления реголита для печатающей головки строительного 3D-принтера. Чтобы получить плотные и прочные строительные конструкции из лунного реголита, он должен иметь вполне определенный фракционный состав, а так как реголит представляет собой разнородный материал, то его необходимо разрушить до заданного размера с помощью породоразрушающих горных машин.

Казалось бы, проблема получения заданного гранулометрического состава лунного реголита для строительного 3D-принтера элементарна, так как современная промышленность выпускает сотни различных видов мельниц, дробилок и тому подобных машин. Однако они имеют малый КПД (не более 3–5%), большие весовые показатели (порядка нескольких тонн), требуют больших затрат электрической энергии переменного тока (десятки кВт), которая на Луне не вырабатывается, что делает невозможным в обозримом будущем доставку этих машин на Луну, Марс и астероиды.

Нет сомнения, что на Луне, где на первоначальном этапе ее освоения источников электрической энергии переменного тока просто не будет, такие горные машины, в принципе, не работоспособны. Кроме того, даже при наличии таких источников электроэнергии, используемые в настоящее время на Земле устройства для разрушения твердых горных пород на Луне из-за различия в значении ускорения свободного падения будут в шесть

Химический состав и свойства реголита изучены благодаря образцам грунта, доставленным советскими автоматическими станциями «Луна» и американскими астронавтами

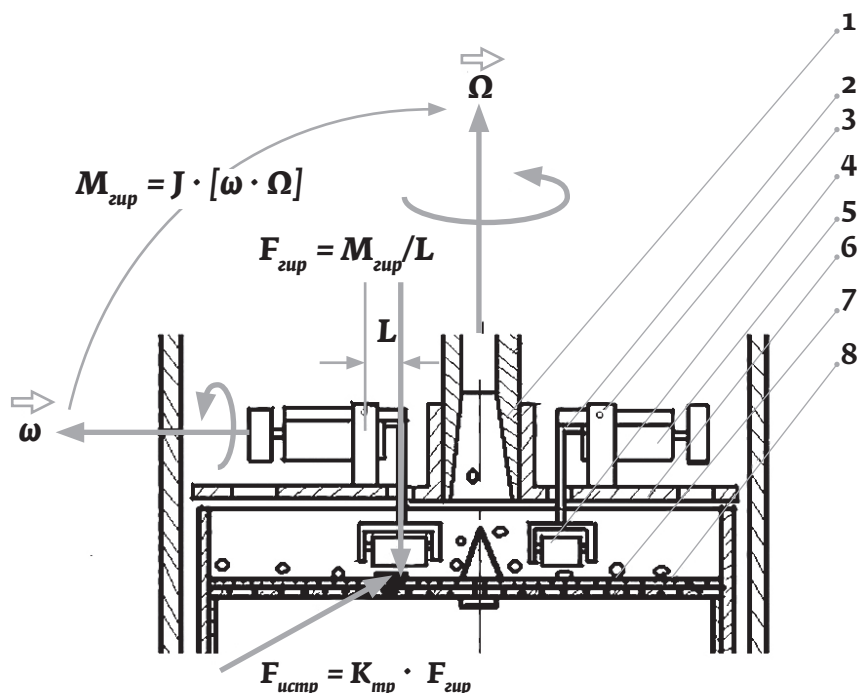


Рис. 1. Схема сил и моментов в ЛГГМ

- 1 — полый вал
- 2 — рычаг
- 3 — стойка гироскопа
- 4 — валок
- 5 — электродвигатель гироскопа
- 6 — рабочая площадка
- 7 — рабочий стол
- 8 — перфорированная сетка

раз менее эффективны, так как силой разрушения горных пород в них является сила тяжести, как панацея современной техники дезинтеграции горных пород [1]. Все это доказывает, что работы по созданию горных машин, работающих от солнечных батарей, специально для Луны и астероидов не только актуальны, но и совершенно необходимы — без них реальное освоение богатств Луны невозможно и рискует обратиться бессмысленной погоней за престижем и тратой материальных и духовных капиталов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время в ИПКОН РАН создана специальная горная машина для переработки реголита. Ее действующий экспериментальный образец назван лунной гироскопической горной машиной (ЛГГМ). В работах [1–3] доказано, что только гироскопическая сила является альтернативой силе гравитации при создании усилий дезинтеграции твердых материалов на Луне и других объектах с пониженной по сравнению с земной силой тяжести.

Конструктивно ЛГГМ состоит из загрузочного блока, блока силового привода, истирающего блока и блока разгрузки [3].

ЛГГМ работает следующим образом: силовой блок раскручивает горизонтальную рабочую площадку и установленные на ней двухступенные гироскопы с закрепленными на них рабочими органами. В результате возникающего гироско-

пического момента двухступенные гироскопы прижимают рабочие органы к поверхности перфорированного рабочего стола, куда через погрузочный блок поступает реголит (или другая горная порода). При контактом взаимодействии рабочих органов с частицами горной породы возникает сила трения, величина которой вычисляется согласно формуле:

$$F_{\text{истр}} = K \cdot F_{\text{гир}} = K \cdot J \cdot \omega \cdot \Omega / L,$$

где K — коэффициент, J — момент инерции маховика гироскопа, ω и Ω — соответственно угловые скорости вращения маховика гироскопа и горизонтальной площадки, L — плечо гироскопической силы.

За счет истирания частицы горной породы достигают заданного размера и через перфорации рабочего стола попадают в блок разгрузки.

Благодаря предложенной конструкции рабочего стола и системы подачи горной породы через полый вал вращения значительно уменьшаются габариты и вес ЛГГМ, затраты на электроэнергию, но увеличивается ее производительность.

Схема сил и моментов, реализующих рабочий процесс контактного взаимодействия между рабочим органом ЛГГМ и породой, приведена на рисунке 1.

Значение силы истирания является функцией конструктивных параметров устройства и технологических, к каким относятся угловые скорости вращения маховиков и рабочей площадки, тогда как коэффициент трения определяется физическими свойствами породы и материала рабоче-

ТАБЛИЦА 1

Сравнительные данные серийных дисковых измельчителей (ИД) и экспериментального образца ЛГГМ

ПАРАМЕТРЫ	ИД-130	ИД-175	ИД-250	ЛДИ-65	ЛГГМ
Исходная крупность породы, мм	до 3	до 10	до 10	до 2	до 10
Конечная крупность породы, мм	0,044	0,05	0,08	0,05	0,06
Q, кг/ч	8	20	40	1	23
N, кВт	1,1	1,5	5,5	0,37	0,075
m, кг	55	80	160	17	5
$\Xi = Q/N$, кг/ч/кВт	7,3	13,3	7,3	2,7	306
$\Xi_{уд} = \Xi/m$, кг/ч/кВт/кг	0,13	0,17	0,045	0,16	62

го органа. Эти параметры определяют и способы управления значением силы истирания. Но если физические и конструктивные параметры ЛГГМ невозможно изменять в процессе контактного взаимодействия, то технологические легко изменяются за счет изменения скоростей вращения электродвигателей рабочей площадки и гироскопов и осуществляются простым изменением подводимого к ним электрического напряжения.

Это свойство ЛГГМ важно, когда приходится разрушать горные породы с различными физико-механическими свойствами. При этом на процесс разрушения затрачивается именно столько энергии, сколько требует конкретная горная порода, то есть ЛГГМ является энергосберегающей горной машиной для разрушения пород любых физико-механических свойств. Кроме того, возможность регулирования ЛГГМ без ее остановки позволяет при этом регулировать производительность данной машины в зависимости от конкретных потребностей горного производства.

Что же касается конкретных значений диапазонов изменения значений угловых скоростей гироскопов и рабочей площадки, то современные обычные электродвигатели имеют максимальные значения числа оборотов порядка 4000 об/мин, что соответствует угловой скорости порядка 4000 с⁻¹. То есть использование таких двигателей позволит увеличить угловую скорость

вращения гироскопа в 10 раз по сравнению с аналогичным значением для экспериментального образца ЛГГМ, а для угловой скорости рабочей площадки — в 100 раз, что, в свою очередь, увеличит значение гироскопической силы, а значит, и усилия при контактном взаимодействии почти в 1000 раз — при тех же габаритах и весе, что и у экспериментального образца ЛГГМ.

В ИПКОН РАН создан и испытан лабораторный образец ЛГГМ производительностью 23 кг/ч, который при весе всего 5 кг, потребляя 75 Вт электрической энергии постоянного тока, истирает образцы горной породы крепостью от 2 до 7 единиц по шкале М. М. Протодяконова и размером до 10 мм. Конечная крупность измельчаемой горной породы составляет 40–80 мкм, что облегчает извлечение полезных компонентов. Значение достигнутого результата иллюстрируют сравнительные данные по всему перечню параметров серийно выпускаемых дисковых измельчителей (ИД) и экспериментального образца ЛГГМ, представленные в таблице [3].

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что эффективность работы (Ξ) ЛГГМ в 23 раза больше, чем у дисковых истирателей аналогичного назначения.

Использование в конструкции двигателей постоянного тока диктуется отсутствием на Луне, по крайней мере в начальный момент ее промышленного освоения, источников трехфазного переменного тока.

Известно, что на Луне в районах северного и южного полюсов содержится не менее 1,6 млрд тонн воды в виде льда, которая может стать источником для производства экологически чистого водородо-кислородного ракетного топлива. Кроме того, в лунном грунте содержится значительное количество титана, железа и редкоземельных металлов, пригодных для создания многих элементов космических кораблей и постоянных лунных

Лунная гироскопическая горная машина является энергосберегающей: на процесс разрушения она затрачивает именно столько энергии, сколько требует конкретная горная порода

поселений, а также громадные запасы гелия-3 — основы будущей термоядерной энергетики как для Луны, так и для Земли.

ОБСУЖДЕНИЕ

В далеком будущем полномасштабное освоение Луны позволит превратить ее в промежуточный космопорт для полетов на астероиды, Марс и другие планеты Солнечной системы.

Однако реализация этих лунных технологий по добыче полезных ископаемых возможна только при наличии на ее поверхности постоянных лунных поселений, которые будут построены сначала в роботизированном варианте, а потом и с непосредственным участием людей. Для этого не придется завозить на Луну строительные материалы, потому что в качестве них можно использовать тот же лунный грунт, который, благодаря своим физическим свойствам, позволит защитить людей в этих поселениях от жесткого космического излучения, космического холода и метеоритов при минимальных затратах электрической энергии, получаемой от солнечных батарей.

Для строительства постоянных поселений в роботизированном варианте отлично подходит технология строительства 3D-печати, для реализации которой предлагается создать роботизированный строительный комплекс, в состав которого войдут роботизированная ЛГГМ, погрузчик (мехлопата) и строительный 3D-принтер [3].

При этом погрузчик используется для забора и транспортировки реголита к загрузочному устройству ЛГГМ. В ЛГГМ реголит проходит предварительную обработку до такого фракционного размера, который необходим для оптимальной работы 3D-принтера, и с помощью того же погрузчика доставляется в его печатающую головку.

Сама печатающая головка строительного принтера устанавливается, например, на консольной или мостовой кран-балке, размещенной непосредственно на посадочном модуле прилунившегося космического аппарата.

Оценочные расчеты, проведенные в ИПКОН РАН, показывают, что ЛГГМ производительностью 1 т/ч будет иметь размеры в диаметре не более 0,5–0,7 м, высоту 0,8–1 м и вес не более 200 кг при потребляемой мощности не более 1–1,3 кВт и с эффективностью не ниже 0,3 т/кВт·ч. Габариты и весовые данные погрузчика и 3D-принтера сравнимы с весовыми параметрами ЛГГМ или ниже их, и вместе они не превысят вес «Лунохода-1», доставленного на поверхность Луны еще в 1970 году.

Лунный посадочный модуль доставит все элементы роботизированного строительного комплекса с автономными солнечными панелями,

как это сделано на луноходах, или радиоизотопными источниками на основе плутония-238. При этом его общий вес не превысит 1 т, что позволит доставить все механизмы для реализации проекта одной ракетой «Протон» или «Ангара».

Все это позволит в условиях дефицита энергии, в щадящем режиме всего за 10–14 дней построить без вмешательства человека в роботизированном варианте на поверхности Луны опытную лунную базу в виде ангара размером в плане 6×3 м и высотой не менее 2,5 м и толщиной стен не менее 1,5 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ЛГГМ представляет собой горную машину, в которой сила разрушения горной породы не зависит от ускорения свободного падения, а определяется исключительно значениями угловых скоростей вращения ротора двухступенного гироскопа и горизонтальной площадки, на которой он установлен. Это позволяет использовать машину для реализации технологии переработки лунного реголита и использования его для строительства постоянных лунных поселений.



Литература

1. **Бобин В.А., Бобина А.В.** Гироскопические силы – новая физическая основа создания энергоэффективных горных машин // Наука и образование в XXI веке. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (г. Москва, 30 декабря 2013 г.). Ч. I. М.: АР-Консалт, 2014. С. 27–29.
2. Патент РФ № 2429912. Гироскопический измельчитель с центральной загрузкой породы / Бобин В.А., Покаместов А.В., Бобина А.В., Ланюк А.Н.; опубл. 27.09.2011. Бюл. № 27.
3. **Бобин В.А., Бобина А.В.** Гироскопические горные машины для извлечения полезных ископаемых на Земле и Луне. М.: Библио-глобус, 2016. 160 с. DOI: 10.18334/9785912921490

References

1. **Bobin V.A., Bobina A.V.** Giroskopicheskie sily – novaya fizicheskaya osnova sozdaniya energoeffektivnykh gornyykh mashin. Nauka i obrazovanie v XXI veke. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Moscow 30 December 2013). Part I. Moscow, AR-Konsalt, 2014, pp. 27–29.
2. **Bobin V.A., Pokamestov A.V., Bobina A.V., Lanyuk A.N.** Giroskopicheskiy izmelchitel s tsentralnoy zagruzkoy porody. Patent RF no. 242991 (2011).
3. **Bobin V.A., Bobina A.V.** Giroskopicheskiye gorinye mashiny dlya izvlecheniya poleznykh iskopaemykh na Zemle i Lune. Moscow, Biblio-globus, 2016. 160 p. DOI: 10.18334/9785912921490.

© Бобин В.А., Бобина А.В., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.04.2019
Принята к публикации: 06.05.2019

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бобин А.В., Бобина В.А. Гироскопические горные машины для освоения полезных ископаемых Луны и строительства на ней постоянных поселений // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2(99). С. 26–31.

"VOYEVODA" SAFEGUARDING THE PLANET

«ВОЕВОДА» НА СТРАЖЕ ПЛАНЕТЫ

Oleg D. BAKLANOV,
the Minister of General Machine Building of the USSR
(1983–1988); Chairman, Rosobshemash Corporation
Board of Director; Cand. Sci. (Tech), Hero of Socialist
Labour, Moscow, Russia,
rom.rvsn@mail.ru



Олег Дмитриевич БАКЛАНОВ,
министр общего машиностроения СССР (1983–1988 гг.),
председатель совета директоров ОАО «Корпорация
Рособщемаш», кандидат технических наук, Герой
Социалистического Труда, Москва, Россия,
rom.rvsn@mail.ru

Valery P. BUBLIY,
Deputy Head, Rosobshemash Corporation Centre for
Guarantee & Author Supervision over the Strategic Missile
Forces' Armament, State Counsellor 1st Class of the Rus-
sian Federation, Major General, Moscow, Russia,
vbubl@mail.ru



Валерий Павлович БУБЛИЙ,
заместитель начальника центра гарантийного и
авторского надзора за вооружением РВСН ОАО «Корпорация
Рособщемаш», государственный советник Российской
Федерации 1-го класса, генерал-майор, Москва, Россия,
vbubl@mail.ru

Erik M. GALIMOV,
Academic of the RAS; Head of Research, the Institute
of Geochemistry and Analytic Chemistry named after
V.I. Vernadsky of the RAS, Moscow, Russia,
galimov@geokhi.ru



Эрик Михайлович ГАЛИМОВ,
академик РАН, научный руководитель Института геохимии
и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской
академии наук (ГЕОХИ РАН), Москва, Россия,
galimov@geokhi.ru

Viktor V. DREMOV,
CEO, Rosobshemash Corporation, Honored Military
Specialist of the RF, Lieutenant General, Moscow, Russia,
rom.rvsn@mail.ru



Виктор Васильевич ДРЕМОВ,
генеральный директор ОАО «Корпорация Рособщемаш»,
заслуженный военный специалист РФ, генерал-лейтенант,
Москва, Россия, rom.rvsn@mail.ru

Anatoly V. ZAITSEV,
Honorary Member, The Russian Academy of Cosmonautics
named after K.E. Tsiolkovsky; Academician,
International Futures Research Academy (IFRA); CEO,
Planetary Defence Centre NPP, Khimki, Russia,
zav-y@yandex.ru



Анатолий Васильевич ЗАЙЦЕВ,
почетный член Российской академии космонавтики имени
К.Э. Циолковского (РАКЦ), академик Международной
академии исследований будущего (МАИБ), генеральный
директор НПП «Центр планетарной защиты», Химки, Россия,
zav-y@yandex.ru

Nikolay A. MAKHUTOV,
Corresponding Member of the RAS, Chair,
the RAS Commission on Technotronic Security,
Moscow, Russia, keis1@mail.ru



Николай Андреевич МАХУТОВ,
член-корреспондент РАН, председатель Комиссии РАН по
техногенной безопасности, Москва, Россия,
keis1@mail.ru

Vadim A. SIMONENKO,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor,
Deputy Head of Research, the Russian Federal Nuclear
Center – Zababakhin All-Russian Research Institute of
Technical Physics, Snezhinsk, Russia,
v.a.simonenko@vniitf.ru



Вадим Александрович СИМОНЕНКО,
доктор физико-математических наук, профессор,
заместитель научного руководителя Российского
федерального ядерного центра – ВНИИ технической физики
имени Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия,
v.a.simonenko@vniitf.ru

ABSTRACT | In the article it is stated that there are reasonable grounds for the peaceful use of silo-based RS-20 Voevoda intercontinental ballistic missile which are being removed from operational status. It is offered to use them for satellite launches to explore space and near Earth asteroids as well as to produce and d the components of Citadel planetary defence system designated for the prevention of catastrophic asteroids and comet nuclei collisions with Earth.

Keywords: *asteroid-comet hazard, planetary defence system, launcher, Voevoda, Dnepr, satellite*

АННОТАЦИЯ | Представлено обоснование целесообразности применения снимаемых с вооружения межконтинентальных баллистических ракет шахтного базирования РС-20 «Воевода» в мирных целях. Предложено использовать их для запусков космических аппаратов в целях изучения космического пространства и пролетающих вблизи Земли астероидов, а также создания и отработки компонентов системы планетарной защиты «Цитадель», предназначенной для предотвращения катастрофических столкновений с Землей астероидов и ядер комет.

Ключевые слова: *астероидно-кометная опасность, система планетарной защиты, ракета-носитель, «Воевода», «Днепр», космический аппарат*

УГРОЗА ИЗ КОСМОСА

После падения Челябинского метеорита уже никто, пожалуй, не сомневается в наличии угрозы катастрофических падений небесных тел на Землю. Такие события многократно происходили в истории нашей планеты, что приводило в ряде случаев почти к полному уничтожению ее биосферы [1]. Подобное может случиться в любой момент в настоящем или будущем. Подтверждением этому является тот факт, что вблизи Земли ежегодно пролетает около двух сотен астероидов. Например, за период с 11 апреля 2018 года по 11 апреля 2019 года в сфере притяжения Земли, радиус которой составляет около одного миллиона километров, пролетел 181 астероид размером от 1 до 110 м [2]. То есть наша планета находится под постоянным обстрелом, к счастью, не прицельным (рис. 1).

Наличие космической угрозы обуславливает необходимость принятия мер защиты от нее. На важность проведения таких работ указывают документы как международных организаций — ООН, ПАСЕ, Всемирной федерации ученых, так и национальных — Совета Федерации и Совета безопасности Российской Федерации, МЧС России, РАН, конгресса США и ряда других.

Для обеспечения оперативного реагирования на астероидно-кометную угрозу необходимо создание находящегося в постоянной готовности эшелона оперативного реагирования

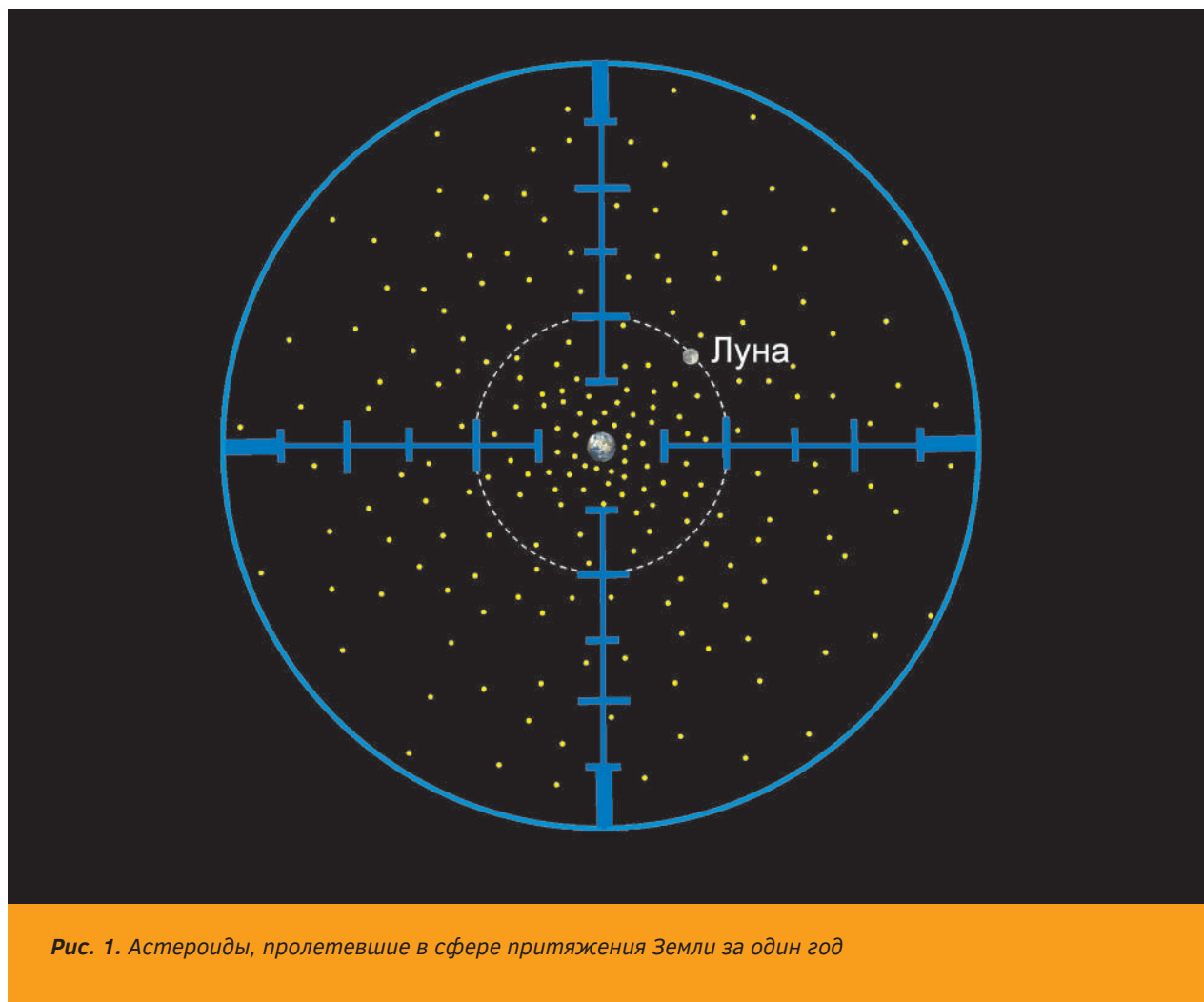


Рис. 1. Астероиды, пролетевшие в сфере притяжения Земли за один год

МЕРЫ ЗАЩИТЫ

Ответом на астероидно-кометную опасность (АКО) может стать создание международной системы планетарной защиты (СПЗ) [3]. Возможность ее создания подтверждается тем, что в свое время в СССР, США и других странах были созданы практически все базовые компоненты СПЗ — образцы ракетно-космической техники, ядерного оружия, средств связи и т. п. Одним из возможных вариантов построения СПЗ может стать разработанный в России проект международной СПЗ «Цитадель» [4]. Данная система будет включать два эшелона — краткосрочного (оперативного) реагирования (ЭКР) и долгосрочного реагирования. Ее основу составит ЭКР «Цитадель-1» [5]. Необходимость создания этого эшелона вызвана тем, что около 99,9% астероидов, сближающихся с Землей, имеют размеры от десятков (типа Челябинского и Тунгусского) до сотен метров, и поэтому их обнаружение будет возможно, скорее всего, за несколько суток/недель/месяцев до столкновения. Следовательно, для обеспечения оперативного реагирования на эту угрозу необходимо создание находящегося в постоянной готовности эшелона.

Разработка принципов построения и проектного облика ракетно-космических и других компонентов ЭКР осуществлялась Центром планетарной защиты с рядом российских организаций. В результате было показано, что ЭКР «Цитадель-1» может быть создан на базе существующих технологий в течение пяти-семи лет.

Снятие с вооружения самых мощных в мире межконтинентальных баллистических ракет шахтного базирования РС-20 «Воевода» позволит применить средства, которые разрабатывались в военных целях, не для уничтожения, а для защиты всего человечества



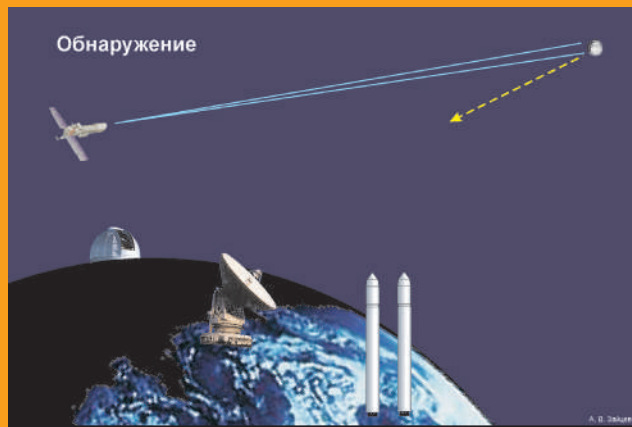


Рис. 2. Обнаружение ОНТ



Рис. 3. Изучение и разведка ОНТ

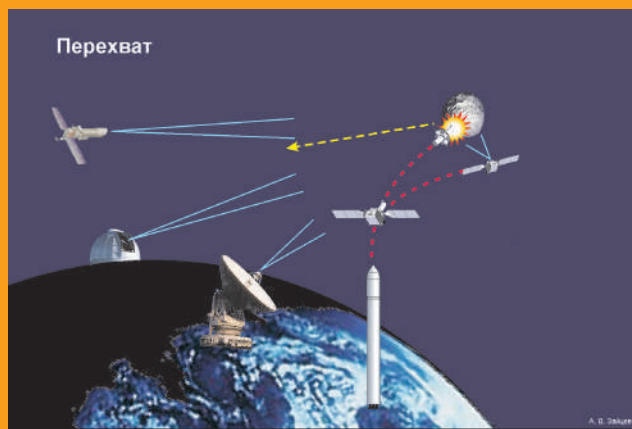


Рис. 4. Перехват ОНТ

Его работа будет включать следующие основные операции:

1. ОБНАРУЖЕНИЕ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Обнаружение опасных небесных тел (ОНТ) будет осуществляться средствами наземно-космической службы наблюдения. Ее основу составит космический сегмент наблюдения (КСН) (рис. 2). В его состав войдут космические аппараты (КА) — наблюдатели, снабженные телескопами, работающими в видимом и инфракрасном диапазонах спектра. Эти КА могут размещаться на околоземных и межпланетных орбитах.

КСН обеспечит гарантированное обнаружение ОНТ, приближающихся даже со стороны Солнца, как минимум за несколько суток до столкновения, что наземными телескопами сделать невозможно.

2. ИЗУЧЕНИЕ И РАЗВЕДКА

После обнаружения ОНТ к изучению его характеристик подключатся наземные и космические средства наблюдения, в зоне контроля которых оно находится (рис. 3). Для этого будут использоваться как оптические телескопы, так и планетные радиолокаторы, а также военные средства контроля космического пространства [6]. Для более детального изучения характеристик ОНТ к нему будут запущены КА-разведчики малого класса.

В результате комплексной обработки полученной информации будет построена инженерная модель ОНТ и выбран оптимальный вариант защиты от него.

3. ПЕРЕХВАТ

Для воздействия на ОНТ с целью его отклонения с падающей траектории или, в случае необходимости, его разрушения, будут запускаться КА-перехватчики со средствами воздействия (рис. 4). При этом будут применяться главным образом средства импульсного (сильного) воздействия — кинетические ударники и ядерные взрывные устройства. Это связано с краткостью времен подлета ОНТ к Земле и высокими скоростями встречи с ними КА-перехватчиков.

Как показывают результаты работ, выполненных российскими и зарубежными специалистами [7], современные ядерные технологии позволяют организовать отклонение или разрушение ОНТ размером до нескольких сотен метров, то есть защитить нас примерно от 99,5 %

опасных астероидов. Защита от остальных 0,5% более крупных астероидов и кометных ядер, которые будут обнаруживаться за многие годы до столкновения, будет осуществляться средствами эшелона долгосрочного реагирования.

Таким образом, у нас имеются все необходимые технологии для создания ЭКР. И в настоящее время представляется уникальная возможность для его создания в кратчайшие сроки. Этому способствуют два обстоятельства. Первое заключается в большом количестве астероидов, ежегодно пролетающих вблизи Земли, что позволяет использовать околоземное космическое пространство в качестве своеобразного полигона для их изучения и отработки компонентов СПЗ.

Вторым обстоятельством является намечаемое снятие с вооружения самых мощных в мире межконтинентальных баллистических ракет (МБР) шахтного базирования РС-20 «Воевода» [8]. Уникальные характеристики этих МБР, в частности высокая степень готовности к запуску, могут сделать их важнейшим компонентом ЭКР. При этом они могут стать эффективным средством для запуска КА различного назначения, предназначенных как для изучения пролетающих вблизи Земли астероидов и других космических исследований, так и для отработки КА-разведчиков и КА-перехватчиков. Следовательно, у нас появляется уникальная возможность применения средств, которые разрабатывались в военных целях, не для уничтожения, а для защиты всего человечества.

ХАРАКТЕРИСТИКИ РН «ВОЕВОДА» С РАЗГОННЫМ БЛОКОМ

Эффективность использования МБР РС-20 в качестве ракеты-носителя (РН), получившей название «Днепр» (рис. 5), подтверждена многократными успешными запусками КА. Масса полезного груза, выводимого этой РН с космодрома Байконур на опорную круговую орбиту высотой 300 км и наклоном 51,8 град. достигает 3200 кг [9].

Для выведения КА на высокие околоземные орбиты, а также на межпланетные траектории РН «Днепр» необходимо дооснастить разгонным блоком (РБ). В качестве такого РБ может быть использован РБ типа «Бриз-КМ», разработки КБ «Салют», или «Лифт» (рис. 6), который разрабатывался в НПО имени С. А. Лавочкина. Силовая конструкция и блок баков этого РБ взяты с РБ «Л» РН «Молния-М», а система управления и маршевая двигательная установка — с РБ «Фрегат». Это позволит минимизировать затраты на его создание и отработку.



Рис. 5. РН «Днепр»

ТАБЛИЦА 1.

Параметры орбиты	Масса КА
200x40 000 км	1700 кг
200x400 000 км	1300 кг
200x1 000 000 км	1200 кг

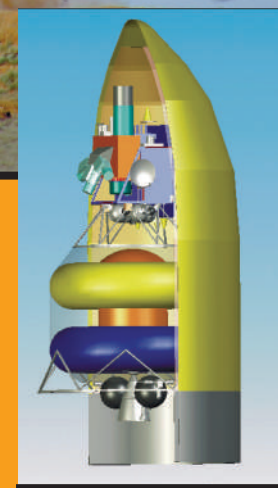


Рис. 6. РБ «Лифт» с КА

Среди астероидов, сближающихся с Землей, встречаются объекты со скоростями всего в единицы километров в секунду — это дает уникальную возможность совершить посадку на них для проведения исследований на поверхности

Начальная масса космической головной части (КГЧ), включающей РБ «Лифт» и КА, составляет 7150 кг [10]. Увеличение массы КГЧ потребует включения маршевого двигателя РБ для ее довыведения на опорную орбиту. В итоге конечная масса КГЧ на опорной орбите высотой 200 км составит 5445 кг. Она включает сухую массу РБ — 740 кг и 3910 кг топлива, а также массу КА — 795 кг.

Данный РБ может обеспечить выведение такого КА на межпланетные траектории со скоростью

около 4 км/с (на границе сферы притяжения Земли). Это позволит осуществлять экспедиции, например, к малым телам Солнечной системы от орбиты Венеры до Марса и дальше.

Массы КА, выводимые на различные околоземные орбиты с космодрома Байконур, приведены в табл. 1.

На окололунную орбиту может быть выведен КА массой около 700 кг, а на поверхность Луны может быть доставлен аппарат массой около 300 кг.

Таким образом, РН «Днепр» с РБ «Лифт» или «Бриз-КМ» может обеспечить выполнение широкого спектра экспедиций в околоземном и межпланетном космическом пространстве, включая проведение экспериментов по изучению астероидов, сближающихся с Землей, и отработку компонентов СПЗ [11]. А поскольку среди этих астероидов встречаются объекты со скоростями всего в единицы километров в секунду, у нас появляется уникальная возможность совершить посадку на них для проведения исследований на поверхности и даже доставки грунта на Землю.

С высокоскоростными астероидами можно будет проводить динамические ударные эксперименты. Причем возможности экспедиций к небесным телам можно будет расширить путем стыковки на опорной орбите двух и более КГЧ.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Снятие с вооружений МБР РС-20 («Воевода»), не имеющих аналогов в мире, предоставляет уникальную возможность применения этих средств, которые разрабатывались в военных целях, для проведения мирного исследования космического пространства и для защиты всего человечества от угрозы катастрофических столкновений с Землей астероидов и ядер комет.
2. Использование конверсионного варианта этой МБР — РН «Днепр» с дополнительным РБ — позволит, в частности, организовать экспедиции к астероидам, пролетающим в околоземном космическом пространстве, а также к другим объектам Солнечной системы.
3. В ходе проведения этих экспедиций возможно проведение широкого спектра экспериментов как по изучению астероидов дистанционными и прямыми (контактными) методами, включая доставку образцов грунта на Землю, так и одновременно по отработке методов и средств системы планетарной защиты.
4. Осуществление экспедиций к пролетающим вблизи Земли астероидам существенно сократит сроки, снизит стоимость и повысит эффективность проведения космических экспедиций к малым небесным телам и отработки компонентов системы планетарной защиты.
5. Это также будет стимулировать проведение фундаментальных и прикладных исследований в различных областях, что создаст серьезный научно-технологический задел для развития российской и мировой науки и техники.
6. Учитывая глобальный характер проблемы защиты от АКО, появится возможность организации международного сотрудничества и привлечения международного финансирования для ее решения.
7. В целях применения МБР РС-20 «Воевода» для космических исследований, а также создания и отработки компонентов международной системы планетарной защиты необходимо обеспечить консервацию этих МБР и дооснащение их разгонными блоками.



Литература

1. Медведев Ю.Д., Свешников М.Л., Соколовский А.Г., Тимошкова Е.И., Чернетенко Ю.А., Черных Н.С., Шор В.А. Астероидно-кометная опасность / Под ред. А.Г. Соколовского. СПб.: ИТА РАН — МИПАО, 1996. 244 с.
2. NEO Earth Close Approaches [Электронный ресурс] // CNEOS. URL: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> (Дата обращения: 11.04.2019).
3. Зайцев А.В. Некоторые принципы построения системы предотвращения столкновений Земли с астероидами и кометами. Труды XXIII чтений К.Э. Циолковского (Калуга, 13–16 сентября 1988 г.). Секция «Проблемы ракетной и космической техники». М.: ИИЕТ АН СССР, 1989. С. 141–147.
4. Бармин И.В., Дегтярев А.В., Махутов Н.А., Мусабаев Т.А., Таранов А.А., Адушкин В.В., Бакланов О.Д., Болов В.Р., Галимов Э.М., Зайцев А.В., Ларионов В.И., Суханов С.А., Суцев С.П. Международная система планетарной защиты «Цитадель». Концепция создания. НП «Центр планетарной защиты», 2012 г. 24 с.
5. Bashilov A.S., Volk I.P., Gofin M.Ja., Zaitsev A.V., Konyukhov S.N., Pobedonostsev K.A., Slyunyaev N.N. Possible Approaches to Implementation of "Citadel-1" International Planetary Defense System Project. In "Space for Security and Prosperity on the Peoples". Editors: J.-M. Contant and V.A. Menshikov. Moscow: A.A. Maksimov Space Systems Research Institute, 2010, pp. 154–163.
6. Арсеньев Г.И., Семенов Б.И., Торговкин С.Н., Трекин В.В. Двойное использование систем ракетно-космической обороны в интересах решения проблемы астероидно-кометной опасности // Информационно-измерительные и управляющие системы, 2006. Т. 4. № 5. С. 5–12.
7. Shubin O.N., Nechai V.Z., Nogin V.N., Petrov D.V., Simonenko V.A. Nuclear Explosion Near Surface of Asteroids and Comets. Common Description of the Phenomenon. Proceeding of the Planetary Defense Workshop (Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California, 22–26 May 1995). Livermore, CA, 1995, pp. 383–396.
8. Грищенко Н. В Минобороны заявили о скором начале утилизации «Сатаны» [Электронный ресурс] // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2018/03/12/v-minoborony-zaiavili-o-skorom-nachale-utilizacii-raket-satana.html> (Дата обращения: 15.04.2019).
9. Энергетические характеристики доработанной ракеты РС-20 при выведении на круговую орбиту [Электронный ресурс] // Космотрас. URL: <http://www.kosmotras.ru/Energetika/> (Дата обращения: 15.04.2019).
10. Расчет массовых характеристик КА «Резонанс» с ДУ «Лифт» при выведении на РН «Днепр» с космодрома Байконур управление с КА [Электронный ресурс] // Резонанс. URL: <http://www.iki.rssi.ru/resonance/53.html> (Дата обращения: 18.04.2019).
11. Зайцев А.В., Петров Д.В., Ногин В.Н., Елсуков В.П., Краснослабодцев Д.А., Симоненко В.А., Сорока А.И. Многоцелевые экспедиции к астероидам, пролетающим вблизи Земли // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2. С. 22–29.

References

1. Medvedev Yu.D., Sveshnikov M.L., Sokol'skiy A.G., Timoshkova E.I., Chernetenko Yu.A., Chernykh N.S., Shor V.A. Asteroidno-kometnaya opasnost'. Ed. A.G. Sokol'skiy. Saint Petersburg, ITA RAN — MIPAO, 1996. 244 p.
2. NEO Earth Close Approaches. Available at: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> (Retrieval date: 11.04.2019).
3. Zaytsev A.V. Nekotorye printsipy postroeniya sistemy predotvrashcheniya stolknoveniy Zemli s asteroidami i kometami. Trudy XXIII chteniy K.E. Tsiolkovskogo (Kaluga, 13–16 September, 1988). Sektsiya "Problemy raketnoy i kosmicheskoy tekhniki". Moscow, ILET AN SSSR, 1989, pp. 141–147.
4. Barmin I.V., Degtyarev A.V., Makhutov N.A., Musabaev T.A., Taranov A.A., Adushkin V.V., Baklanov O.D., Bolov V.R., Galimov E.M., Zaytsev A.V., Larionov V.I., Sukhanov S.A., Sushchev S.P. Mezhdunarodnaya sistema planetarnoy zashchity "Tsitadel'". Kontseptsiya sozdaniya. NP "Tsentr planetarnoy zashchity", 2012. 24 p.
5. Bashilov A.S., Volk I.P., Gofin M.Ja., Zaitsev A.V., Konyukhov S.N., Pobedonostsev K.A., Slyunyaev N.N. Possible Approaches to Implementation of "Citadel-1" International Planetary Defense System Project. In "Space for Security and Prosperity on the Peoples". Ed. J.-M. Contant, V.A. Menshikov. Moscow: A.A. Maksimov Space Systems Research Institute, 2010, pp. 154–163.
6. Arsen'ev G.I., Semenov B.I., Torgovkin S.N., Trekin V.V. Dvoynoe ispol'zovanie sistem raketno-kosmicheskoy oborony v interesakh resheniya problemy asteroidno-kometnoy opasnosti. Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy, 2006, vol. 4, no. 5, pp. 5–12.
7. Shubin O.N., Nechai V.Z., Nogin V.N., Petrov D.V., Simonenko V.A. Nuclear Explosion Near Surface of Asteroids and Comets. Common Description of the Phenomenon. Proceeding of the Planetary Defense Workshop (Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California, 22–26 May 1995). Livermore, CA, 1995, pp. 383–396.
8. Grishchenko N. V Minoborony zayavili o skorom nachale utilizatsii "Satany". Available at: <https://rg.ru/2018/03/12/v-minoborony-zaiavili-o-skorom-nachale-utilizacii-raket-satana.html> (Retrieval date: 15.04.2019).
9. Energeticheskie kharakteristiki dorabotannoy rakety RS-20 pri vyvedenii na krugovuyu orbitu. Available at: <http://www.kosmotras.ru/Energetika/> (Retrieval date: 15.04.2019).
10. Raschet massovykh kharakteristik KA "Rezonans" s DU "Lift" pri vyvedenii na RN "Dnepr" s kosmodroma Baykonur upravlenie s KA. Available at: <http://www.iki.rssi.ru/resonance/53.html> (Retrieval date: 18.04.2019).
11. Zaytsev A.V., Petrov D.V., Nogin V.N., Elsuikov V.P., Krasnoslabodtsev D.A., Simonenko V.A., Soroka A.I. Mnogotsel'nyye ekspeditsii k asteroidam, proletayushchim vblizi Zemli. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 2, pp. 22–29.

© Бакланов О.Д., Бублий В.П., Галимов Э.М., Дремов В.В., Зайцев А.В., Махутов Н.А., Симоненко В.А., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 19.04.2019

Принята к публикации: 09.05.2019

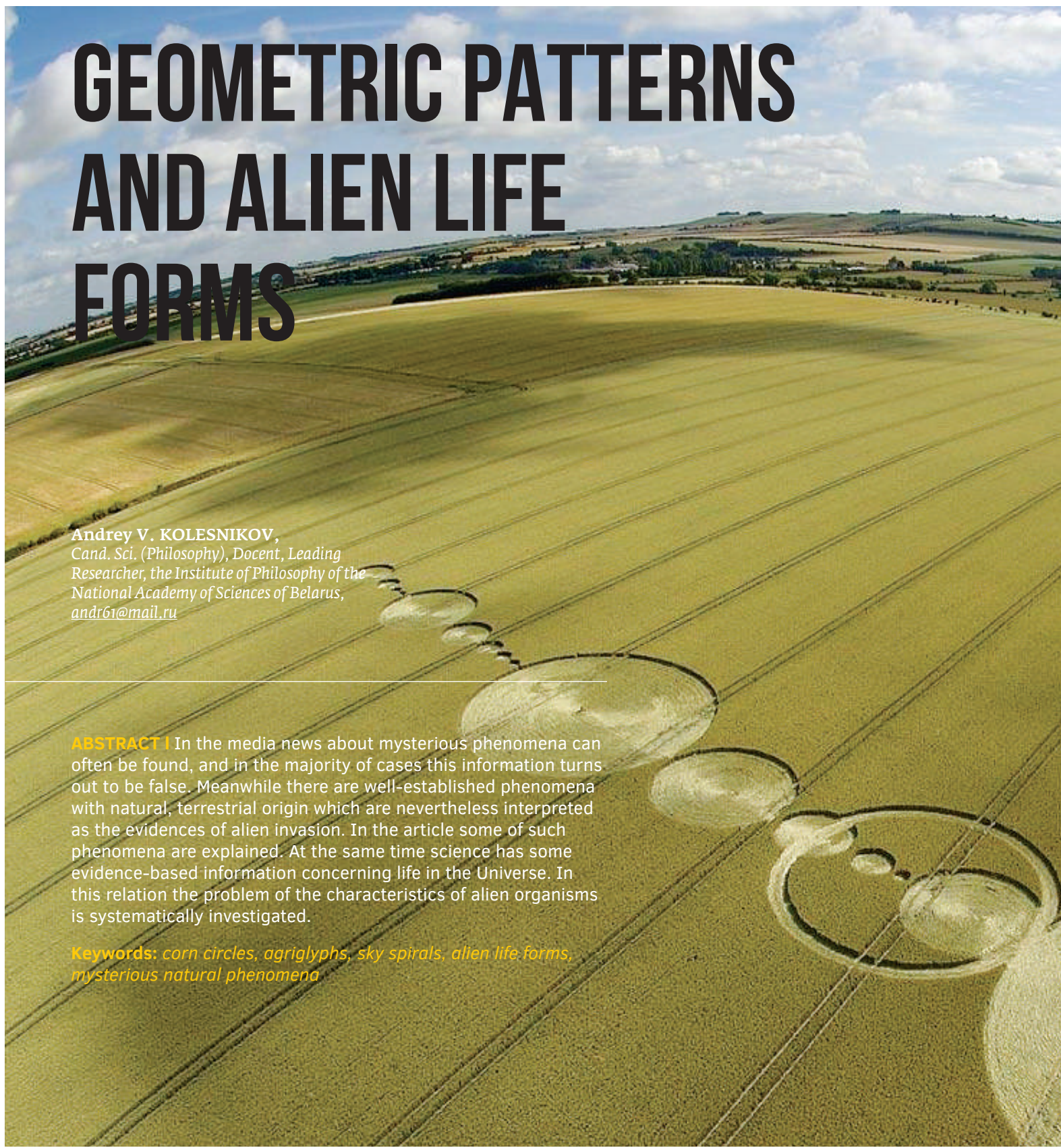
Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бакланов О.Д., Бублий В.П., Галимов Э.М., Дремов В.В., Зайцев А.В., Махутов Н.А., Симоненко В.А. «Воевода» на страже планеты // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2(99). С. 32–39.

GEOMETRIC PATTERNS AND ALIEN LIFE FORMS



Andrey V. KOLESNIKOV,
*Cand. Sci. (Philosophy), Docent, Leading
Researcher, the Institute of Philosophy of the
National Academy of Sciences of Belarus,
andr61@mail.ru*

ABSTRACT | In the media news about mysterious phenomena can often be found, and in the majority of cases this information turns out to be false. Meanwhile there are well-established phenomena with natural, terrestrial origin which are nevertheless interpreted as the evidences of alien invasion. In the article some of such phenomena are explained. At the same time science has some evidence-based information concerning life in the Universe. In this relation the problem of the characteristics of alien organisms is systematically investigated.

Keywords: *corn circles, agriglyphs, sky spirals, alien life forms, mysterious natural phenomena*

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ УЗОРЫ И ФОРМЫ ИНОПЛАНЕТНОЙ ЖИЗНИ



Андрей Витальевич КОЛЕСНИКОВ,
кандидат философских наук, доцент,
ведущий научный сотрудник Института
философии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
andr61@mail.ru

АННОТАЦИЯ | В средствах массовой информации нередко появляются новости о загадочных явлениях, и чаще всего они оказываются недостоверными. Между тем существуют и надежно установленные феномены, которые имеют естественное, земное, происхождение, но интерпретируются как свидетельства вмешательства инопланетных форм жизни. В статье раскрываются причины некоторых подобных явлений. Вместе с тем научно обоснованные вероятностные соображения свидетельствуют о том, что жизнь во Вселенной существует и достаточно распространена. Исходя из данного положения, на системной основе исследуется вопрос, какими свойствами могут обладать инопланетные живые организмы.

Ключевые слова: *круги на полях, агроглифы, спирали в небе, инопланетные формы жизни, загадочные явления природы*

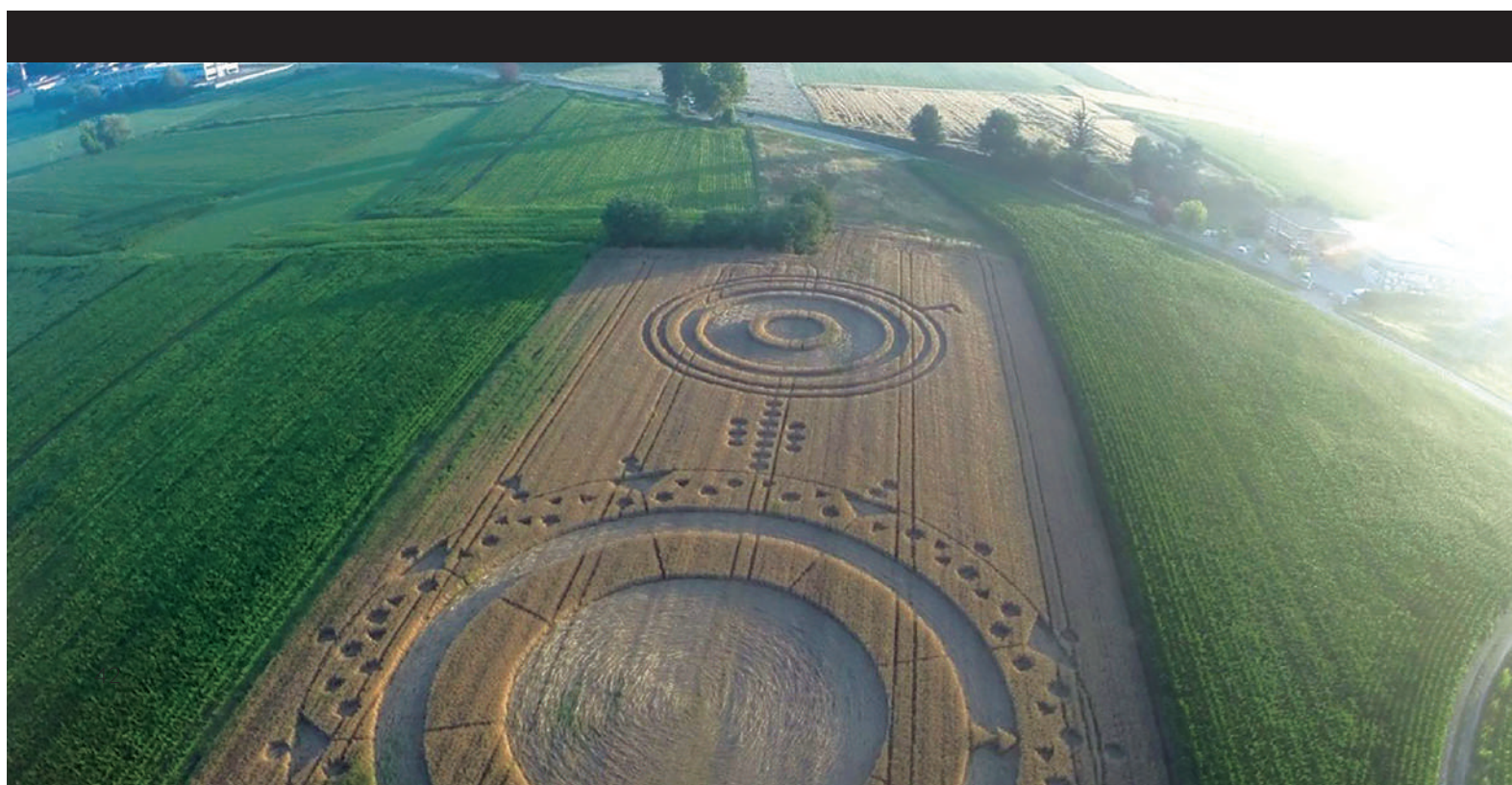
Проблема существования жизни во Вселенной, а особенно — жизни разумной, интересна не только с научной точки зрения, но и носит философский характер. Вероятнее всего, это не просто курьез или феномен, возникший случайно на одной из планет Галактики, а явление, имеющее глубокий смысл в общей картине эволюции космоса и мироздания в целом. Космос физический и феномен возникающей в нем жизни нельзя рассматривать изолированно друг от друга. Причины и источники жизни таятся глубоко в структуре физической материи. Свойство или потенция быть живой органически ей присуще. Как утверждал К.Э. Циолковский, Вселенная жива [1]. Между живой и неживой материей нет четко выраженной границы. Эта точка зрения называется панпсихизм [2]. Панпсихические воззрения К. Э. Циолковского не носили вульгарного характера: он не склонен был одушевлять физическую материю в прямом смысле, но указывал на то, что свойства микрочастиц, атомов уже содержат в себе зачатки индивидуальности и способности чувствовать. Он рассуждал о возможных когерентных вибрациях атомов внутри живого существа, обеспечивающих его способность ощущать себя живым [3]. Таким образом, зачатки психических свойств изначально присущи физической материи, что позволяет несколько иначе рассматривать и всю Вселенную в целом. Под этим углом зрения она предстает уже не как механическая совокупность волн, полей, излучений, атомов, молекул и физических тел, но как целостная чувствующая система. Каким бы

странным это ни могло показаться, но современная наука, спустя почти столетие после основополагающих работ К. Э. Циолковского, все чаще обращается к этой проблематике и приходит к схожим выводам [4, 5].

Вероятнее всего, жизнь разлита по Вселенной и представляет собой закономерный этап ее эволюции, когда потенциальные свойства физической материи быть живой и мыслящей наконец реализуются в полном виде. На некотором этапе развития физической материи создаются условия для образования сложных атомно-молекулярных структур, способных самореплицироваться. Далее, конкурируя между собой, они обзаводятся активными телами, наделенными психикой и, впоследствии, сознанием.

Логично предположить, что формы жизни, возникшие автономно в разных точках Вселенной, могут рано или поздно начать общаться между собой. Интегрируясь, возможно, конкурируя, они образуют некую новую космическую подсистему самоорганизующейся, сложной живой Вселенной. Проблема возможной экспансии земного разума во Вселенную была затронута мной в предыдущей статье [6].

Все это так, но космические расстояния и естественные физические ограничения действительно представляют серьезную проблему для сообщения между различными звездными мирами. Тем не менее существует мнение, что такие контакты уже бывали в истории Земли и, более того, происходят сейчас. В данной статье будут рассмотрены некоторые вымыслы и факты по этому поводу.



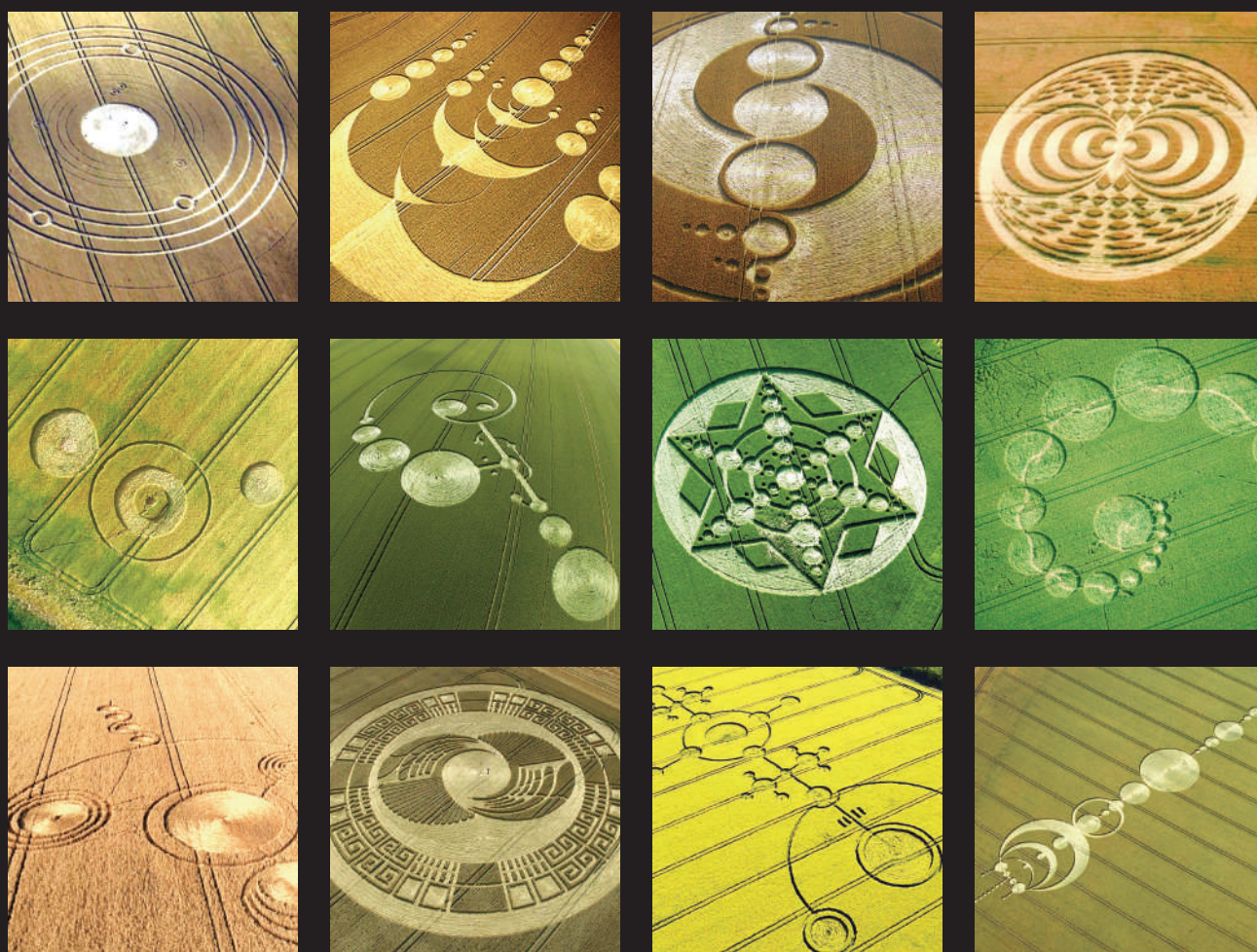


Рис. 1. Рукотворные агроглифы

ЗАГАДОЧНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ЗЕМНАЯ И НЕБЕСНАЯ

Круги и прочие геометрические узоры на полях, называемые еще агроглифами или геоглифами, до сих пор будоражат умы человечества. Много предположений высказано об их природе и причинах возникновения. Скептики склонны относить эти явления к проделкам шутников. Я также убежден, что почти на 100 % эти явления — дело рук человеческих. Однако некоторые факты заставляют все же усомниться в исчерпывающей справедливости этой версии. Я, может быть, безоговорочно отнес бы круги на полях к очередной фальшивке, если бы не наблюдал нечто подобное собственными глазами.

Осенью 1994 года мне случилось лететь на Дальний Восток в краткосрочную командировку рейсом Минск — Омск — Чита — Владивосток. Участок пути от Читы до Владивостока мы преодолевали при ярком солнечном свете и ясной погоде. Под лайнером, куда хватало глаз, раскинулось «зеленое море тайги» — абсолютно дикое, безлюдное пространство. В обратный путь из Владивостока наш Ту вылетел поздно вечером. Большинство пассажиров по прошествии получаса полета уже дремали. Мне не спалось, и я вглядывался в темную бездну, лежащую под нами. Вдруг я заметил на земле совершенно правильную, как будто начерченную циркулем, светящуюся окружность. Затем еще одну и еще, и еще. Окружности были разных диаметров. Некоторые пересекались между собой, и в месте пересечения светящиеся контуры исчезали.

Возможно, в совокупности они образовывали какие-то геометрические фигуры, но в тот момент я не подумал о том, чтобы сопоставить их взаимное расположение. Меня как человека, привыкшего мыслить научными категориями, прежде всего интересовало, каков механизм и причины этого явления.

Первое, что пришло в голову, — лесные пожары. Может быть, огонь, распространяясь от очага возгорания равномерно во все стороны, образовал эти светящиеся кольца? Версию, однако, сразу пришлось отбросить, поскольку, во-первых, границы окружностей светились равномерным холодным голубоватым светом, а во-вторых, погода была достаточно влажная, и, пролетая несколько дней назад над этими же местами, я обратил внимание на то, что среди зелени во многих местах поблескивает вода. Версию об антропогенной деятельности также пришлось отбросить. Совершенно непонятно, кому и зачем могло понадобиться забираться на сотни километров в непроходимые таежные дебри, для того чтобы по непонятным причинам и неизвестным образом устанавливать огромное количество лампочек.

Люциферин — вещество, содержащееся в некоторых видах грибов, при взаимодействии с кислородом испускает голубоватое свечение, различимое с большого расстояния

Я разбудил дремавшего рядом знакомого летчика и спросил, видел ли он что-либо подобное раньше. Он посмотрел на круги и сказал, что ничего подобного раньше не видел, но на скорость и летные характеристики машины это не влияет, поэтому не стоит беспокоиться.

Это явление долго не выходило у меня из головы. Сама собой напрашивалась версия о посадочных сигнальных огнях для инопланетных космических кораблей или сверхсекретных военных экспериментах. Мне долго не удавалось найти правдоподобного и удовлетворительного объяснения виденному феномену. Но однажды, просматривая одну довольно старую книжку [7], я наткнулся на описание схожего явления, которое называется ведьмиными или магическими кругами. Как оказалось, это явление известно уже очень давно. Его механизм долгое время оставался загадкой, но уже более 150 лет назад стало известно, что причиной возникновения идеально правильных «магических» кругов являются... грибы.

Спора, попадая в почву, дает начало росту грибницы, которая равномерно растет во все стороны. По краям грибницы появляются плодовые тела со шляпками — это то, что мы называем грибами и собираем для употребления в пищу. На следующий год радиус круга увеличивается, и весь процесс повторяется. Круги образуют шампиньоны, мухоморы, дождевики, лисички, рыжики и др. Почва внутри круга обедняется влагой и питательными веществами, поэтому растительность внутри грибных колец гибнет. В Европе грибные кольца имеют диаметр в пределах десятков метров, а в диких местах, например в тайге или прериях Южной Америки,



Рис. 2. Кольцевой рост грибницы

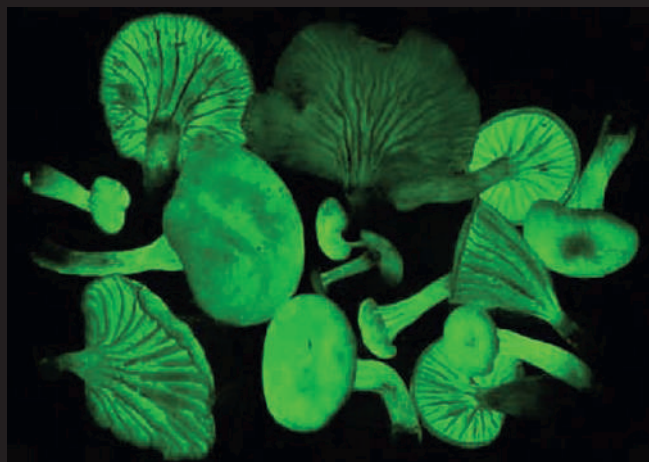


Рис. 3. Биолуминесценция грибов



Рис. 4а. Фазы развития спирали в районе Тромсё (Северная Норвегия)



Рис. 4. Загадочные спирали в небе над Норвегией



Рис. 5. Аварийный пуск ракеты по спиральной траектории

эти круги достигают гораздо больших размеров, измеряемых сотнями метров. При этом возраст такого грибного суперорганизма может достигать 500–800 лет! Многие грибы содержат особое вещество — люциферин. При взаимодействии с кислородом люциферин испускает то самое за-

гадочное голубоватое свечение (рис. 3), которое я и наблюдал с борта самолета. В тайге, вдали от городской засветки, грибные круги были хорошо различимы с высоты в 10 000 метров.

На первый взгляд кажется труднообъяснимым и тот факт, что стебли в кругах на полях лежат почти идеально ровно и направлены в одну сторону. Однако, проанализировав этот феномен с точки зрения современной синергетики, легко убедиться в том, что иначе и не может быть. Такое явление весьма характерно для коллективных кооперативных систем. Представьте себе, что наступило время, когда растения внутри круга уже достаточно ослаблены и готовы упасть. Напомним, что колоски на поле — это генетически однородная популяция организмов, и соответствующая стадия наступает примерно в одно время у всех растений. Какая-то

Общие принципы организации инопланетных биологических структур должны быть сходны с земными: в них вероятно присутствие квазифрактальных схем строения, а при их сборке будут задействованы рекурсивные процессы

незначительная флуктуация, например порыв утреннего ветра, запускает процесс полегания, который принимает сразу же лавинообразный характер. Падающие стебельки увлекают друг друга наподобие эффекта домино. Происходит, выражаясь языком современной физики, спонтанное нарушение симметрии. Поток падающих стебельков самоорганизуется и становится взаимосогласованным. Крайние падающие стебельки взаимодействуют с соседними крепко стоящими растениями и немного отклоняются при падении, корректируя вектор падения всех остальных и заворачивая весь поток в правильное кольцо.

Все части любого живого организма представляют собой многочисленные модификации некоего ограниченного количества базовых структурных элементов. Эту фундаментальную закономерность их устройства заметил и описал еще Гете в своих естественно-научных трактатах

После публикации материала о грибных кругах я получил ряд писем, в которых читатели сетовали на то, что я так прозаически развенчал красивый миф о пусть воображаемом, но контакте с инопланетянами. Я ответил, что истинное объяснение мне представляется не менее захватывающим и красивым. Кроме того, я привел еще один пример с загадочными спиралями, появлявшимися в небе над Норвегией (рис. 4) 9 декабря 2009 года. Спирали в ночном небе видели сотни людей. Они выглядели настолько впечатляюще, что не оставляли никакого сомнения в инопланетном вторжении.

Объяснение же загадочного явления оказалось также достаточно простым и весьма эффектным. Российские военные проводили испытательные ракетные пуски, во время которых происходило закручивание траектории полета ракеты в спираль, примерно как показано на рис. 5.

Впрочем, я не имею ничего против инопланетян. Более того, я практически убежден в том, что мы не одиноки в космосе. В пользу предположения, что Вселенная обитаема и земная биосфера не единственное проявление феномена жизни в мировом пространстве, говорит простое вероятностное рассуждение. Коль скоро жизнь на Земле существует, следовательно, веро-





Рис. 6. Самоподобная, рекурсивная бионическая форма

ятность возникновения жизни на планете, вращающейся вокруг звезды типа Солнца, отлична от нуля. Во Вселенной существуют миллиарды звезд, в том числе огромное множество солнцеподобных светил. Существование планетных систем даже у ближайших к Солнцу звезд — также экспериментально установленный факт. Таким образом, и вероятность образования планетных систем также отлична от нуля. Существует, кроме этого, ненулевая вероятность возникновения жизни на планетах, обогреваемых своими звездами. Следовательно, с точки зрения теории вероятности по мере роста числа испытаний будет расти и число успехов, сколь бы ни была мала вероятность успеха в единичном испытании. Объемы Вселенной таковы, что позволяют говорить о почти неограниченном числе испытаний. Таким образом, с вероятностью, близкой к единице, можно утверждать, что число успехов, то есть обитаемых планет во Вселенной, множество.

Крайне трудно представить себе, в каких конкретных формах может быть воплощена инопланетная жизнь. Какие бы конкретные воплощения она не имела, можно с высокой долей достоверности утверждать, что она будет сформирована в ре-

зультате длительного эволюционного процесса. Следовательно, общие принципы организации инопланетных биологических структур будут сходны с земными. Эти структуры будут сложными, и в них, как и в земных организмах, наверняка должны будут присутствовать квазифрактальные схемы строения, а при их сборке будут наверняка задействованы некие рекурсивные процедуры.

Трудно предположить, насколько часто живые структуры во Вселенной становятся носителями психических свойств, то есть, иначе говоря, как часто во Вселенной встречается не просто жизнь, но жизнь осмысленная или разумная. Одно лишь можно утверждать с достаточной степенью уверенности — если встреча землян с инопланетным разумом все же когда-либо состоится, то его носители будут иметь целесообразные, совершенные, а значит, и красивые формы, а их мир будет не менее сложен и прекрасен, чем наш собственный.

КАКИМИ ЖЕ ОНИ БУДУТ?

Рано или поздно мы обнаружим во Вселенной иные, вземные формы жизни, или они обнаружат нас. В этой связи весьма интересным представляется вопрос, вынесенный в заголовок, — какими они будут? Эта проблема часто решается на страницах научно-фантастической литературы, но совершенно недостаточно исследуется и редко обсуждается с научной точки зрения (разумеется, уфология не в счет). В то же время совсем нелишним будет вступить в контакт предварительно подготовленными. Некоторые принципиальные соображения, что могли бы послужить отправными точками для моделирования, можно высказать уже сейчас. Например, наверняка внешние формы и внутренние органы инопланетных (так же, впрочем, как и земных) организмов должны строиться на принципах иерархического самоповторения и представлять собой фрактальные структуры. Это объясняется тем, что только такая сложность может самопроизвольно возникнуть в результате естественной эволюции с теоретико-информационной точки зрения. То есть живой организм (земной или инопланетный) принципиально не может быть собран из деталей, имеющих разнородное происхождение и форму. Все части любого живого организма представляют собой многочисленные модификации некоего ограниченного количества базовых структурных элементов (рис. 6). Эту фундаментальную закономерность устройства живых организмов заметил и блестяще описал еще Гете в своих знаменитых естественно-научных трактатах. Кроме того, формы жизни на других

планетах обязательно будут не менее совершенны, чем земные организмы. Эволюция по определению не может порождать несовершенные, незаконченные или уродливые конструкции.

Все, что живет, прекрасно приспособлено к условиям существования и тщательно отшлифовано естественным отбором, а следовательно, все части точно подогнаны друг к другу и оптимальным образом выполняют возложенные на них функции. А такая функциональная и совершенная конструкция просто не может быть уродливой. Стремление к оптимальности — одно из неотъемлемых признаков жизни. Из чего можно сделать вывод: механические схемы живых организмов, обитающих в сходных условиях, должны быть также схожи.

Движущиеся организмы, обитающие в водной среде, должны подчиняться единым законам гидродинамики, а следовательно, в принципе напоминать по своему устройству аналогичные земные формы, то есть рыб, китов, дельфинов, тюленей и так далее. Организмы, летающие в газовой среде атмосферы своей планеты над ее поверхностью, должны использовать те же законы аэродинамики, что и земные летающие твари, то есть птицы, бабочки, летучие мыши и так далее. Движущиеся организмы, обитающие на суше на поверхности планеты, вероятно,

будут использовать тот же шагающий принцип, а следовательно, в самых общих чертах будут сходны с земными.

Очевидная предсказуемость гомологии форм на макроуровне представляется далеко не столь однозначной на микроуровне организации инопланетной жизни. Пожалуй, кроме органической углеродной основы и клеточного строения остальное не столь очевидно. Универсален ли генетический код или универсален лишь сам принцип конвариантной матричной редупликации, сформулированный Тимофеевым-Ресовским? Могут ли иные молекулярные структуры быть вовлечены в процессы самовоспроизведения? Роль липидов как основы для клеточных мембран кажется менее дискуссионной в силу необходимого наличия полярных гидрофильно-гидрофобных свойств в водной среде. То есть и там, и здесь предшественником живой клетки, скорее всего, будет жировая капля, плавающая в воде первичного океана. Но что будет происходить конкретно внутри жировой капли в относительно обособленной внутренней химической среде — большой вопрос. Хотя гомологии, по всей вероятности, будут прослеживаться и на уровне клеточных органелл. Но природа и пути возникновения аналогов ядра, митохондрий и так далее могут и должны несколько разниться.

Рис. 7. Земные представления о гуманоидах напоминают гротескные изображения нас самих



Даже в пределах одной планеты жизнь существует в двух совершенно различных ипостасях — растительное царство (флора) и животное царство (фауна). Везде ли развитие жизни идет по этим двум фундаментальным направлениям?

Но один из основных вопросов, который будоражит наше воображение, — существует ли во Вселенной иная разумная жизнь. Наши сегодняшние представления о гуманоидах — это комичный, гротескный, лишенный деталей, обобщенный автопортрет нас самих (рис. 7). Разумная жизнь на нашей планете возникла спустя почти пять миллиардов лет из сообществ физически сравнительно слабых, но сообразительных, ловких, относительно всеядных коллективных животных. Есть все основания полагать, что подобные существа могут обитать и еще где-то в бесконечной Вселенной.

Мы точно знаем, что на протяжении большей части своей естественной истории жизнь на Земле не была разумной. История цивилизации насчитывает всего лишь несколько тысяч лет. Это заставляет предположить, что цивилизации во Вселенной — явление гораздо более редкое, чем просто биологическая жизнь, и следовательно, они разделены огромными расстояниями. Впрочем, нельзя исключить случайного попадания цивилизаций и на соседние звездные системы — это вероятностный процесс. Если бы такая встреча состоялась, то, безусловно, бесконечно обогатила бы науку и культуру. Но ожидать особенных чудес от инопланетной техники вряд ли стоит.

Техника — это материализованная физика, а физика везде одинакова — и на ипсилоне Тукана, и на альфе Эридана, и на Земле. То есть мы никогда не найдем инопланетные «тарелки»,

Разумная жизнь — отшлифованные миллиардами лет и эволюцией создания, обладающие естественной грацией и развитыми органами труда

летающие вопреки законам физики, и вряд ли гуманоидам, если они действительно разумны, придет в голову делать, скажем, автомобиль с тремя или пятью колесами. Но при всех перечисленных принципиальных гомологиях разница в деталях — как в облике гуманоидов и людей, так и в земной и инопланетной технике — будет неожиданной и, вероятно, крайне забавной для нас.

Они наверняка не будут монстрами. Это будут по-своему грациозные и совершенные существа, обладающие не менее развитыми и точными, чем человеческие руки и глаза, органами труда. Но за ними будут лежать несколько миллиардов лет иной эволюции. Поэтому при неизбежной принципиальной гомологии строения множества разительных внешних различий в деталях будет непременно. Неизбежно возникает вопрос — как мы поладим друг с другом? Ведь стремление к экспансии — один из главных признаков жизни. Но и гуманизм (или, более широко, гуманоидолубие) также один из главных фундаментов культуры — будем надеяться, что не только нашей. В этом вопросе гораздо более симпатичными представляются Эра Великого Кольца и галактический мир, изображенный Ефремовым в «Туманности Андромеды», чем «Звездные войны» Джорджа Лукаса.



Литература

1. Циолковский К.Э. Космическая философия. Живая Вселенная. М.: Академический проект, 2018. 640 с.
2. Алексеева В.И. Космизм о мире человеке и обществе. М.: Луч, 2012. С. 125–179.
3. Циолковский К.Э. Приключения атома. М.: Луч, 2016. 128 с.
4. Koch, C. Ubiquitous Minds: panpsychism, the ancient doctrine that consciousness is universal, offers some lessons in how to think about subjective experience today // Scientific American Mind. 2014. №1. Pp. 26–29.
5. Tegmark, M. Consciousness as a State of Matter // Chaos, Solitons & Fractals. 2015. Vol. 76. Pp. 238–270.
6. Колесников А.В. Космическая экспансия разума // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4. С. 18–27.
7. Шариков К.Е. Живой организм и окружающая среда. Минск: Ураджай, 1987. 168 с.

References

1. Tsiolkovskiy K.E. Kosmicheskaya filosofiya. Zhivaya Vselennaya. Moscow, Akademicheskij projekt, 2018. 640 p.
2. Alekseeva V.I. Kosmizm o mire cheloveke i obshchestve. Moscow, Luch, 2012, pp. 125–179.
3. Tsiolkovskiy K.E. Prikluycheniya atoma. Moscow, Luch, 2016. 128 p.
4. Koch C. Ubiquitous Minds: panpsychism, the ancient doctrine that consciousness is universal, offers some lessons in how to think about subjective experience today. Scientific American Mind, 2014, no. 1, pp. 26–29.
5. Tegmark M. Consciousness as a State of Matter. Chaos, Solitons & Fractals, 2015, vol. 76, pp. 238–270.
6. Kolesnikov A.V. Kosmicheskaya ekspansiya razuma. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 4, pp. 18–27.
7. Sharikov K.E. Zhivoy organizm i okruzhayushchaya sreda. Minsk, Uradszhay, 1987. 168 p.

© Колесников А. В., 2019

История статьи:

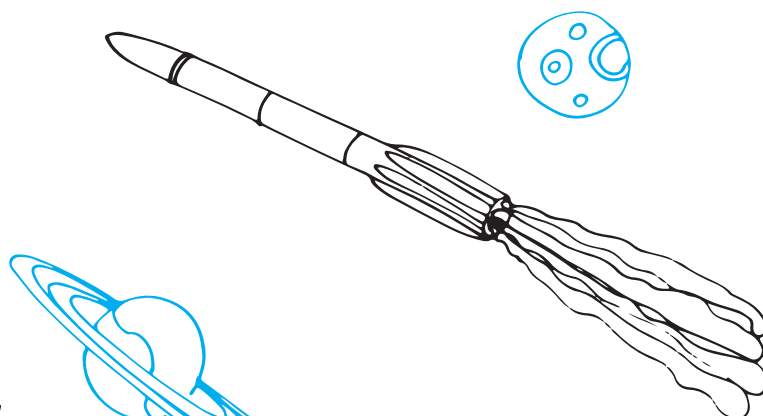
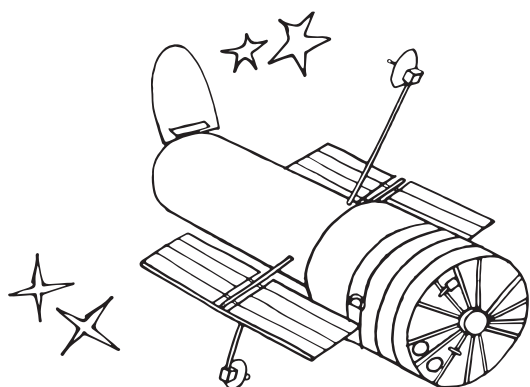
Поступила в редакцию: 23.04.2019
Принята к публикации: 11.05.2019

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Колесников А. В. Геометрические узоры и формы инопланетной жизни // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2(99). С. 40–49.



WHEN SHALL WE FLY TO THE STARS? КОГДА МЫ ПОЛЕТИМ К ЗВЕЗДАМ?

Alexander V. BAGROV,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Leading Research
Scientist, the Institute of Astronomy of the RAS, Leading
Engineer, Lavochkin Association, Moscow, Russia,
abagrov@inasan.ru



Александр Викторович БАГРОВ,
доктор физико-математических наук, ведущий
научный сотрудник Института астрономии
РАН, Москва, Россия, ведущий инженер АО «НПО
Лавочкина», Москва, Россия,
abagrov@inasan.ru

ABSTRACT | Contemporary science rejects the possibility of interstellar and intergalactic flights at the light and superlight velocities. The article presents a scientifically grounded point of view concerning the possibility, expedience and relevance of deep space expeditions, taking into account the conditions of technological civilization.

Keywords: *technological civilization, space expansion, light velocity, automatic space probe*

АННОТАЦИЯ | Современная наука отрицает возможность межзвездных и межгалактических перелетов на световых и сверхсветовых скоростях. В статье представлена научно обоснованная точка зрения на вопросы возможности, целесообразности и актуальности дальних космических экспедиций с учетом условий цивилизации технологического типа.

Ключевые слова: *цивилизация технологического типа, космическая экспансия, скорость света, автоматический космический зонд*

Бесконечность звездного неба всегда манила людские взоры. Не так давно — меньше 500 лет назад — стало ясно, что у каждой звезды могут быть такие же обитаемые миры, как у нашего Солнца. После чудес эпохи Великих географических открытий мечты об этих новых мирах кружат головы нетерпеливым романтикам, а писатели-фантасты рисуют эти миры такими яркими красками, что кажется, остался только один нерешенный вопрос: когда же мы полетим к звездам?

Для того чтобы ответить на него, нужно понять, что могут дать человечеству полеты к звездам и какую цену придется за них заплатить.

Начну с того, что межзвездные полеты — это задача объединенного человечества. Наша земная цивилизация еще не достигла планетарного уровня. Человечество состоит из нескольких сосуществующих цивилизаций одного типа (технологического), являющихся исторически возникшими объединениями представителей одинаковых существ, обладающих разумом. Эти цивилизации существуют в форме отдельных государств или их союзов, объединенных общностью территории, этноса, языка, культуры и экономическими связями, которые конкурируют между собой за сохранение своего суверенитета и в погоне за ресурсами, которых уже не хватает на всех. Обычно в природе прессинг со стороны конкурентов приводил к экспансии за пределы территории этого прессинга, к поиску новых территорий обитания. Сейчас уже вся планета заселена, включая территории с далеко не самыми благоприятными условиями жизни, и места для экспансии не осталось.

Конкуренция между однотипными цивилизациями не только стимулирует прогресс в развитии этих цивилизаций, но также провоцирует каждую из них к созданию средств защиты от прямого насилия со стороны конкурентов, в том числе приводящих к созданию силового превосходства над конкурентами. На создание средств самозащиты расходуется значительный человеческий и экономический потенциал соперников. Гонка вооружений ведет также к истощению ресурсов планеты, которое может в недалеком будущем замедлить развитие разумной жизни на Земле.

Интеграция мировой экономики и прогресс в развитии дружеских отношений между странами должны неизбежно привести к объединению всех конкурирующих сегодня цивилизаций и к появлению единой цивилизации планетного масштаба. Это снимет с человечества непроизводительные затраты, связанные с отстаиванием государственных интересов, но не снизит прессинга истощаемых ресурсов и отсутствия неосвоенных территорий на родной планете.

Поэтому в умах людей давно сформировалось убеждение, что будущее земного человечества — в освоении ресурсов космоса.

В эпоху Великих географических открытий — в последнюю эпоху активной экспансии человечества на неосвоенные территории — люди переселялись в новые места, в которых, однако, были привычные для людей условия жизни. На новых территориях был тот же воздух, та же вода, практически то же сочетание растительного и животного мира. Поэтому осваивать их можно было даже с применением крайне примитивной техники.

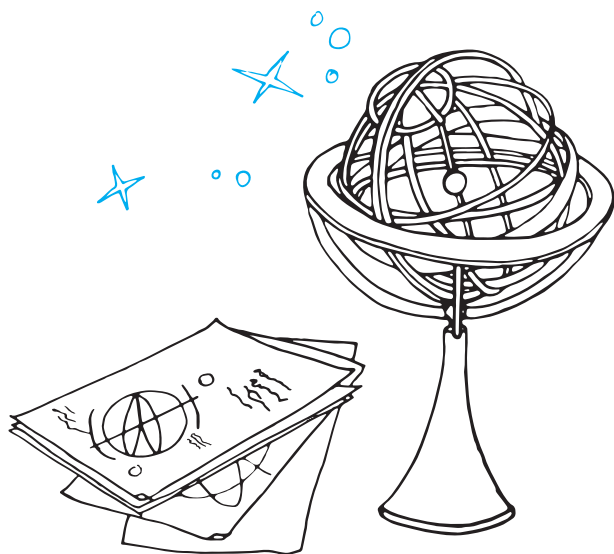


Формирование единой цивилизации планетного масштаба снимет с человечества непроизводительные затраты, связанные с отстаиванием государственных интересов, но не отменит проблемы истощаемых ресурсов и отсутствия неосвоенных территорий

В космосе все условия враждебны земным формам жизни. Нигде в окружающем Землю космосе нет подходящей для земных форм жизни атмосферы (с привычным содержанием газов), нет жидкой воды, нет тел с подходящей температурой, но есть то, от чего мы счастливо избавлены на своей Земле, — губительная радиация. В начале космической эры все эти трудности воспринимались с долей пренебрежения — такими мелкими они казались по сравнению с труднейшей задачей преодоления земного притяжения.

В начале космической эры некоторые надежды на обнаружение новых территорий для расширения ареала человечества связывались с Марсом и Венерой, на которых надеялись встретить обстановку, похожую на земную. Сейчас эти надежды рухнули. Стало ясно, что в готовом виде плацдармов для экспансии человечества в Солнечной системе нет.

Последние открытия астрономов вновь оживили надежды на существование в космосе «земель обетованных». У других звезд обнаружены планетные системы, подобные планетной системе возле нашего Солнца. Уже открыты тысячи планет, и поток открытий продолжается. Поэтому тешит воображение мысль — а что, если на каких-то из этих планет имеются условия, благоприятные для земных форм жизни? Значит, нужно готовиться к колонизации этих планет!



В начале космической эры условия, враждебные земным формам жизни, воспринимались как незначительные по сравнению с труднейшей задачей преодоления земного притяжения

Прежде чем отправляться к этим мирам, нужно детально изучить их. Но как это сделать?

Космонавтика подсказывает нам первый путь: послать к ним исследовательские космические корабли. Помимо этого, опыт наших собственных коммуникаций подсказывает, что можно попытаться установить связь с обитателями этих миров — если, конечно, они есть и смогли достичь в своем развитии нашего уровня или даже превысить его.

Попробуем разобраться в том, насколько целесообразен первый путь и насколько реален второй.

Единственным смыслом межзвездных полетов в настоящее время является получение новых знаний о космосе. Эти новые знания могут быть получены разными способами и поэтому, при наличии альтернатив, выбор должен делаться в пользу наиболее эффективного из них. Межзвездные полеты, если их проводить на «досветовых» скоростях, будут занимать годы, столетия и тысячелетия. Вновь получаемое знание должно оправдывать затраты на осуществление исследовательских миссий и на ожидание от них результатов. Те миссии, которые будут отправлены в межзвездные дали, должны принести знания, востребованные будущими поколениями. Прежде чем посылать такие миссии, нужно попытаться представить себе уровень развития нашей цивилизации на момент получения результатов миссии и потребность в ее результатах.

Технологический характер земной цивилизации приводит к очень ненадежным предсказаниям путей ее развития. Простые экстраполяции текущих тенденций эволюции техники, даже на несколько десятилетий в будущее, чаще всего бывают ошибочными. Поэтому нет никаких гарантий того, что направленная к другим звездам миссия добудет нужное человечеству знание прежде, чем развитие техники опередит миссию на многие годы. Если мы сегодня подготовим автоматический зонд и отправим его к достаточно близкой звезде, например на расстоянии 10 световых лет, и придадим этому зонду пока что фантастическую скорость 1000 км/с [1], то наш зонд достигнет цели только через три тысячи лет. Даже если за это время зонд сохранит свою работоспособность, выполнит поставленные перед ним задачи и передаст на Землю полученные результаты, а мы их получим и расшифруем, то будет ли для нас в них смысл? Сохранят ли свою актуальность вопросы, поставленные три тысячи лет назад? Скорее всего, нет. С тем же успехом мы могли бы размышлять над присланными сегодня ответами на вопросы, заданные тысячи лет назад неторопливому в ответах оракулу египетскими фараонами. Ведь все, что фараоны могли узнать

из ответов на свои вопросы, человечество давно узнало и без помощи «космических» оракулов.

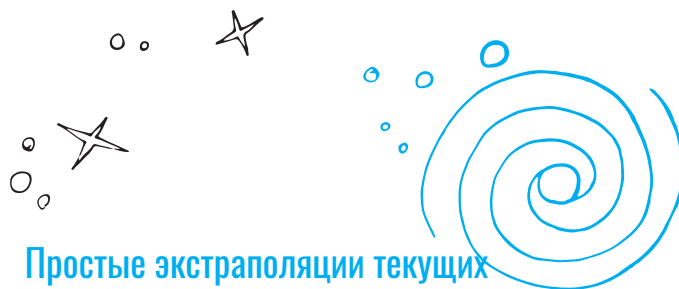
Человечество не стоит на месте, оно постоянно развивает свои технологии, причем опираясь только на свои силы. Поэтому нетрудно предположить, что через сотню лет после запуска межзвездного зонда люди изобретут ракету, которая достигнет скорости 100 тысяч км/с. Очевидно, что новая ракета, посланная к той же цели, что и первая, достигнет ее тогда, когда первый зонд еще не успеет выбраться за пределы Солнечной системы. Выходит, первый зонд можно было бы и не посылать? Может быть, разумнее поберечь средства и силы до того дня, когда техника позволит достичь сверхсветовых скоростей, и уж тогда действовать наверняка?

Пока мы не имеем примеров в природных явлениях, в которых скорость взаимодействия превышала бы скорость света. Возможно, что этого совсем не допускают свойства Вселенной. Тогда все рассказы писателей-фантастов о преодолении межзвездных пространств останутся простыми фантазиями. В лучшем случае придется рассчитывать на создание звездолетов, скорость которых будет расти, быть может, приближаясь к скорости света, но без надежды ее преодолеть. В этом случае технический прогресс может последовательно превращать в бессмысленные все миссии, отправленные ранее к другим звездам.

Рассмотрим теперь содержательную часть вопросов, которые можно заложить в программу автоматического зонда. Известно, что человечество задается только такими вопросами, в которых оно в состоянии разобраться само. Даже если эти вопросы относятся к архисложным проблемам мироздания. Сто лет назад никто не мог бы задаваться вопросом, существует ли бозон Хиггса [2]. Чтобы поставить такой вопрос, нужно сначала разобраться в физике элементарных частиц и квантовой механике; этого уровня ученые достигли всего полвека назад. А поставив этот вопрос, они придумали, какой нужно поставить эксперимент, чтобы найти на него ответ. Был построен Большой адронный коллайдер, и на нем экспериментально было доказано существование бозона Хиггса, на что ушло менее 50 лет.

Такое же положение дел можно выявить со всеми проблемами, которые сегодня волнуют человечество. Нами движет не праздное любопытство, а поиск знаний, которые способны улучшить жизнь людей, которые оградят человечество от неведомых пока катаклизмов. В увеличении объема полезных знаний проявляется прогресс человеческого разума.

Собственное знание наука удваивает за единицы десятилетий. Этот период «удвоения» чело-



Простые экстраполяции текущих тенденций эволюции техники чаще всего бывают ошибочными: нет никаких гарантий того, что направленная к другим звездам миссия добудет нужное человечеству знание прежде, чем развитие техники опередит миссию на многие годы

веческого знания можно считать характерным временем, потребным для получения ответов на постоянно возникающие вопросы. В определенном смысле можно сказать, что вопросы, которые мы поставим перед межзвездным зондом, будут актуальными только в течение этого характерного времени. Если нет уверенности, что за этот промежуток времени мы получим с помощью зонда ответы на вопросы, то отправ- ление зонда лишено смысла.

А что изменится, если когда-то посланный зонд долетит до места назначения и начнет выполнять задания, посылаемые ему по радио со скоростью света? Посылка такого зонда будет практически эквивалентна посылке зонда со световой скоростью. С точки зрения технических возможностей, нет принципиальных трудностей для разработки такого зонда, который по принятой команде сам создаст новейшие устройства и датчики и станет полным аналогом того, что является новейшим оборудованием, применяемым при исследованиях. Такой зонд реально сможет проводить исследования на самом высоком уровне и искать ответы на поставленные ему вопросы. Но и он окажется ненужным, если между запросом и получением ответа на него пройдут десятилетия.

Из этого рассуждения напрашивается вывод: если с помощью космического зонда, использующего самую совершенную технику, не удастся за 50 лет получить ответы на вопросы, ради которых посылается зонд, то он просто не нужен. Для человечества радиус изучаемых с помощью межзвездных зондов окрестностей Солнца не превысит 50 световых лет (на таком расстоянии находится около 500 звезд).

Все накапливаемое знание необходимо для выживания человечества в изменяющемся мире, в частности в той тесной окрестности Солнечной системы, в которой живут люди. Любые изменения космической обстановки, которые могут настичь нас из глубин космоса, будут приближаться к нам с конечной скоростью. Поэтому никакие автоматические межзвездные экспедиции продолжительностью более столетия не могут представлять интереса для устойчивого развития нашей цивилизации.

Пилотируемые экспедиции к другим звездам могут быть оправданы только как способ экспансии человечества в дальнем космосе. Перелет на межзвездные расстояния будет занимать очень продолжительное время — никак не меньше нескольких столетий. Переселенцы должны составлять очень большую группу, в которой будут представлены специалисты всех направлений науки и техники. Если вся предполагаемая колония землян будет размещаться на одном корабле, то этот корабль должен будет выполнять роль обитаемой планеты со всеми атрибутами Ноева ковчега. Переселенцам потребуется взять с собой образцы флоры и фауны родительской планеты, чтобы на новом месте создать привычные для себя условия жизни. Во время всего перелета обитатели межзвездного корабля должны будут вести обычную человеческую жизнь, для чего на борту необходимо создать все земные условия, включая природные ландшафты. Возможно, сменится несколько поколений звездоплавателей, прежде чем звездолет приблизится к звезде с подходящей для колонизации планетой (хотя не исключен вариант развития земной цивилизации, при котором будет достигнуто индивидуальное бессмертие). Фактически экспансия начнется в момент отлета корабля

из Солнечной системы, так как корабль с экипажем будет сам по себе колонией человечества в открытом космосе.

Природные ограничения на скорость передвижения между звездами и на скорость обмена информацией на межзвездных расстояниях сделают такие колонии совершенно независимыми от Земли. Ни колонисты не смогут рассчитывать на помощь родительской цивилизации в критических обстоятельствах, ни сама родительская планета не получит поддержки отпочковавшегося человечества даже при самой острой необходимости. Обмен информацией между материнской цивилизацией и кораблем-колонией на больших расстояниях станет настолько запаздывающим, что обе цивилизации продолжат свое развитие совершенно независимо друг от друга.

Все эти размышления относятся к оценке целесообразности получения знаний из глубин космоса. Они применимы и к другим, внеземным цивилизациям. И для этих гипотетических оплотов разума в космосе нет никакого смысла ни летать среди звезд, ни даже устанавливать обмен информацией с «братьями по разуму». Если одна цивилизация старше и мудрее другой, то она не сможет поделиться своими достижениями с младшей, как, скажем, мы не смогли бы поделиться своими знаниями в области ядерной физики с самыми образованными учеными Древнего Египта. Так что для младшей цивилизации знания, накопленные старшей, останутся тайной до тех пор, пока она сама не поднимется до уровня старшей. А для старшей цивилизации самые тесные контакты с младшей могут представлять лишь второстепенное значение.

Для примера: у нашей земной цивилизации есть определенный интерес в том, чтобы изучать примитивную «цивилизацию» пчелиного роя (и, быть может, ставить опыты над ней), но нет интереса в том, чтобы способствовать ее ускоренному развитию до уровня нашей технологической цивилизации.

Из этого следует простой вывод: бесполезно рассчитывать на контакт с внеземной цивилизацией и уж тем более надеяться на то, что ее представители обыскали весь космос и нашли нашу планету, а теперь «почти скрытно» наблюдают за нами. Все разговоры о пришельцах — не что иное, как крепко укоренившееся заблуждение [3]. Рассказы о «контактах» с ними несколько не отличаются от свидетельств древних греков о беседах людей с богами Олимпа.

Но что если человечеству когда-нибудь потребуется по какой-либо очень веской причине покинуть Землю и искать приюта в космических



Естественные ограничения на скорость передвижения между звездами и на скорость обмена информацией на межзвездных расстояниях сделают колонии космических переселенцев совершенно независимыми от материнской планеты

далях? Где его искать? Выше были сформулированы глубокие сомнения в том, что ради новых знаний будут посылаться зонды к другим звездам. Конечно, знания знаниям рознь. Некоторые знания можно получить только на месте. Никакое общее знание законов мироздания не позволит точно сказать, какие условия существуют на той или иной планете далекой от нас звезды. А нам нужно будет точно знать, какого размера эта планета, каков состав атмосферы на ней, каковы сила тяжести на ее поверхности и атмосферное давление, как далеко находится эта планета от своей звезды и как меняется ее температура в течение суток и в течение года, какие формы жизни развились на этой планете и не будут ли они опасны для людей. Без ответов на эти и многие другие конкретные вопросы не будет возможности решить, пригодна ли планета для переселения людей. Поэтому — и только тогда, когда необходимость переселения человечества на планету другого солнца станет абсолютно ясной, — автоматические зонды будут посланы к планетам-кандидатам на переселение [4]. На ожидание результатов этих миссий уйдет много времени, возможно, не одно столетие.

Уже сейчас, со ссылками на выводы астрономов, в средствах массовой информации встречаются предсказания печального будущего Земли. То утверждается, что через несколько миллиардов лет наше Солнце израсходует свое ядерное горючее и погаснет, то обещают, что галактика Андромеды столкнется с нашей Галактикой и вселенский катаклизм станет неизбежным. Но на таких промежутках времени серьезно предсказывать судьбу человечества нельзя. Прогнозы чаще всего получаются ошибочными и на протяжении 100 лет. В XX веке случились события, которые даже в начале века никто не мог вообразить, — была создана атомная

энергетика и начались космические полеты. Поэтому крайне трудно представить ситуацию настолько надежного предсказания будущего, что оно станет достаточным основанием для посылки межзвездных зондов...

Выше приведенные рассуждения основаны на современных представлениях о законах мироздания. Астрономическими наблюдениями охвачена уже вся Метагалактика, и из этих наблюдений однозначно следует, что вся Вселенная в любом своем месте состоит из одних и тех же атомов и везде действуют открытые на Земле физические законы [5]. Одним из таких фундаментальных законов природы является многократно проверенное и доказанное экспериментами постоянство скорости света. Это природное ограничение делает звезды недостижимыми для нас.

Но с прогнозами все же следует быть осторожными. Всеобщность законов природы не означает их абсолютность. Даже законы механики, известные как законы Ньютона, безусловно, справедливы только в определенных пределах. При релятивистских скоростях в движении взаимодействующих тел приходится учитывать эффекты более общей теории относительности. Хотя сегодня нет ни малейших оснований сомневаться в ее справедливости, завтра, быть может, будут обнаружены новые проявления мировых законов, и тогда откроются перспективы для перемещения в пространстве (и даже за его пределы) со скоростями, превышающими скорость света. Тогда, на неведомых сегодня принципах, возможно, удастся создать сверхсветовые корабли, и мечты фантастов станут реальностью. Можно будет летать и к звездам, и к галактикам, и к другим вселенным. Но пока нам известны только неумолимые законы мироздания, по логике которых смысла в полетах к звездам нет ни для космонавтов, ни для роботов-автоматов.

Литература

1. Багров А.В., Смирнов М.А. Каравеллы для звездоплавателей // Наука и человечество. 1992-1994. М.: Знание, 1994. С.258-266.
2. Бозон Хиггса [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бозон_Хиггса (Дата обращения: 15.05.2019).
3. Платов Ю.В., Соколов Б.А. История государственных исследований НЛО в СССР // Вестник Российской академии наук. 2000. Т. 70. № 6. С. 507–515.
4. Ian A. Crawford. A Comment on "The Far Future of Exoplanet Direct Characterization" – the Case for Interstellar Space Probes // *Astrobiology*. 2010. Vol. 10. No 8. P. 857. DOI: 10.1089/ast.2010.0499
5. Чернин А.Д. Звезды и физика. Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2004. 173 с.

References

1. Bagrov A.V., Smirnov M.A. Karavelly dlya zvezdoplavateley, in: *Nauka i chelovechestvo*. 1992-1994. Moscow, Znanie, 1994, pp.258-266.
2. Bozon Higgsa. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Bozon_Higgsa (Retrieval date: 15.05.2019).
3. Platov Yu.V., Sokolov B.A. Istoriya gosudarstvennykh issledovaniy NLO v SSSR. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*, 2000, vol. 70, no. 6, pp. 507–515.
4. Ian A. Crawford. A Comment on "The Far Future of Exoplanet Direct Characterization" – the Case for Interstellar Space Probes, *Astrobiology*, 2010, vol. 10, no. 8, p. 857. DOI: 10.1089/ast.2010.0499
5. Chernin A.D. *Zvezdy i fizika*. 2nd ed. Moscow, Editorial URSS, 2004. 173 p.



© Багров А. В., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 29.04.2019
Принята к публикации: 18.05.2019

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Багров А. В. Когда мы полетим к звездам? // *Воздушно-космическая сфера*. 2019. №2(99). С. 50-55.

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР:

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УГРОЗЫ



Сергей Валерьевич ДМИТРИЮК,
кандидат филологических наук, редактор
журнала «Воздушно-космическая сфера»,
Москва, Россия,
dmitrserg@yandex.ru

Фото: Александр Омелянчук

РЕЗУЛЬТАТОМ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, НАЧАВШЕЙСЯ В СЕРЕДИНЕ XX СТОЛЕТИЯ, СТАЛО ПОЯВЛЕНИЕ В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ (ОКП) БОЛЬШОГО ЧИСЛА ОБЪЕКТОВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, КОТОРЫЕ УЖЕ НЕ ИСПОЛЗУЮТСЯ ДЛЯ ПОЛЕЗНЫХ ЦЕЛЕЙ — ТАК НАЗЫВАЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА (КМ). ЧИСЛО ТАКИХ ОБЪЕКТОВ В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ЗНАЧИТЕЛЬНО ВЫРОСЛО. СТАТЬЯ ПОСВЯЩЕНА РАБОТЕ КОНФЕРЕНЦИИ «КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УГРОЗЫ» В ИКИ РАН.

17–19 апреля 2019 года Институт космических исследований РАН и Институт астрономии РАН организовали и провели всероссийскую научную конференцию с международным участием «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы», которая была запланирована Советом по космосу РАН еще несколько лет назад.

Темы обсуждения отражены в названиях секций: «Современные и перспективные методы и средства наблюдений КМ в ОКП. Радарные и оптические наблюдения КМ наземными средствами. Проекты космических аппаратов для обнаружения и мониторинга КМ» (председатель секции — Лукьянов Александр Петрович, ПАО МАК «Вым-



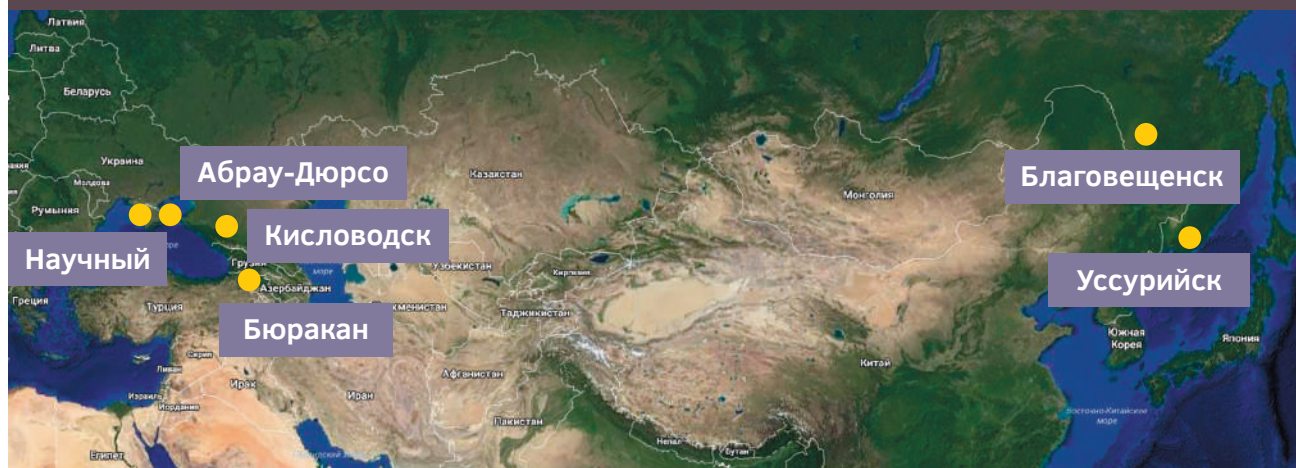
Юрий Николаевич Макаров, директор департамента стратегического планирования и организации космической деятельности госкорпорации «Роскосмос»



Борис Михайлович Шустов, научный руководитель Института астрономии РАН, член-корреспондент РАН

пел»); «Каталогизация искусственных объектов. Базы данных ИСЗ и КМ, информационные системы» (председатель секции — Сидоренко Владислав Викторович, ИПМ имени М.В. Келдыша РАН); «Моделирование эволюции объектов космического мусора. Проблема точности прогнозов общей обстановки в ОКП и в отдельных областях ОКП. Методы повышения надежности (точности) определения орбит и прогнозирования орбитальных событий (в том числе оценки рисков столкновений и падений)» (председатель секции — Усовик Игорь Вячеславович, ЦНИИМаш); «Пути уменьшения засоренности ОКП. Современные и перспективные возможности борьбы с техногенным загрязнением около-

Развертывание инфраструктуры госкорпорации «Роскосмос» для решения задач борьбы с техногенным засорением ОКП



ЭОП-1 (4 комплекта)

Каждый комплект включает:

- 2 телескопа с апертурой 19 см
- 1 телескоп с апертурой 25 см
- 1 телескоп с апертурой 40 см

ЭОП-2 (2 комплекта)

Каждый комплект включает:

- 4 телескопа с апертурой 19 см
- 1 телескоп с апертурой 40 см
- 1 телескоп с апертурой 65 см

ОЭС-50

ОЭС-65

РКС 25 см

земного пространства. Методы предотвращения столкновений с фрагментами КМ и защита космических аппаратов» (председатели секции — Вениаминов Станислав Сергеевич, НИИЦ ЦНИИ ВВКО МО РФ, Мерзлый Андрей Михайлович, Совет по космосу РАН); «Вопросы внутрироссийской координации и международного сотрудничества. Правовые вопросы», (председатель секции — Агапов Владимир Михайлович, ИПМ имени М. В. Келдыша РАН).

Конференцию открыли директор департамента стратегического планирования и организации космической деятельности госкорпорации «Роскосмос» Юрий Николаевич Макаров и научный руководитель Института астрономии РАН, член-корреспондент РАН Борис Михайлович Шустов. Научные доклады представили ведущие российские ученые и специалисты в области исследования и освоения космоса, в том числе авторы журнала «Воздушно-космическая сфера» В. В. Адушкин, В. Ю. Ключников, С. С. Вениаминов, С. С. Логинов, А. В. Багров, В. А. Леонов и другие.

В своем пленарном докладе «Космический мусор: прикладные аспекты угрозы» Ю. Н. Макаров, помимо организационно-методических основ решения проблем техногенного засорения ОКП, рассказал об инфраструктуре госкорпорации «Роскосмос» для решения задач борьбы с техногенным засорением ОКП.

Научный руководитель Института астрономии РАН, член-корреспондент РАН Б. М. Шустов в докладе «О фундаментальных исследованиях по проблеме космического мусора» отметил,

Развертывание инфраструктуры госкорпорации «Роскосмос» для решения задач борьбы с техногенным засорением ОКП



БРАЗИЛИЯ (г. Итажуба)
комплекс ОЭК ОКМ

ЧИЛИ (г. Ла-Сирена)
один комплект ЭОП-1



Юрий Николаевич Макаров, Борис Михайлович Шустов и Игорь Владимирович Косяк, исполнительный директор ВЭС ВКС

что проблема техногенной засоренности ОКП является самой насущной из списка космических угроз, который также включает астероидно-кометную опасность, проблему «космической погоды», проблему планетарного карантина (биорисков) и др. Это определяется ее очевидным характером и значимостью, подтверждаемой уже многочисленными примерами из сферы космической деятельности человечества.

По мнению ученого, задачу парирования угрозы КМ чаще всего рассматривают как имеющую чисто прикладной характер. «Такой подход вполне достаточен, если считать, что мы имеем дело с уже полностью сформировавшейся проблемой, которую мы хорошо изучили и выработали необходимые методы и средства для ее парирования. Однако это не так. Проблема КМ — многоплановая, не все ее аспекты мы понимаем достаточно глубоко, и к тому же с развитием космической деятельности ее содержание постоянно усложняется, а уровень значимости растет».

В последнее время приходит понимание того, что к находящейся в основном в сфере ответственности ГК «Роскосмос» проблеме техногенной засоренности ОКП необходимо активное подключение тех, кто занимается фундаментальной наукой.

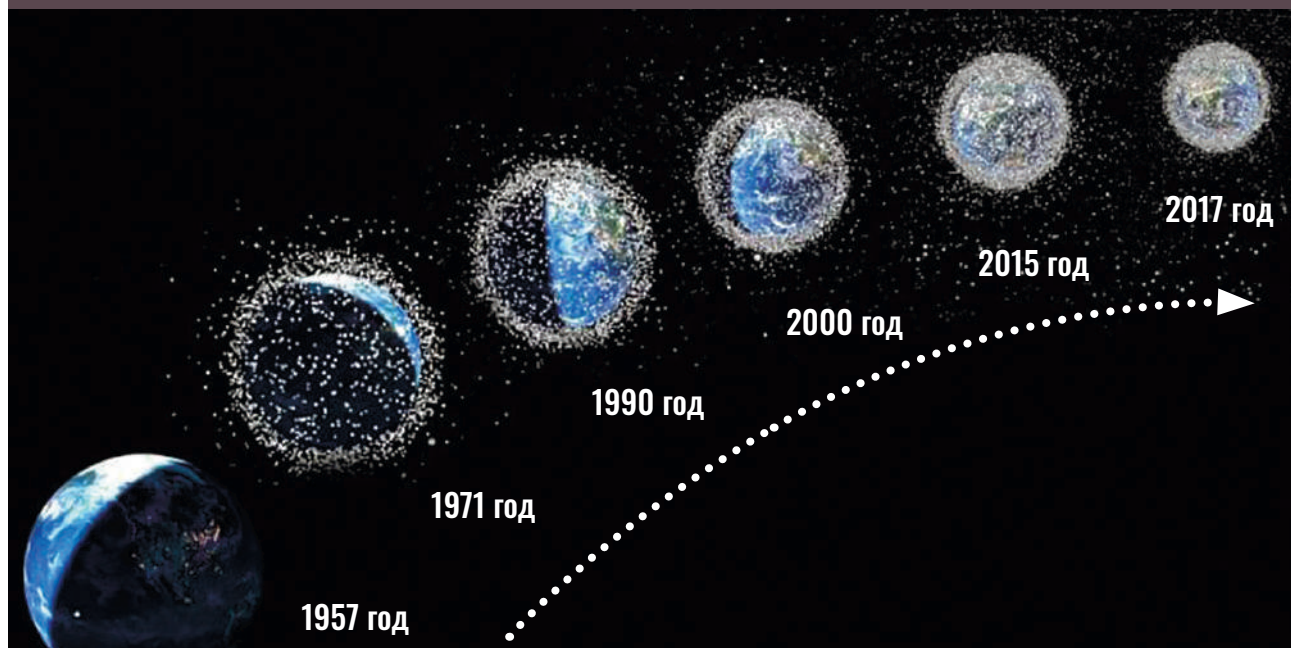
В докладе кратко затронуты перспективы и пути привлечения экспертов и специалистов научных учреждений фундаментального профиля для участия в выработке новых эффективных подходов к эффективному решению проблемы КМ. Особенно перспективным Б. М. Шустов считает следующие направления:

- привлечение уникальных возможностей (средств, методов и кадрового потенциала) научных учреждений фундаментального профиля для решения проблемы обнаружения и мониторинга малоразмерной фракции КМ;

- развитие новых физических подходов к решению задачи очистки ОКП от объектов космического мусора.

Главный вывод доклада состоит в том, что для эффективного решения проблемы космического

Динамика роста количества космического мусора с 1957–2017 гг.



мусора, имеющего выраженный прикладной характер, необходимо серьезное подключение фундаментальной науки, и такое подключение должно осуществляться на системном уровне.

Задачу изучения и парирования угрозы, связанной с проблемой КМ, и других космических угроз нужно решать на системном уровне, как это уже делается нашими зарубежными коллегами.

В настоящее время космические агентства разных стран работают над проектами по поиску, каталогизации и удалению с орбиты элементов мусора, например проект DeOrbit Европейского космического агентства или проект CleanSpace One Федерального института технологий Швейцарии. Значительная часть таких проектов, однако, направлена на поиск и удаление с орбиты крупных объектов размером более 10 см. Та часть космического мусора, которая приходится на объекты меньших размеров, в настоящее время исследована гораздо хуже, в том числе из-за сложностей наблюдения таких объектов с поверхности Земли или даже из космоса с помощью малых аппаратов и кубсатов.

Сборник тезисов докладов подготовлен в электронном виде и доступен для скачивания по ссылке <http://www.inasan.ru/wp-content/uploads/2019/04/Abstract-book.pdf>. Итоги конференции будут представлены на Совете по космосу РАН и в ГК «Роскосмос».

Космический мусор можно обнаружить и на поверхности Земли



Титановый бак (30 кг) от второй ступени ракеты «Дельта-2», выпавший 22 января 1997 года в Техасе.

Модуль третьей ступени ракеты «Дельта-2», упавший на территорию Саудовской Аравии 21 января 2001 года. Вес около 70 кг.



КМ в районе космодрома Плесецк

FROM “SPACE TRAFFIC REGULATIONS” TO SPACE TRAFFIC MANAGEMENT

Mikhail V. YAKOVLEV,
Dr. Sci. (Tech), Senior Research Scientist,
Central Research Institute of Machine
Building, Korolev, Russia,
michael.v.yakovlev@tsniimash.ru

ABSTRACT | Space debris jeopardizes space systems durable and reliable exploitation as well as human and property security in space and on Earth. The participants of space activities intend to minimize debris formation in order to save space environment for future generations. The space debris problem and the related dangerous situations in outer space are analyzed in the article.

Keywords: *space debris, space traffic regulations, space traffic management*

ОТ «ПРАВИЛ ДВИЖЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИХ ДОРОГАХ» К УПРАВЛЕНИЮ КОСМИЧЕСКИМ ДВИЖЕНИЕМ

Михаил Викторович ЯКОВЛЕВ,
доктор технических наук, главный
научный сотрудник ФГУП ЦНИИ
машиностроения, Королёв, Россия,
michael.v.yakovlev@tsniimash.ru

АННОТАЦИЯ | Космический мусор представляет опасность для длительного и надежного использования космических средств, а также для безопасности людей и собственности в космосе и на Земле. Участники космической деятельности намерены свести к минимуму образование мусора, чтобы сохранить космическую среду для будущих поколений. Настоящая статья посвящена анализу проблем космического мусора и связанных с ним опасных ситуаций в космическом пространстве.

Ключевые слова: космический мусор, правила движения на космических дорогах, управление космическим движением

Введение

Космический мусор (КМ) представляет реальную опасность для длительного надежного использования космических средств, а также для людей и объектов на поверхности Земли (рис. 1) [1, 2]. Численность популяции наблюдаемого КМ превышает 17 000 объектов, а суммарная масса объектов КМ — 7000 тонн (рис. 2). Количество космического мусора за последние годы значительно возросло, особенно в 2007 и 2009 годах, что связано с фрагментацией объектов на большое число осколков. В результате испытания противоспутникового оружия в Китае в 2007 году образовалось ~3040 каталогизированных фрагментов. Другим событием стало столкновение в 2009 году функционирующего космического аппарата (КА) связи США «Иридиум-33» (международный номер 1997-051 С) с российским КА «Космос-2251» (международный номер 1993-036 А), который завершил активное функционирование за 10 лет до столкновения [1]. Зарубежные специалисты не смогли выявить высокую вероятность столкновения и провести защитное маневрирование КА «Иридиум-33». В результате образовалось свыше 1960 наблюдаемых

фрагментов космического мусора, значительная часть которых находится на орбитах с длительным временем баллистического существования (от нескольких десятков до сотен лет).

Участники космической деятельности намерены свести к минимуму образование космического мусора, с тем чтобы сохранить космическую среду для будущих поколений. Однако решение этой проблемы требует дополнительных ресурсов. Например, при разделении КА и ступеней ракет-носителей (РН) необходимо исключить технологические отделяемые элементы. Пиротехнические устройства следует заменить магнитными замками или другими механизмами, исключающими образование отделяемых элементов. Для увода отработавших КА на орбиты захоронения требуются дополнительные запасы топлива. Таким образом, проблема космического мусора выходит на первый план в вопросах обеспечения долговременной устойчивости космической деятельности.

Целью настоящей работы является анализ проблем и будущих правил поведения в космосе в условиях нарастания количества космического мусора и перспектив установления режимов управления космическим движением.



Рис. 1. Элементы конструкции ракет-носителей в алтайской тайге

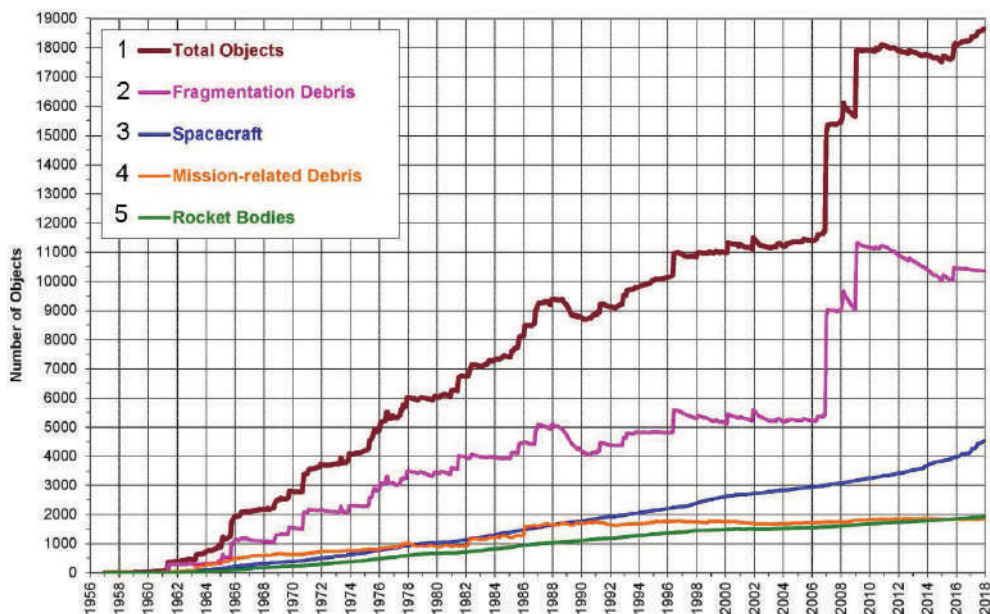


Рис. 2. Рост количества каталогизированных космических объектов на околоземных орбитах по годам:

- 1 — общее количество объектов;
- 2 — космические объекты, образовавшиеся в результате разрушений;
- 3 — космические аппараты, завершившие свое функционирование;
- 4 — технологические элементы, образовавшиеся в процессе выведения космических аппаратов на орбиту;
- 5 — отработавшие ступени ракет-носителей и разгонные блоки

1 Предупреждение образования космического мусора

Регулирование деятельности по предупреждению образования космического мусора осуществляется по следующим основным направлениям:

- разработка национальных и международных стандартов, определяющих требования к космическим средствам по предупреждению образования космического мусора;
- разработка международных договорных документов, направленных на ограничение образования космического мусора;
- совершенствование изделий ракетно-космической техники (РКТ) на основании принятых требований;
- лицензирование деятельности разработчиков и операторов изделий РКТ на основе принятых национальных и международных стандартов.

Система взаимодействия участников космической деятельности по разработке документов, направленных на предупреждение образования космического мусора, представлена на рис. 3. Мегагентский координационный комитет по космическому мусору (МККМ) образован в октябре 1993 года в ФГУП ЦНИИмаш (г. Калининград Московской области, ныне г. Королёв) на совместном заседании представителей Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) США, Европейского космического агентства (ЕКА), Российского космического агент-

ства и представителей Японии. Основной целью МККМ является взаимный обмен информацией между космическими агентствами по проблемам космического мусора, расширение сотрудничества и разработка мер по снижению техногенной засоренности околоземного космического пространства (ОКП). МККМ включает управляющую группу и четыре рабочих группы (РГ) по следующим направлениям: наблюдение КМ, окружающая среда и базы данных, защита КА от воздействия КМ и снижение техногенного засорения ОКП. К настоящему времени МККМ сформировался как авторитетная международная экспертная организация, которая изучает последствия различных сценариев космической деятельности и формирует рекомендации по предупреждению образования КМ на основе консенсуса между специалистами различных космических агентств.

В соответствии с резолюцией 48/39 Генеральной ассамблеи от 10 декабря 1993 года вопрос о космическом мусоре был включен в повестку дня научно-технического подкомитета (НТПК) Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях (Комитета ООН по космосу). На сессиях НТПК государства — участники космической деятельности докладывают о реализуемых ими мероприятиях по уменьшению засорения ОКП и перспективных направлениях развития работ. Эта информация публикуется в официальных документах ООН. Так, в 1999 году в НТПК был подготовлен технический доклад о космическом мусоре [3], в котором обобщены материалы по проблеме, известные на момент опубликования.

Рис. 3. Система взаимодействия участников космической деятельности при разработке документов по предупреждению образования космического мусора



Тематика космического мусора включена в повестку дня Международной организации по стандартизации (ИСО). Стандартизация в области авиации и космонавтики осуществляется в техническом комитете ИСО № 20 (ТК20) «Авиационные и космические аппараты» по направлениям:

- подкомитет ПК13 — «Системы передачи космических данных и информации»;
- подкомитет ПК14 — «Космические системы и эксплуатация».

В подкомитете ПК14 функционирует несколько рабочих групп, одна из которых специализируется на разработке стандартов по ограничению техногенного засорения ОКП и безопасному функционированию КА в этих условиях.

Документы МККМ, НТПК, Комитета ООН по космосу, ИСО являются основой для разработки национальных стандартов по предупреждению образования космического мусора и лицензированию деятельности разработчиков и операторов изделий ракетно-космической техники. Практика лицензирования деятельности национальных и международных организаций на основе разработанных международных стандартов в области космического мусора активно развивается. Так, уже в 2004 году Федеральная комиссия по связи США опубликовала требования к космическим аппаратам и средствам выведения по предупреждению образования КМ. Экспертиза проектов производится на основе запросов о соответствии изделий РКТ предъявляемым требованиям.

Важно подчеркнуть, что за основу всех международных и национальных документов принимаются «Руководящие принципы МККМ по предупреждению образования космического мусора» (далее — «Руководящие принципы МККМ...») [4], которые учитывают наиболее рациональные технические решения и практику космических агентств.

2 «Руководящие принципы МККМ...» как первые «правила движения на космических дорогах»

«Руководящие принципы МККМ...» разработаны в 2002 году и содержат технические требования к изделиям РКТ и способам управления ими. Указанный документ играет роль международных «правил движения на космических дорогах», где по аналогии с правилами движения автомобильного транспорта отражены следующие общие категории:

- правила «преимущества проезда» (например, имеет ли приоритет первый запущенный спутник в специфическом орбитальном районе и др.);
- правила зонирования (например, должны ли некоторые типы космических действий быть ограниченными в некоторых областях орбит);
- правила взаимодействия (например, должны ли операторы геостационарного спутника, проходящего через орбитальное местоположе-

ние другого спутника, связаться с операторами других спутников);

- правила поддержания экологии окружающей среды (то есть правила уменьшения космического мусора).

Правило «преимущественного проезда»

«Руководящие принципы МККМ...» не содержат предварительных условий для назначения приоритетов по любым признакам — национальной принадлежности, цели полета, массы, энерговооруженности и т.д. Два принципа — безопасность полета и экологическая чистота — используются как главные для всех космических аппаратов и средств выведения на всех стадиях их функционирования: запуск, эксплуатация и утилизация. Наиболее ясно эти правила демонстрируются при рассмотрении движения при угрозе взаимных столкновений.

В пункте 5.4 «Предотвращение столкновений на орбите» «Руководящих принципов МККМ...» определено: «При разработке проектов космических полетов для космических аппаратов и орбитальных ступеней программа работ должна включать оценку вероятности случайного столкновения с известными объектами в течение орбитального срока службы системы. Если доступны надежные орбитальные данные, необходимо осуществлять маневры предотвращения столкновения для космических аппаратов и выбор окна запуска для ракет-носителей так, чтобы риск столкновения был незначительным».

Меры по минимизации риска столкновений должны приниматься от начальной стадии проекта вплоть до его завершения и, при необходимости, координироваться с проектировщиками или операторами параллельных систем.

Правила зонирования

В пункте 3.3 «Орбиты и защищенные области» «Руководящих принципов МККМ...» указано: «Защищенные области — любая деятельность, которая имеет место в космосе, должна выполняться при признании уникального характера двух областей, А и В (рис. 4), с тем, чтобы гарантировать их будущее безопасное и практическое использование. Эти области должны быть защищены по отношению к образованию космического мусора.

(1) **Область А**, низкие околоземные орбиты (НОО) — это сферическая область, которая расположена от поверхности Земли до высоты (Z) 2000 км.

(2) **Область В** — это часть сферического сегмента, определенная следующими условиями:

- Нижняя высота — высота геостационарной орбиты минус 200 км.
- Верхняя высота — высота геостационарной орбиты плюс 200 км.
- $-15^\circ \leq \text{широта} \leq +15^\circ$.
- Высота геостационарной орбиты (Z_{GEO}) = 35 786 км».

Правила зонирования в ОКП установлены впервые в международной практике.

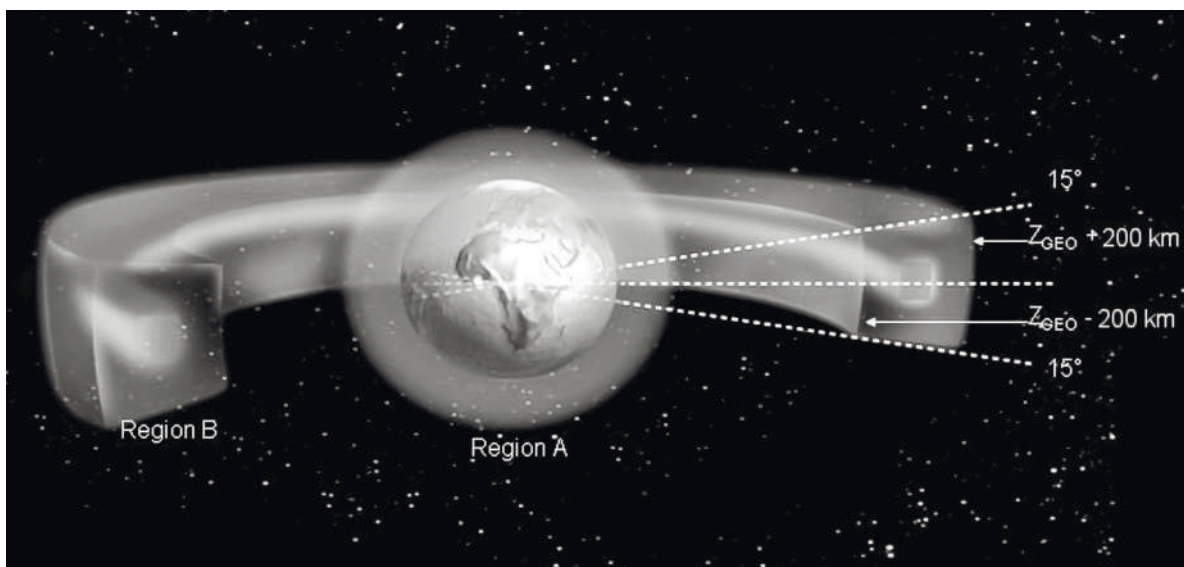


Рис. 4. Зонирование в околоземном космическом пространстве (CNES).



В рамках Межагентского координационного комитета по космическому мусору происходит регулярный обмен данными между организациями, которые наблюдают и каталогизируют космические объекты.

Правила взаимодействия

В параграфе 5.4 «Руководящих принципов МККМ...» указаны условия маневров увода защищаемых космических объектов: «...Если надежные орбитальные данные доступны...» Это означает, что как предпочтительные предлагаются процедуры регулярного обмена данными между организациями, которые наблюдают и каталогизируют космические объекты. Эта работа, в частности, проводится в рамках МККМ, в ходе информационного обмена при прогнозировании опасных событий входа крупногабаритных фрагментов космического мусора в плотные слои атмосферы.

Правила взаимодействия участников космической деятельности изложены также в параграфе 5.3.2 «Объекты, проходящие через НОО»: «...Если для увода космической системы с орбиты планируется ее возвращение в атмосферу, то нельзя допускать, чтобы фрагменты, способные достичь поверхности Земли, представляли опасность для людей или имущества. Решением этой задачи является ограничение числа несгораемых фрагментов или обеспечение их падения в безлюдных районах, например в акватории океана. В случае управляемого возвращения КА и орбитальных ступеней оператор системы должен сообщить операторам воздушного движения и морским властям время и ожидаемый район падения указанных объектов». То есть определено взаимодействие не только между участниками космической деятельности, но также с наземными и морскими службами для согласования управления космическим полетом и движения различных типов транспорта.

Правила экологии космоса

Правила экологии космоса составляют основное содержание «Руководящих принципов МККМ...».

Следует отметить, что в этом документе впервые сформулированы основные термины и определения в сфере экологии космического пространства, в том числе: «"Космический мусор" — это все находящиеся на околоземной орбите или возвращающиеся в атмосферу антропогенные объекты, включая их фрагменты и элементы, которые являются нефункциональными» и другие.

Необходимо также подчеркнуть, что в «Руководящих принципах МККМ...» расширено понятие эксплуатационной стадии, в которое добавлен «Этап увода с орбиты» от момента завершения целевого функционирования КА до момента завершения всех действий по уменьшению опасности образования космического мусора. Увод с рабочей орбиты является обязательным для каждого космического средства, что неизбежно приведет к необходимости дополнительного технического ресурса служебных систем КА.

Таким образом, «Руководящие принципы МККМ...» являются первым регулирующим документом, определяющим «правила движения на космических дорогах».

3 Участие российской делегации в разработке руководящих принципов по предупреждению образования космического мусора

С момента образования МККМ работа российской делегации в его составе была направлена на решение следующих основных задач:

- информирование участников МККМ о деятельности отечественной ракетно-космической отрасли по предупреждению образования КМ;
- изучение опыта космических агентств по решению проблем КМ;
- участие в разработке документов МККМ.

В ходе работы МККМ неоднократно возникали ситуации, когда Россию пытались представить как страну, которая несет основную ответственность за засорение космоса. Предпринимались попытки навязать технические решения, трудно реализуемые в условиях резкого спада финансирования космической деятельности в середине — конце 1990-х годов. Наглядным примером являются претензии, предъявленные России в 1995 году, по радиоактивному засорению космического пространства в результате разгерметизации кон-

тура охлаждения бортовых ядерно-энергетических установок КА типа RORSAT при их переводе на радиационно-безопасные орбиты захоронения на завершающем этапе функционирования. Исследования российских специалистов убедительно продемонстрировали всю необоснованность указанных претензий [5], и с тех пор данный вопрос не поднимался.

Другим примером служит острая дискуссия по вопросу о выборе границы зоны захоронения отработавших КА в области геостационарной орбиты (ГСО). Располагая достаточным топливным бюджетом для своих КА, американская сторона настаивала на удалении отработавших КА на расстояние не менее 300–350 км выше радиуса ГСО. Российской делегацией был обоснован выбор границы зоны захоронения 200 км с учетом дополнительных размеров зоны поддержания КА в точках стояния, зоны маневрирования при смене точек стояния и вариации перигея орбиты КА под действием возмущений гравитационного потенциала Земли, притяжения Луны, Солнца и солнечного давления. По результатам дискуссии была принята российская точка зрения, что и положено в основу знаменитой формулы МККМ по уводу геостационарных КА в зону захоронения.

В 1997 году в ФГУП ЦНИИмаш на заседании комиссии Уткина — Стаффорда с особой остротой был поднят вопрос о необходимости дополнительной защиты российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) от воздействия высокоскоростных фрагментов КМ. По поручению Российского космического агентства в ФГУП ЦНИИмаш совместно с ОАО «РКК "Энергия" имени С. П. Королёва» были выполнены работы по созданию дополнительных защитных экранов для РС

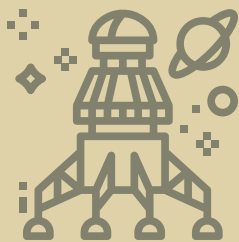
МКС. Предложенные конструкции экранов на основе порошковых композиций тяжелых металлов, мелкоячеистых стальных сеток и профилированных структур имеют уровень стойкости, превышающий показатели известных аналогов США в диапазоне скоростей 5–6 км/с. Разработанная методология проектирования и отработки защитных экранов обсуждалась в МККМ, получила одобрение зарубежных специалистов и была реализована для установки дополнительных экранов на РС МКС.

В рамках деятельности второй рабочей группы МККМ проводится сравнение моделей КМ, разработанных в России, США, в ЕКА и других агентствах. Отечественные результаты представлены моделью космического мусора профессора А. И. Назаренко.

В рамках деятельности третьей рабочей группы МККМ в 2000 году российской делегацией был подготовлен проект первой редакции документа «Справочное пособие по защите от космического мусора» (Protection Manual) [6], в котором синтезировался опыт защиты КА от КМ и микрометеороидов. Впервые в деятельности МККМ документ был официально распространен в виде электронной версии на CD-диске. В дальнейшем указанный формат обмена информацией стал традиционным и использовался в практической деятельности МККМ вплоть до организации веб-сайта МККМ в 2005 году.

В рамках деятельности четвертой рабочей группы МККМ в 2000 году по предложению российской делегации был рассмотрен вопрос о роли малых КА (МКА) в засорении ОКП. Было показано [7], что нано-, пико- и фемто-КА являются невидимыми для наземных средств наблюдения и по завершении работы превращаются в ненаблюдаемый космический мусор. По причине отсутствия двигательной установки российская делегация в 2003 году предложила запретить запуски МКА на орбиты с временем баллистического существования более 25 лет (правило МККМ), но это предложение было отклонено. Прошло 15 лет, и вопрос МКА снова включен в повестку дня МККМ, что связано с возрастающим риском разветывания многочисленных группировок МКА.

Представители США и их партнеры предполагали, что «Руководящие принципы МККМ...» будут одобрены в 2004 году на 41-й сессии НТПК с последующим утверждением на Генеральной ассамблее ООН и приобретут статус международного документа. Российская делегация настояла на доработке документа [8], что нарушило планы США. Потребовалось три года напряженной работы, прежде чем в 2007 году предложения российской делегации были включены в «Руководящие принципы Комитета ООН по космосу по предупреждению образования космическо-



Руководящие принципы Межагентского координационного комитета по космическому мусору являются первым регулирующим документом, определяющим правила движения на космических дорогах.



Документ, принятый в Комитете ООН по космосу, носит рекомендательный характер: государствам — членам ООН и международным организациям предлагается добровольно применять меры по ограничению космического мусора при проектировании разрабатываемых и в процессе эксплуатации уже существующих космических аппаратов и орбитальных ступеней. Данные принципы не являются юридически обязательными согласно международному праву.

го мусора» [9] и затем одобрены на 62-й сессии Генеральной ассамблеи ООН в резолюции A/RES/62/217 от 10.01.2008 г. Особенно сложным был вопрос о космических аппаратах с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ). Правило 25 лет ограниченного баллистического существования отработавших КА в области низких околоземных орбит (НОО) фактически исключало возможность эксплуатации КА с ЯЭУ в космосе, несмотря на действующие «Принципы ООН, касающиеся использования ядерных источников энергии в космическом пространстве», где подтверждается необходимость увода КА с ЯЭУ на орбиты длительного захоронения в области НОО. Не обладая столь высокими технологиями, США пытались запретить России использование своих достижений в космосе. Под угрозой повторного срыва консенсуса (как это произошло в 2004 году), в текст документа ООН [9] был включен пункт следующего содержания: «...признается, что исключения из осуществления отдельных руководящих принципов или их элементов могут быть обоснованы, например в соответствии с положениями договоров и принципов ООН, касающихся космического пространства».

Документ, принятый в Комитете ООН по космосу, рекомендует государствам — членам ООН и международным организациям добровольно применять — через свои национальные и иные

механизмы — меры по ограничению космического мусора. Руководящие принципы рекомендуются применять при проектировании и в процессе эксплуатации вновь разрабатываемых космических аппаратов и орбитальных ступеней, а также, если это возможно, при эксплуатации уже существующих аппаратов и ступеней. Данные принципы не являются юридически обязательными согласно международному праву. Кроме того, признается, что исключения из осуществления отдельных руководящих принципов или их элементов могут быть обоснованы.

Оглядываясь назад с позиций сегодняшнего дня, инициативу США и их союзников по утверждению «Руководящих принципов МККМ...» в качестве документа Организации Объединенных Наций можно охарактеризовать как попытку создания международно-правовых механизмов для оказания давления на участников космической деятельности под предлогом невыполнения ими требований по предупреждению образования космического мусора. В отсутствие взаимосогласованных принципов обмена информацией о событиях в ОКП подобные претензии могли быть предъявлены при недостатке или полном отсутствии объективных доказательств относительно достоверности произошедших событий. Дискуссия по обсуждаемой теме продолжилась в Комитете ООН по космосу в рамках пункта повестки дня о долгосрочной устойчивости космической деятельности, включая аспекты управления космическим движением.

4 Управление космическим движением

Проблема управления космическим движением впервые прозвучала в докладе Международной академии астронавтики «Исследование управления космическим движением» на 43-й сессии НТПК в 2006 году [10]. В докладе перечислены документы, которые должны определить режим управления космическим движением, а именно:

- правила информационного обмена;
- правила взаимного уведомления;
- правила управления движением в космосе;
- организационные процедуры.

Первые шаги на пути к управлению движением в космосе, по мнению авторов, должны включать следующие мероприятия:

- принятие документа по предупреждению образования космического мусора в Комитете ООН по космосу;
- координация и наращивание усилий организаций, осуществляющих контроль космического пространства;

- установление единой политики и инфраструктуры ведения каталога наблюдаемых космических объектов;
- расширение механизмов контроля, в том числе уведомление, регистрация и предоставление необходимых данных;
- введение четких различий между полезными КА и объектами космического мусора.

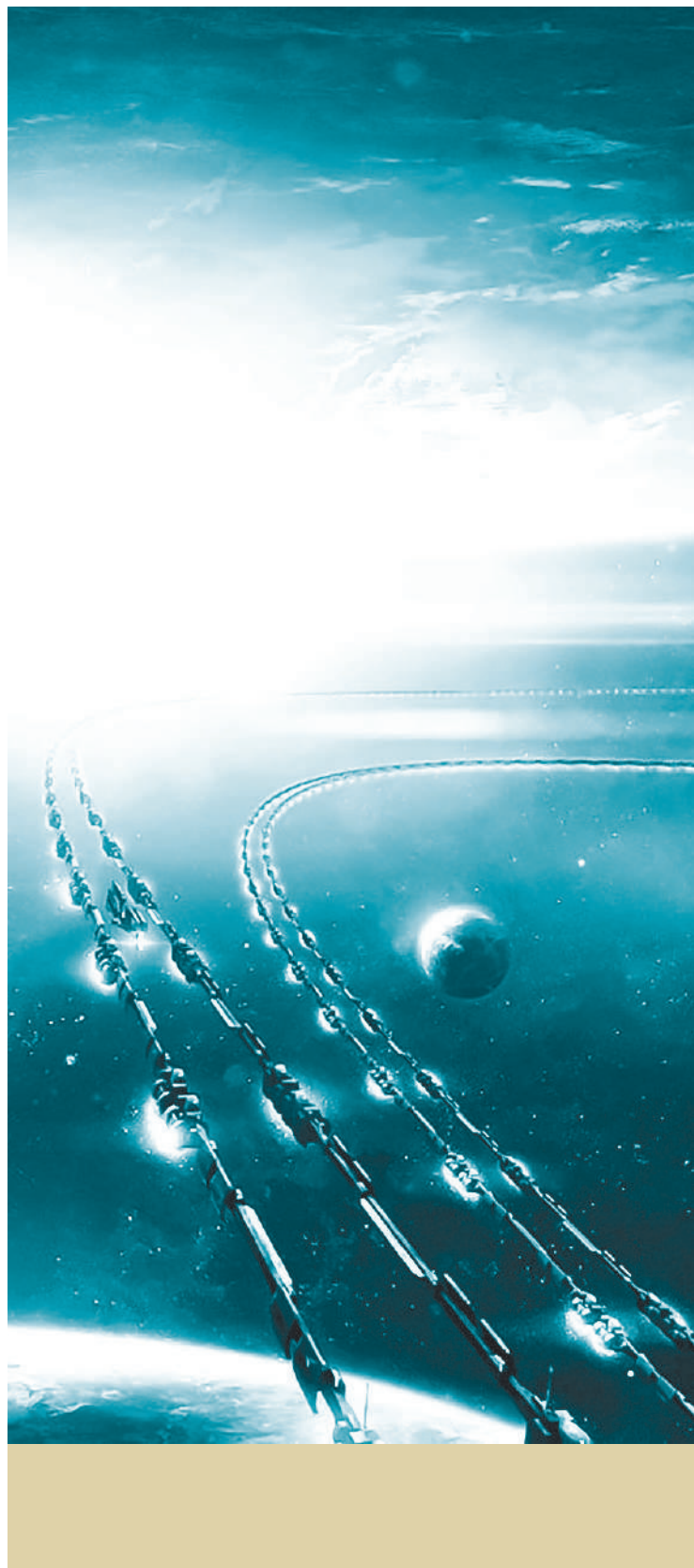
Таким образом, управление движением в космосе рассматривалось как разработка и внедрение совокупности нормативно-технических документов и мероприятий, обеспечивающих безопасность космической деятельности на всех этапах жизненного цикла создаваемых космических средств.

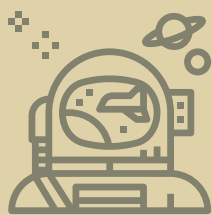
Прошедшие годы подтвердили актуальность введения режимов управления космическим движением. Космос становится все более перегруженным и оспариваемым, и эта тенденция создает проблемы для безопасности, стабильности и устойчивости космических операций. Активно реализуются проекты по орбитальному обслуживанию, удалению космического мусора, организации производства в космосе и космическому туризму. Развиваются технологии создания многочисленных группировок МКА. Так, уже к 2020 году планируется развернуть группировку OneWeb в составе 648 КА на круговых орбитах высотой 1200 км.

Усилия по развитию идей управления космическим движением предприняты в период 2011–2018 гг. в рамках инициативы США и их партнеров по разработке в НТПК «Руководящих принципов долгосрочной устойчивости космической деятельности (ДУКД)». Эти работы завершились в 2018 году выпуском частично согласованного документа, где не удалось достигнуть консенсуса по ряду ключевых вопросов обмена информацией и управления операциями на орбите.

18 июня 2018 года президент США подписал «Директиву о космической политике — 3. Национальная политика управления космическим движением» (далее — Директива) [12], где утверждается, что возрастает необходимость защиты космических активов и интересов США. США намерены сохранить лидерство в космосе и для этого разработать новый подход к управлению космическим движением (Space Traffic Management — STM), установить приоритеты развития системы космической ситуационной осведомленности (Space Situational Awareness — SSA). Выполнение работ планируется с учетом интересов национальной безопасности, стимулированием коммерческого космического сектора, продвижением лучших практик международного сообщества.

В Директиве дано определение: «...Управление космическим движением — это планирование, координация и синхронизация действий на орбите для повышения безопасности, стабильности и устойчивости операций в космической среде».





Анализ ситуации в космическом пространстве за последние несколько лет подтвердил актуальность введения режимов управления космическим движением: космос становится все более перегруженным и оспариваемым, и эта тенденция создает проблемы для безопасности, стабильности и устойчивости космических операций.

Оценивая перспективу реализации Директивы как очередной шаг на пути к режиму управления космическим движением, необходимо понимать истинные цели США и их союзников. Вот что по этому поводу сказал Дуглас Ловерро (Douglas Loverro) — заместитель министра обороны США по вопросам космической политики (в отставке) [13]. На вопрос СМИ, в чем заключается причина изменения наименования «Объединенный центр космических операций» (Joint Interagency Combined Space Operations Center — JSpOC) на наименование «Национальный центр космической обороны» (National Space Defense Center — NSDC), он ответил: «...Это произошло потому, что мы сконцентрировали внимание на защите наших активов в космосе. И термин "защита" здесь использован совершенно правильно. Первоначально те функции, которые, как мы предполагали, соответствуют термину "управление движением в космосе", действительно осуществлялись JSpOC, расположенным в Вандерберге. Но JSpOC был сосредоточен исключительно на вопросах осведомленности о ситуации в космосе, на мониторинге космических объектов, и не был ориентирован на защиту интересов США в космосе и космических средств США. С другой стороны, NSDC признает, что в то время как большинство участни-

ков космической деятельности руководствуются альтруистическими и экономическими причинами, некоторые участники присутствуют в космосе по причинам национальной безопасности, причем у них возможны намерения, противоположные интересам США. NSDC — это центр для работы на опережение и для решения тех проблем, которые связаны с участниками космической деятельности, способными самим работать на опережение и противопоставлять свою деятельность интересам США, а не для того, чтобы просто отслеживать ситуацию в космосе, которая в настоящее время действительно слабо регулируется».

Следует подчеркнуть следующее важное обстоятельство. В случае одобрения в НТПК «Руководящих принципов ДУКД» в целом этот документ необходимо передать в Юридический подкомитет Комитета ООН по космосу для проведения соответствующей правовой экспертизы, которая является обязательным условием дальнейшего представления документа в Комитет ООН по космосу и далее на Генеральную ассамблею ООН.

Заключение

Космический мусор является реальной угрозой для длительного надежного использования космических средств, предоставления космических услуг, а также для людей и объектов на поверхности Земли. Предупреждение образования космического мусора позволит сохранить космическую среду для будущих поколений.

К настоящему времени сложилась стройная система взаимодействия участников космической деятельности для решения проблем космического мусора. Требования руководящих принципов Межагентского координационного комитета по космическому мусору и Комитета ООН по космосу синтезируют опыт работ участников космической деятельности по предупреждению образования космического мусора и служат аналогом «правил движения на космических дорогах».

В условиях все возрастающей интенсивности космической деятельности особую актуальность приобретает вопрос об управлении космическим движением при комплексном рассмотрении вопросов планирования и координации действий в космосе в обеспечение безопасности космических систем. Дальнейшее согласование проекта «Руководящих принципов долгосрочной устойчивости космической деятельности» закладывает основы управления космическим движением в части расширения механизмов контроля и регистрации опасных ситуаций в космосе, уведомления и предоставления необходимых данных для их парирования. Принятие документа на основе консенсуса будет способствовать дальнейшему развитию космической деятельности.



Литература

1. Яковлев М.В., Макаров Ю.Н., Михайлов М.А., Логинов С.С. и др. Космический мусор. Книга 1. Методы наблюдения и модели космического мусора. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. 248 с.
2. Яковлев М.В., Макаров Ю.Н., Михайлов М.А., Логинов С.С., Юраш В.С. и др. Космический мусор. Книга 2. Предупреждение образования космического мусора. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. 188 с.
3. Technical Report On Space Debris, Text of the Report adopted by Scientific and Technical Subcommittee of the United Nations Committee of on the Peaceful Uses of Outer Space, UN Document No. A/AC.105/720 (New York, 1999).
4. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee space debris mitigation guidelines, Scientific and Technical Subcommittee, UN Doc. A/AC.105/C.1/L.260, Fortieth session, Vienna, 17-28 February 2003.
5. Lukiashchenko V., Yakovlev M., et al. The Problem of Space Environment Radioactive Pollution, Space Forum, Vol. 1, pp. 103-107, (Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers), 1996.
6. Meshcheryakov S., Yakovlev M. Development of the Protection Manual. Proceedings of the 18th Inter-Agency Space Debris Coordination Committee Meeting, Colorado-Springs, USA, June 13-17, 2000.
7. Yakovlev M. Small satellites and space debris problem (IADC Action Item 18.4). Final International Study Report. Proceedings of the 20th Inter-Agency Space Debris Coordination Committee Meeting, Guildford, UK, April 09-12, 2002.
8. Kulik S., Yakovlev M. IADC space debris mitigation guidelines Comments provided by the Russian Federation. A/AC.105/C.1/2004/CRP.22, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Forty-firsts session of the Scientific and Technical Subcommittee, Vienna, February 17-28, 2004.
9. Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, UN Doc. A/62/20, United Nations, Vienna, 2007.
10. Cosmic Study of Space Traffic Management – Report of the International Academy of Astronautics (IAA), BP 1268-16, F-75766 Paris Cedex 16, France, 2006.
11. Руководящие принципы обеспечения долгосрочной устойчивости космической деятельности. Записка секретариата, A/AC.105/C.1/L.367, Комитет по использованию космического пространства в мирных целях, 61 сессия, Вена, 20–29 июня 2018 года.
12. Space Policy Directive-3, National Space Traffic Management Policy. Presidential Memoranda. June 18, 2018.
13. Constellations. Space Situational Awareness. Space Policy. Speaker: Doug Loverro, Former Deputy Assistant Secretary of Defense for Space Policy, 2018. Available at: <http://www.kratoscomms.com/~media/communications/podcast/transcripts/constellations-podcast-episode-13.pdf?la=en> (Retrieval date: 18.10.2018).

References

1. Yakovlev M.V., Makarov Yu.N., Mikhaylov M.A., Loginov S.S. i dr. Kosmichesky musor. Kniga 1. Metody nablyudeniya i modeli kosmicheskogo musora. Moscow, FIZMATLIT, 2014. 248 p.
2. Yakovlev M.V., Makarov Yu.N., Mikhaylov M.A., Loginov S.S., Yurash V.S. i dr. Kosmichesky musor. Kniga 2. Preduprezhdeniye obrazovaniya kosmicheskogo musora. Moscow, FIZMATLIT, 2014. 188 p.
3. Technical Report On Space Debris, Text of the Report adopted by Scientific and Technical Subcommittee of the United Nations Committee of on the Peaceful Uses of Outer Space, UN Document No. A/AC.105/720 (New York, 1999).
4. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee space debris mitigation guidelines, Scientific and Technical Subcommittee, UN Doc. A/AC.105/C.1/L.260, Fortieth session, Vienna, 17-28 February 2003.
5. Lukiashchenko V., Yakovlev M., et al. The Problem of Space Environment Radioactive Pollution, Space Forum, Vol. 1, pp. 103-107, (Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers), 1996.
6. Meshcheryakov S., Yakovlev M. Development of the Protection Manual. Proceedings of the 18th Inter-Agency Space Debris Coordination Committee Meeting, Colorado-Springs, USA, June 13-17, 2000.
7. Yakovlev M. Small satellites and space debris problem (IADC Action Item 18.4). Final International Study Report. Proceedings of the 20th Inter-Agency Space Debris Coordination Committee Meeting, Guildford, UK, April 09-12, 2002.
8. Kulik S., Yakovlev M. IADC space debris mitigation guidelines Comments provided by the Russian Federation. A/AC.105/C.1/2004/CRP.22, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Forty-firsts session of the Scientific and Technical Subcommittee, Vienna, February 17-28, 2004.
9. Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, UN Doc. A/62/20, United Nations, Vienna, 2007.
10. Cosmic Study of Space Traffic Management – Report of the International Academy of Astronautics (IAA), BP 1268-16, F-75766 Paris Cedex 16, France, 2006.
11. Rukovodyaschiye printsipy obespecheniya dolgosrochnoy ustoychivosti kosmicheskoy deyatelnosti. Zapiska sekretariata, A/AC.105/C.1/L.367, Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh, 61 sessiya, Vena, 20-29 June 2018.
12. Space Policy Directive-3, National Space Traffic Management Policy. Presidential Memoranda. June 18, 2018.
13. Constellations. Space Situational Awareness. Space Policy. Speaker: Doug Loverro, Former Deputy Assistant Secretary of Defense for Space Policy, 2018. Available at: <http://www.kratoscomms.com/~media/communications/podcast/transcripts/constellations-podcast-episode-13.pdf?la=en> (Retrieval date: 18.10.2018).

© Яковлев М. В., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 19.04.2019

Принята к публикации: 09.05.2019

Модератор: Дмитрюк С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Яковлев М. В. От «правил движения на космических дорогах» к управлению космическим движением // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2(99). С. 60-71.

NEW GENERATION OF SATELLITES FOR MARITIME SURVEILLANCE

Nikolay N. KLIMENKO,
Cand. Sci. (Tech), Lieutenant-General retired,
Deputy General Director, Lavochkin Association,
Moscow, Russia,
Klimenko@laspace.ru

KIRILL A. ZANIN,
Dr. Sci. (Tech), Leading Research Scientist,
Lavochkin Association, Moscow, Russia,
khsm@laspace.ru

ABSTRACT | The article deals with the projects of new generation of satellites for maritime surveillance, designed by XpressSAR, Urthe-Cast, Iridium, Thales Alenia Space, ICEYE, Capella Space, Umbra Lab, HawkEye 360, GomSpace, FFI/SFL, Kleos Space, UnSeen Labs companies. Their basic characteristics are given, as well as information on their application for intended purposes.

Keywords: *maritime surveillance, SAR satellite, SIGINT satellite, HAPS – high-altitude pseudosatellite, startup, ground-based network*

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ



Николай Николаевич КЛИМЕНКО,
кандидат технических наук, генерал-лейтенант
запаса, заместитель генерального директора
АО «НПО Лавочкина» по специальным проектам,
Москва, Россия,
Klimenko@laspace.ru



Кирилл Анатольевич ЗАНИН,
доктор технических наук, ведущий научный
сотрудник АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,
khsm@laspace.ru



АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются проекты космических аппаратов нового поколения для наблюдения морской обстановки, разрабатываемые компаниями XpressSAR, UrtheCast, Iridium, Thales Alenia Space, ICEYE, Capella Space, Umbra Lab, HawkEye 360, GomSpace, FFI/SFL, Kleos Space, UnSeen Labs. Приведены их основные характеристики, а также сведения об их применении для решения целевых задач.

Ключевые слова: слежение за морской обстановкой, космический аппарат с радиолокатором с синтезированной апертурой, космический аппарат радиоэлектронного наблюдения, псевдокосмический аппарат, стартап, сеть наземного базирования

ЧАСТЬ I.

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ С РАДИОЛОКАТОРАМИ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

ВВЕДЕНИЕ

Наблюдение за морской обстановкой состоит в обнаружении, идентификации и определении параметров движения кораблей как в глобальном масштабе, так и в локальных зонах особого внимания. К числу последних относят арктическую зону, включая Северный морской путь, средиземноморскую зону с наиболее интенсивным режимом мореплавания, морские зоны на направлениях локальных войн, вооруженных конфликтов, боевых и контртеррористических операций, зоны интенсивного рыболовства, пограничные территориальные зоны, исключительные экономические зоны.

Разброс этих зон по всему земному шару, требования их наблюдения как в интересах обеспечения безопасности мореплавания, так и в интересах пресечения противоправной морской деятельности и возможной агрессии потребовало привлечения средств космического наблюдения.

В соответствии с международным соглашением по безопасности мореплавания SOLAS создана автоматическая система идентификации судов AIS с расположением на кораблях водоизмещением более 300 тонн радиоустановок, излучающих с частотой 2 секунды — 3 минуты в режиме SOTDMA в диапазоне VHF радиосигналы, содержащие информацию о координатах, скорости, курсе и идентификации кораблей. Для мореплавания на кораблях длиной более 45 м устанавливаются навигационные радиолокационные системы (РЛС) X-диапазона (9,3–9,5 ГГц). Действующая в настоящее время система обнаружения кораблей VDS базируется на применении космических аппаратов (КА), оснащенных аппаратурой приема и обработки сигналов системы AIS (далее — КА AIS), и КА с радиолокаторами с синтезированной аппаратурой (далее — КА с PCA) TerraSAR-X, Radarsat-2, COSMO-SkyMed, NovaSAR, Sentinel, Envisat (рис. 1).

Наибольшую активность в создании и применении КА AIS проявляет Норвегия, осуществив запуски КА AISat-1, 2, NorSat-1, 2 и планируя запуски КА с другими полезными нагрузками, включая аппаратуру AIS.

В Канаде создан КА AIS типа МЗМ. Аппаратура AIS устанавливается в качестве одной из полезных нагрузок на вновь создаваемые или проектируемые КА типа Iridium NEXT, Lemur и др., что обеспечивает максимальный перехват сигналов AIS и формирование обширных и оперативно обновляемых банков данных о морской обстановке в глобальном масштабе.

Как правило, КА с PCA применяются во взаимодействии с КА AIS, что обеспечивает слияние радиолокационной информации (РЛИ) и данных системы AIS. Вместе с тем КА с PCA, так и система AIS имеют ряд ограничений при слежении за морской обстановкой, особенно проявляющихся при решении задач пресечения противоправной деятельности и отражения возможной агрессии на морских направлениях. Система AIS не обеспечивает полную картину морской обстановки вследствие того, что оборудование AIS периодически выходит из строя или умышленно отключается, а также из-за возможности преднамеренного искажения информации о корабле в сигналах AIS с целью введения в заблуждение наблюдающей стороны. Совместное применение КА с PCA и системы AIS с космическим сегментом повышает достоверность наблюдения за морской обстановкой за счет выявления кораблей, не взаимодействующих с системой AIS, а также кораблей, данные о которых, содержащиеся в сигналах AIS, не соответствуют реальной картине морской обстановки, устанавливаемой по РЛИ. Однако действующие КА с PCA не предназначены для наблюдения за морской обстановкой и поэтому имеют ограничения по площади съемки и по периодичности наблюдения, что приводит к длительным перерывам в съемке заданных районов морской поверхности и, как следствие, к неприемлемому по современным требованиям снижению эффективности наблюдения.

Указанные обстоятельства привели к зарождению и реализации двух направлений повышения эффективности наблюдения за морской обстановкой, основанных на применении КА с PCA нового поколения, а также на разработке и реализации нового способа геолокации и идентификации кораблей на базе коммер-

ческих КА радиоэлектронного наблюдения (КА РЭН), обеспечивающих прием и обработку сигналов корабельных РЛС и других источников радиоизлучения (ИРИ) в полосе обзора, значительно превосходящей полосу съемки КА с РСА.

В настоящей статье рассматриваются КА нового поколения, предназначенные для повышения эффективности наблюдения за морской обстановкой. Особое внимание уделено коммерческим КА РЭН, создаваемым в дополнение к таким КА, как SB-WASS, Ceres, а также наземному сегменту разрабатываемых КА нового поколения.

КА С РСА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

Возросшая потребность в создании КА с РСА нового поколения обусловлена стремлением получить приемлемые по стоимости орбитальные группировки (ОГ), обеспечивающие достаточно высокую периодичность наблюдения. При этом КА с РСА со средним уровнем разрешения, но с большой полосой съемки наиболее полно отвечают требованиям по наблюдению за морской обстановкой. К новому поколению КА с РСА следует отнести КА XpressSAR [1] и КА с РСА из состава ОГ OptiSAR [2].

КА XpressSAR (рис. 2) — дальнейшее развитие концепции КА TerraSAR-X — предназначен для повышения эффективности наблюдения за морской обстановкой. КА планируется запускать на орбиту высотой 425 км с наклонением 48 с. ш. и 48 ю. ш. Орбита ориентирована на «пояс нестабильности» (Ближний Восток, Юго-Восточная Азия, средиземноморский и карибский бассейны), то есть на районы, богатые нефтью и другим стратегическим сырьем. КА XpressSAR могут привлекаться для слежения за кораблями на маршрутах их перехода в режиме маршрутной съемки с заданным разрешением и для наблюдения за пиратскими судами в режиме детальной съемки до уровня их идентификации. Декларируется возможность получения РЛИ с разрешением до 25 см с ежесуточной производительностью до 4 млн кв. км. ОГ из четырех КА будет обеспечивать съемку с периодичностью до 2 часов и суммарной суточной производительностью до 16 млн кв. км. Полоса съемки может достигать 300 км. РСА имеет следующие режимы съемки [3]:

- площадная съемка (ширина × длина) — от 100 км × 1000 км до 300 км × 2000 км с разрешением 30 м, предназначенная для наблюдения за морской обстановкой;

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ С РСА



Radarsat-1, 2

TerraSAR-X

TANDEM-X

COSMO-SkyMed 1-4

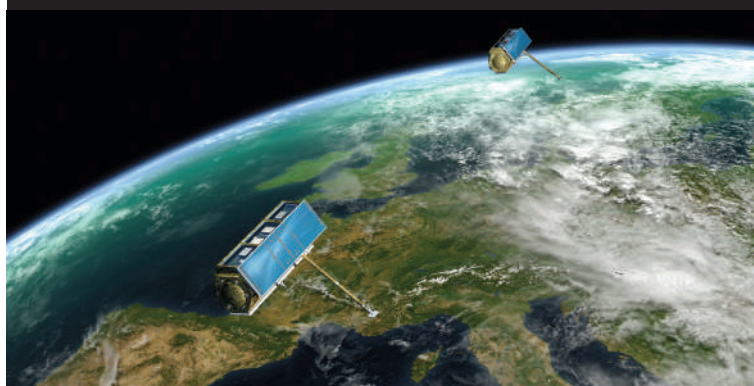


Рис. 1. Действующие КА с РСА, применяемые для наблюдения за морской обстановкой

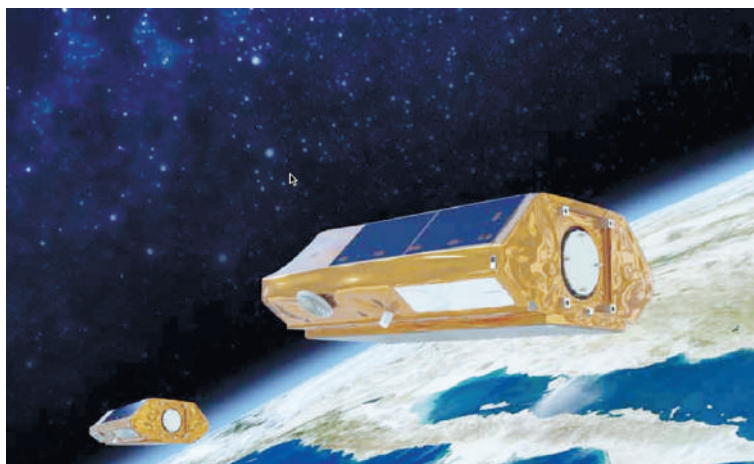


Рис. 2. КА с РСА XpressSAR

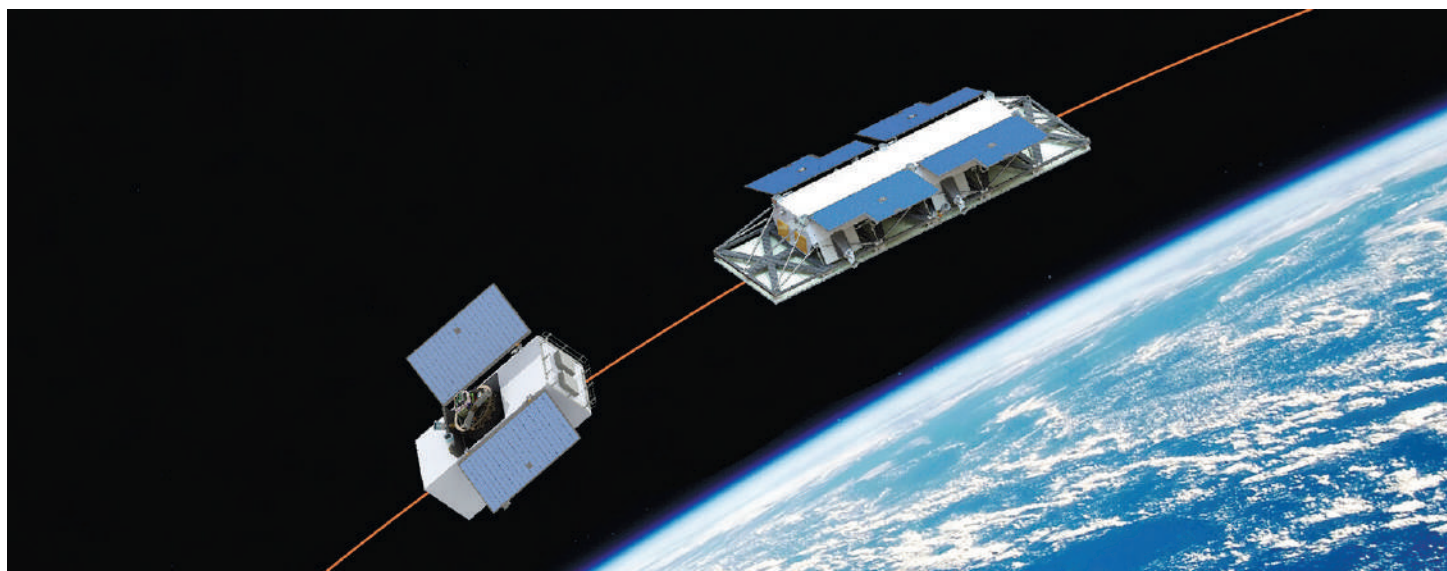


Рис. 3. Космическая система OptiSAR — справа КА с PCA

- маршрутная съемка — 30 км × 2000 км с разрешением 3 м;
- скользящий прожекторный режим — 10 км × 10 км с разрешением 1 м и 5 км × 5 км с разрешением 25 см.

Наряду с КА с PCA XpressSAR в Канаде разрабатывается уникальная космическая система OptiSAR (рис. 3), включающая ОГ из 16 КА — 8 КА ОЭН и 8 КА с PCA, запускаемых на орбиту высотой 450 км. PCA одновременно ведет съемку в X- и L-диапазонах с улучшенным подавлением неоднозначности РЛИ в следующих режимах [4]:

- SpotLight — кадр 10 км × 5 км с разрешением 1 м при подавлении неоднозначности на 25 дБ и NESZ=-20...-24 дБ;
- StripMap — в X-диапазоне: полоса съемки 10 км с разрешением 1 м × 3,5 м при подавлении неоднозначности по дальности на 20...25 дБ, по азимуту на 19...22 дБ и NESZ=-23...-26 дБ; в L-диапазоне: полоса съемки 10 км с разрешением 7,5 м × 7,5 м при подавлении неоднозначности на 22 дБ и NESZ=-23...-26 дБ;
- ScanSAR — полоса съемки 30 км с разрешением 10 м в X-диапазоне и 30 м в L-диапазоне при одновременной съемке в X- и L-диапазонах; при съемке только в L-диапазоне — полоса съемки до 140 км с разрешением 30 м при подавлении неоднозначности по дальности на 21...24 дБ, по азимуту — на 19...22 дБ и NESZ=-23...-26 дБ;
- дополнительно предусмотрен режим ScanSAR для обнаружения кораблей в полосе 225 км при волнении моря до 5 баллов.

PCA на инновационных КА для радиолокационного обнаружения кораблей, что планируется к разработке на базе космической платформы КА Iridium NEXT, будет размещаться в специальной «корзине», предназначенной для дополнительной к аппаратуре связи полезной нагрузки

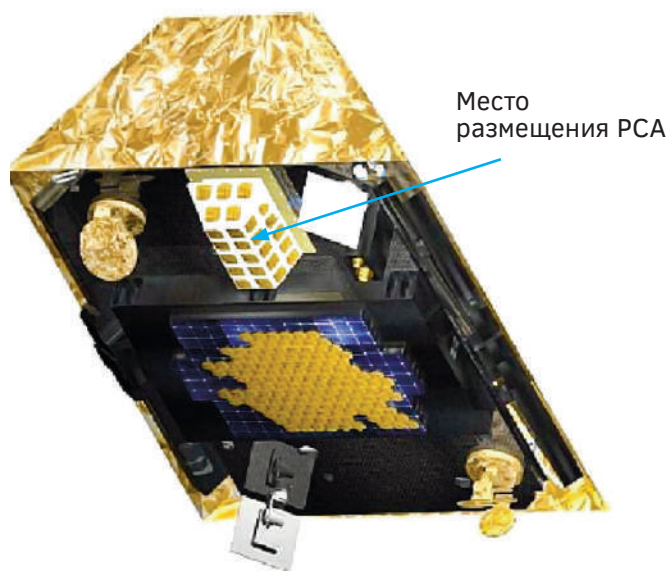


Рис. 4. КА Iridium

Инновационные КА для радиолокационного обнаружения кораблей планируются к разработке на базе космической платформы КА Iridium NEXT (рис. 4). РСА будет размещаться в специальной «корзине», предназначенной для дополнительной к аппаратуре связи полезной нагрузки. Декларируются высокие обнаружительные возможности РСА: в полосе 200 км возможно обнаружение кораблей размером свыше 15 м, а в полосе 1000 км — свыше 35 м. Бортовая аппаратура будет также включать оборудование системы AIS. Планируется групповой запуск до 10 КА PH Falcon 9.

Компания Thales Alenia Space разрабатывает специальную космическую систему радиолокационного наблюдения за морской обстановкой по проекту Stella Marine (рис. 5) [5, 6]. ОГ в составе 20 КА с РСА и аппаратурой системы AIS будет обеспечивать слежение за кораблями размером 15–20 м в полосе 1000 км. КА планируется запускать на квазиэкваториальные квазиполярные орбиты, обеспечивающие периодичность наблюдения 1 час.

Рассмотренные выше КА с РСА находятся на разных стадиях разработки. Вместе с тем на волнах новой космической революции [7] стремительно развивается тенденция создания малых и микроКА (МКА) с РСА для наблюдения за морской обстановкой.

В настоящее время лидирующее положение занимает финская компания ICEYE, разработавшая КА с РСА с разрешением $10\text{ м} \times 10\text{ м}$ и с доведением до $3\text{ м} \times 3\text{ м}$, а затем — $1\text{ м} \times 1\text{ м}$ (рис. 6 и рис. 7). Планируется формирование ОГ в составе 18 КА, что обеспечит периодичность наблюдения за морской обстановкой в несколько часов.

Конкурентами компании ICEYE на рынке РЛИ выступают американские компании Capella Space и Umbra Lab, ведущие разработку МКА с РСА [8]. Компания Capella Space [9, 10] планирует формирование ОГ из 36 МКА, обеспечив периодичность наблюдения 1 час. Заявлено, что РСА будет способен идентифицировать и классифицировать объекты размером 1 м. По другим данным, РСА X-диапазона имеет ширину спектра зондирующего сигнала 500 МГц и с высоты полярной орбиты 485...525 км будет обеспечивать разрешение в режиме SpotLite до 0,5 м. В декабре 2018 года запущен демонстрационный КА Capella 1 (рис. 8) на ССО с наклоном 98 градусов. PH Falcon 9 осуществила групповой запуск 64 коммерческих МКА, в том числе МКА Audacy Zero, BlackSky, Capella 1, Hawk (HawkEye 360), ICEYE-X2.

Компания Umbra Lab [11, 12] также анонсировала создание МКА с РСА с разрешением $10\text{ м} \times 0,25\text{ м}$ и формирование ОГ в составе 12 МКА. При этом компания утверждает, что при разрешении 1 м может быть достигнута периодичность наблюдения 1 час.

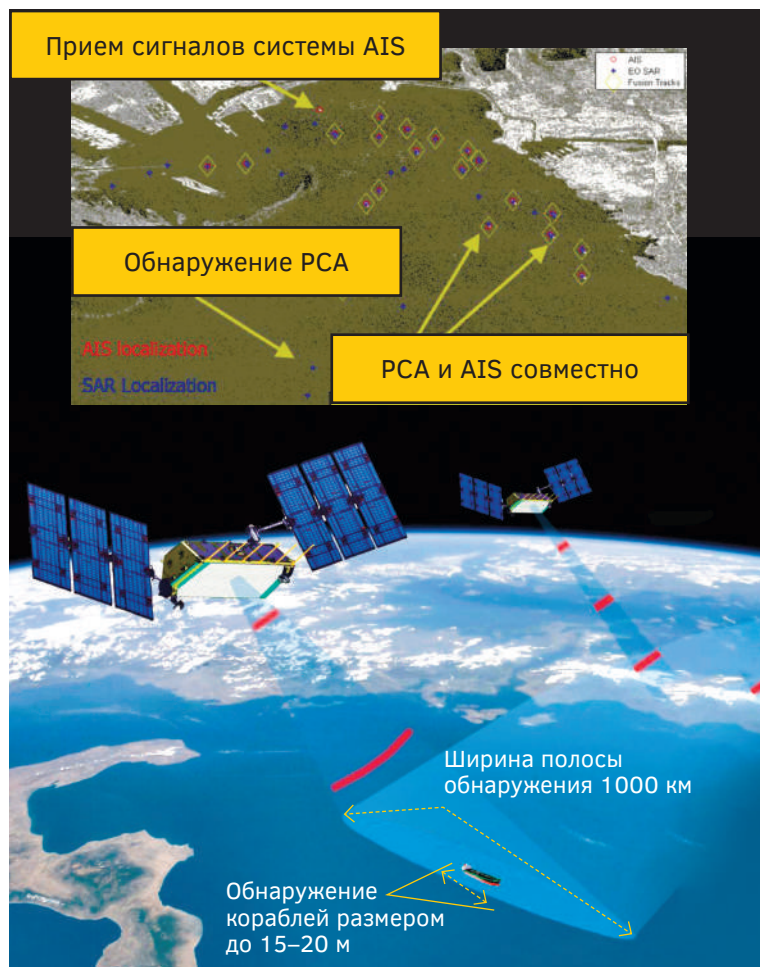


Рис. 5. Проект космической системы STELLA MARINE. Орбитальная группировка в составе 20 КА с РСА и приемником сигналов системы AIS для слежения за кораблями с периодичностью 1 час, разрабатывается компанией Thales Alenia Space



Рис. 6. КА с РСА ICEYE-X1



Рис. 7. КА с PCA ICEYE-X2

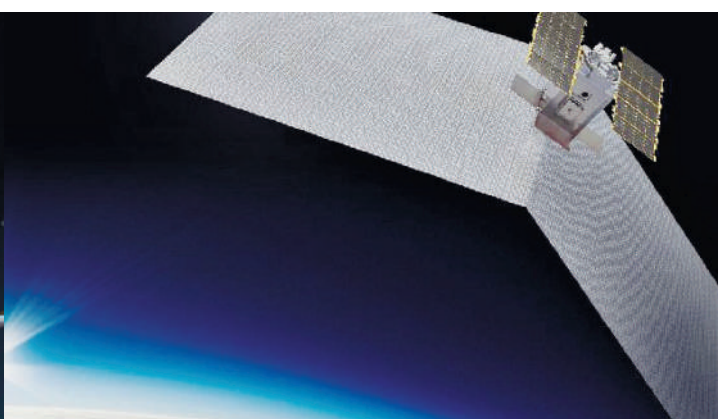


Рис. 8. КА с PCA Capella 1

Компании-разработчики ICEYE и Spire планируют совместное применение МКА с PCA для обнаружения «темных» судов и пресечения нелегальной морской деятельности

ТАБЛИЦА 1. Параметры орбиты МКА компании ICEYE

МКА / характеристики	X2	X3	X4	X5
Высота, км	580	500	500	585
Наклонение, градусы	97,5	50	97,4	97,3

ТАБЛИЦА 2. Основные характеристики PCA в различных режимах съемки

Режим/параметр	StripMap	StripMap High	SpotLight	ScanSAR
Полоса, км	35	25	10	120
Максимальная длина, км	500	500	5	500
Зенит. угол, градус	15-25	20-35	25-35	15-35
NESZ, дБ	-17	-15	-15	-17
AASR, дБ	-17	-17	-17	-17
Разрешение, м	3×3	1,5×1,5	1×1	20×20
Станд. кадр, км	35×50	25×50	10×5	120×50

Американские конкуренты финской компании ICEYE стремятся превзойти ее по уровню разрешения и периодичности наблюдения. Однако МКА ICEYE, получившие название X1, X2, X3 (а в перспективе X4, X5), стали реальностью и уже функционируют на орбите. Другие сопоставимые МКА с PCA пока находятся в стадии разработки, а их характеристики еще предстоит подтвердить.

К числу таких проектов можно отнести проект МКА с PCA MicroSat (рис. 9) [13], планируемый к разработке в Норвегии, стремящейся занять лидирующее положение на европейском рынке информации о морской обстановке. PCA С-диапазона будет обеспечивать разрешение 4 м при полосе шириной 200 км и мощности излучения 800 Вт с орбиты высотой 500 км. Проект предусматривает применение разворачиваемой на орбите антенны размером 3,8 м × 1,8 м. После развертывания ОГ в составе 10 КА периодичность наблюдения составит 3 часа.

МКА с PCA компании ICEYE [14] предназначены для обнаружения и слежения за кораблями, а также для мониторинга ледовой обстановки и контроля разливов нефти. Варианты применения МКА с PCA компании ICEYE показаны на рис. 10. При этом планируется их совместное применение с МКА AIS Lemur (разработчик — компания Spire) для обнаружения так называемых темных судов и пресечения нелегальной морской деятельности [15, 16]. Компании договорились о применении своих ОГ, в том числе 72 МКА Lemur, по единому замыслу.

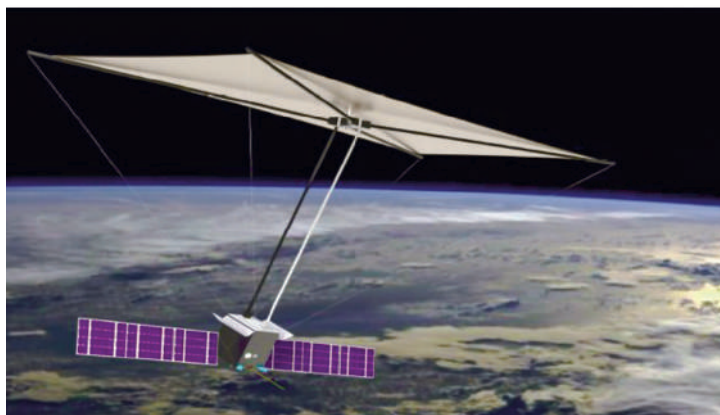


Рис. 9. КА с PCA MicroSAT



Рис. 10. Варианты применения КА с PCA ICEYE

РСА Х-диапазона имеют АФАР длиной 3,2 м и мощность излучения 4 кВт. Кадр снимка имеет размеры 50 × 50 км. МКА массой 61...85 кг запускается на ССО высотой 500...585 км. Разработаны три модификации МКА с РСА Х1, Х2, Х3 (а в перспективе Х4 и Х5) с последовательным улучшением разрешения. Основные характеристики МКА компании ICEYE приведены в таблицах 1 и 2 [17].

РСА осуществляет съемку в режимах ScanSAR, StripMap, StripMap High, SpotLight с разрешением $20 \times 20/10 \times 10/3 \times 3/1,5 \times 1,5/1 \times 1$ метров (при ширине спектра зондирующего сигнала 300 МГц) и с точностью геопривязки 10 м. Динамический диапазон РСА — 16 бит. Длительность съемки на витке составляет 2,5 минуты. Длительность непрерывной съемки — до 80 секунд. Суточная производительность РСА 7 млн кв. км с разрешением 3×3 м. Основные характеристики РСА в различных режимах съемки приведены в таблице 2.

Выбранные характеристики орбиты и параметры РСА обеспечивают уникальные возможности по оперативности съемки: время от заказа до съемки целевого района не превышает 3 часов. Для сравнения на рис. 11 приведена аналогичная характеристика для существующих КА с РСА.

ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАЯВОК НА РАДИОЛОКАЦИОННУЮ СЪЕМКУ КРИЗИСНЫХ РАЙОНОВ

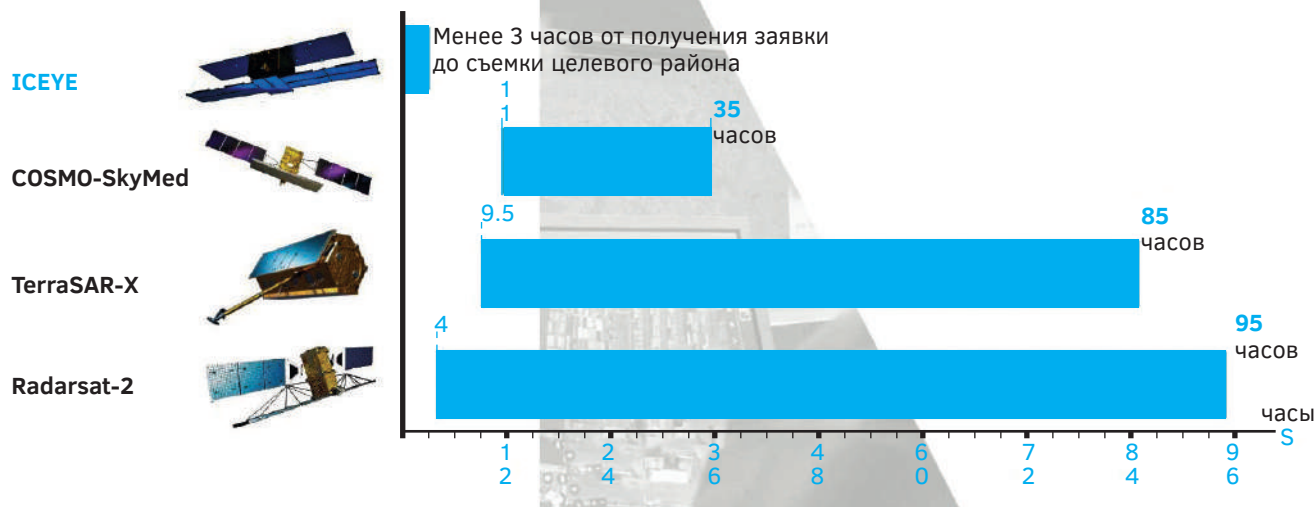


Рис. 11. Оперативность космической радиолокационной съемки кризисных районов

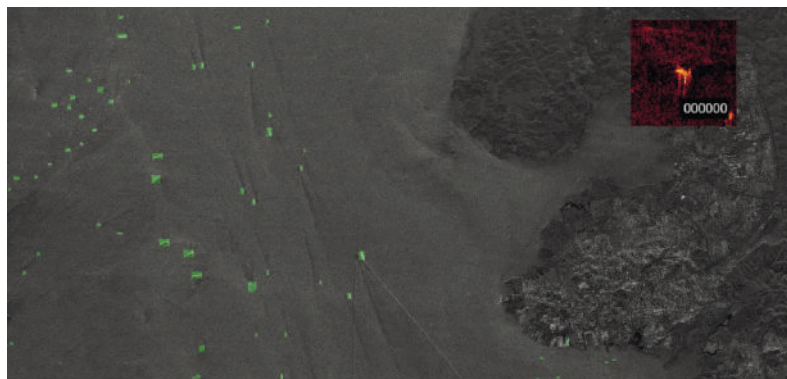


Рис. 12. Обнаружение кораблей по радиолокационному снимку КА с РСА ICEYE-X1



Рис. 13. Радиолокационный снимок морской обстановки с КА с РСА ICEYE-X1

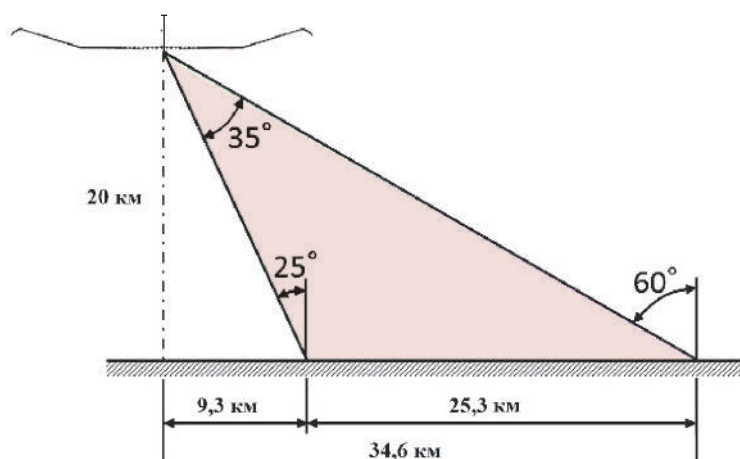


Рис. 14. Характеристики радиолокационной съемки с ПКА НИИ микроволновой и радиолокационной техники DLR

МКА X1 — первый в мире коммерческий МКА с РСА — запущен в январе 2018 года. В течение 2018 года осуществлялся запуск МКА X1 и X2. В 2019 году планируется создание ОГ в составе 8 МКА. На рис. 12 и 13 приведены радиолокационные снимки морской обстановки с КА с РСА ICEYE-X1.

Следует отметить, что американские компании задержались с выходом на рынок коммерческой РЛИ высокого разрешения вследствие ограничений в национальном законодательстве. Компания XpressSAR — первая американская компания, получившая лицензию на создание коммерческого КА с РСА с разрешением лучше 1 м. В настоящее время для коммерческих РСА разрешена полоса частот шириной 1200 МГц (ранее — 600 МГц), что открыло беспрецедентные возможности по добытию высокодетаальной РЛИ с использованием КА с РСА типа XpressSAR. Следует отметить, что американское сообщество пользователей геопространственной информации наконец-то осознало стратегическое и тактическое значение коммерческой РЛИ — от цифрового рельефа местности до наблюдения за морской обстановкой и за преимущественно облачными районами.

ПСЕВДОКОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ С РСА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

Наряду с традиционными КА для наблюдения за морской обстановкой разрабатываются и уже применяются псевдокосмические аппараты (ПКА) с РСА [19]. Так, ПКА Zephyr S и T, оснащенные радиолокатором SPIDER, приняты на вооружение и способны обнаружить как малые рыболовецкие суда, так и большие корабли с вероятностью правильного обнаружения не менее 0,9 при вероятности ложной тревоги не более 10^{-8} в полосе от 26 км до 70 км при волнении моря до 6 баллов. Технические характеристики РСА приведены в [20]. На этапе проектирования планировалось применение зондирующих сигналов в X-диапазоне с шириной спектра до 500 МГц. Однако на практике достигнута ширина спектра до 1200 МГц. В ходе натурных испытаний РСА было установлено, что с высоты полета 3000 м обеспечивается разрешение по дальности 0,9...0,7 м, по азимуту 2,1...6,1 м при полосе съемки 3 км. При этом мощность излучения на частоте

10,1 ГГц составляла 12,5 Вт. Зондирующий сигнал представлял собой пачки импульсов с ЛЧМ длительностью 0,37 сек., излучаемых в полосе частот 240 МГц и 485 МГц при сканировании луча ДНА в диапазоне зенитных углов 47...76 градусов.

В Германии НИИ микроволновой и радиолокационной техники DLR разработал для установки на ПКА РСА X-диапазона со следующими характеристиками:

а) в режиме радиолокационной съемки (рис. 14):

- полоса съемки 25,3 км;
- разрешение до 8 мм в режиме круговой съемки — рис. 15;
- подавление неоднозначности на 22 дБ;
- NESZ = -22 дБ;

б) в режиме селекции движущихся целей (СДЦ):

- полоса обзора 25,3 км;
- ЭПР = 7 дБм² при вероятности ложной тревоги 10⁻⁶;
- минимальная обнаруживаемая скорость — 0,11 м/с на суше, 0,89 м/с в океане (при скорости ветра до 10 м/с);
- точность определения перемещения в дальней зоне ≤ 42 м.

в) в режиме СДЦ в дальней морской зоне:

- полоса съемки 100 км;
- ЭПР = 22 дБм² при вероятности ложной тревоги 10⁻⁶;
- минимальная обнаруживаемая скорость 0,89 м/с;
- точность определения перемещения в дальней зоне ≤ 140 м.

Указанные выше характеристики достигаются при полете ПКА на высоте 20 000 м со скоростью 20 м/с. Основные характеристики РСА приведены в таблице 3.

В заключение можно отметить, что ПКА с РСА с приведенными характеристиками представляют собой высокоэффективные средства для обнаружения, местоопределения и сопровождения кораблей в локальных зонах (районах) особого внимания, а также обеспечивают наведение других средств наблюдения на обнаруженные объекты (цели) как в ближней, так и в дальней зонах.

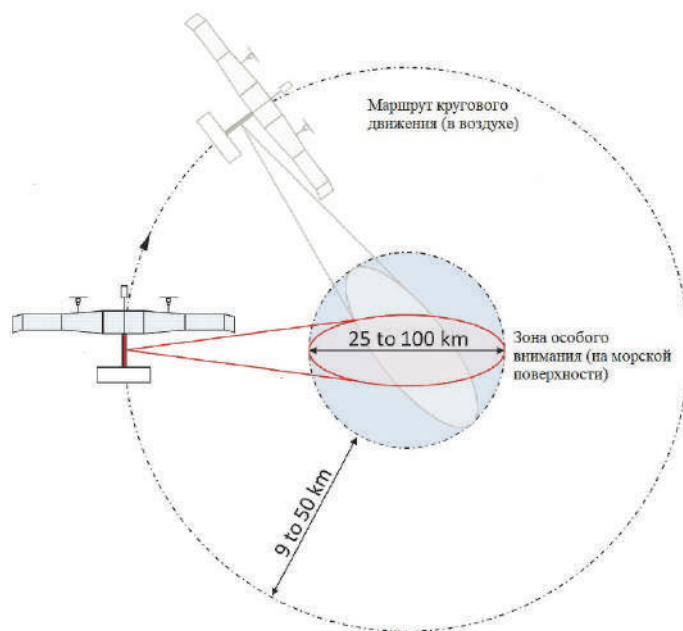


Рис. 15. Режим круговой радиолокационной съемки с ПКА

ТАБЛИЦА 3. Характеристики РСА при проведении натурных испытаний

Характеристики	Режим съемки	Режим СДЦ	Режим СДЦ в дальней морской зоне
Центральная частота, ГГц	9,6	9,6	9,6
Ширина спектра ЛЧМ сигнала, МГц	500	100	30
Пиковая мощность излучения, Вт	50	50	50
Скважность излучения, %	24	10	10
Длина антенны, м	1	2×1,25	2×1,25
Высота антенны, м	0,046	0,04	0,07
Частота повторения импульсов, Гц	2400	4000	780



Литература:

1. **Germroth D. S.** Commercial SAR comes to the US (Finally!) [Электронный ресурс]. URL: <http://syntheticapertureradar.com/commercial-sar-comes-to-the-u-s-finally/> (Дата обращения: 15.04.2019).
2. UrtheCast – The OptiSAR™ Constellation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.urthecast.com/optisar/> (Дата обращения: 15.04.2019).
3. OptiSAR (Optical and SAR) Commercial Constellation of UrtheCast [Электронный ресурс]. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/o/optisar> (Дата обращения: 15.04.2019).
4. PhD. High performance satellite AIS and Radar data fusion for Maritime Surveillance [Электронный ресурс]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/ea64/26d227b559f724eb491347f93d52f0b1e6af.pdf> (Дата обращения: 10.05.2019).
5. **Autran O.** New technologies for an improved Maritime Surveillance from Space [Электронный ресурс]. URL: <http://cco.gov.co/docs/eventos/2016-10-13/p-05-2016-10-13.pdf> (Дата обращения: 10.05.2019).
6. **Клименко Н.Н.** Новая космическая революция или новые горизонты космических средств наблюдения в XXI веке // Воздушно-космическая сфера. 2017. № 4. С. 44-51.
7. SAR satellite start-ups ICEYE, Umbra Lab and Capella Space are vying to revolutionize space radar [Электронный ресурс]. URL: <http://syntheticapertureradar.com/new-space-disruption-iceye-umbra-lab-and-capella-space/> (Дата обращения: 10.05.2019).
8. Capella X-SAR (Synthetic Aperture Radar) Constellation [Электронный ресурс]. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/~article/capella-x-sar> (Дата обращения: 15.04.2019).
9. Stealth Startup Umbra Lab is Flying Under the Radar [Электронный ресурс]. URL: <http://syntheticapertureradar.com/stealth-startup-umbra-lab-is-flying-under-the-radar/> (Дата обращения: 10.05.2019).
10. **Kaljord A.** Earth Observation for Maritime Operations – Current Capabilities and Future Potential [Электронный ресурс]. URL: https://www.norwep.com/content/download/31293/225975/version/1/file/KSAT_Norwep_Mai2017.pdf (Дата обращения: 10.05.2019).
11. Сайт компании ICEYE (Финляндия) [Электронный ресурс]. URL: <http://iceye.com> (Дата обращения: 15.04.2019).
12. ICEYE and Spire Join Forces to Enable Global Monitoring of Dark Vessels at Sea [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-spire-join-forces-enable-global-monitoring-dark-vessels-at-sea> (Дата обращения: 10.05.2019).
13. **Mohney D.** ICEYE and Spire announce SAR radar + AIS ship tracking service [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spaceitbridge.com/iceye-and-spire-announce-sar-radar-ais-ship-tracking-service.htm> (Дата обращения: 10.05.2019).
14. **Клименко Н.Н.** Первые действующие псевдокосмические аппараты для военных и гражданских пользователей // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 3. С. 64-76.
15. **Baumgartner S., Scheiber R., Bordoni F., Krieger G., Peichl M.** HAPS: Potentials, Applications and Requirements for Radar Remote Sensing [Электронный ресурс]. URL: https://elib.dlr.de/113651/1/haps4esa_2017_Baumgartner.pdf (Дата обращения 10.05.2019).

References

1. **Germroth D. S.** Commercial SAR comes to the US (Finally!). Available at: <http://syntheticapertureradar.com/commercial-sar-comes-to-the-u-s-finally/> (Retrieval date: 15.04.2019).
2. UrtheCast – The OptiSAR™ Constellation. Available at: <https://www.urthecast.com/optisar/> (Retrieval date: 15.04.2019).
3. OptiSAR (Optical and SAR) Commercial Constellation of UrtheCast. Available at: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/o/optisar> (Retrieval date: 15.04.2019).
4. PhD. High performance satellite AIS and Radar data fusion for Maritime Surveillance. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/ea64/26d227b559f724eb491347f93d52f0b1e6af.pdf> (Retrieval date: 10.05.2019).
5. **Autran O.** New technologies for an improved Maritime Surveillance from Space. Available at: <http://cco.gov.co/docs/eventos/2016-10-13/p-05-2016-10-13.pdf> (Retrieval date: 10.05.2019).
6. **Klimenko N.N.** Novaya kosmicheskaya revolyutsiya ili novye gorizonty kosmicheskikh sredstv nablyudeniya v XXI veke. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2017, no. 4, pp. 44-51.
7. SAR satellite start-ups ICEYE, Umbra Lab and Capella Space are vying to revolutionize space radar. Available at: <http://syntheticapertureradar.com/new-space-disruption-iceye-umbra-lab-and-capella-space/> (Retrieval date: 10.05.2019).
8. Capella X-SAR (Synthetic Aperture Radar) Constellation. Available at: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/~article/capella-x-sar> (Retrieval date: 15.04.2019).
9. Stealth Startup Umbra Lab is Flying Under the Radar. Available at: <http://syntheticapertureradar.com/stealth-startup-umbra-lab-is-flying-under-the-radar/> (Retrieval date: 10.05.2019).
10. **Kaljord A.** Earth Observation for Maritime Operations – Current Capabilities and Future Potential. Available at: https://www.norwep.com/content/download/31293/225975/version/1/file/KSAT_Norwep_Mai2017.pdf (Retrieval date: 10.05.2019).
11. ICEYE (Finland). Available at: <http://iceye.com> (Retrieval date: 15.04.2019).
12. ICEYE and Spire Join Forces to Enable Global Monitoring of Dark Vessels at Sea. Available at: <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-spire-join-forces-enable-global-monitoring-dark-vessels-at-sea> (Retrieval date: 10.05.2019).
13. **Mohney D.** ICEYE and Spire announce SAR radar + AIS ship tracking service. Available at: <https://www.spaceitbridge.com/iceye-and-spire-announce-sar-radar-ais-ship-tracking-service.htm> (Retrieval date: 10.05.2019).
14. **Klimenko N.N.** Pervye deystvuyushchie psevdokosmicheskie apparaty dlya voennykh i grazhdanskikh pol'zovateley. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 3, pp. 64-76.
15. **Baumgartner S., Scheiber R., Bordoni F., Krieger G., Peichl M.** HAPS: Potentials, Applications and Requirements for Radar Remote Sensing. Available at: https://elib.dlr.de/113651/1/haps4esa_2017_Baumgartner.pdf (Retrieval date: 10.05.2019).

© Клименко Н.Н., Занин К.А., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 07.04.2019
Принята к публикации: 18.05.2019

Модератор: Дмитриук С.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Клименко Н.Н., Занин К.А. Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2(99). С. 72-82.

SPACE ROBOTICS FOR MOUNTING AND SERVICE:

POTENTIAL AIMS, CONCEPTS OF ADVANCED SYSTEMS

Pavel P. BELONozhko,
Cand. Sci. (Tech), Senior Fellow, Assistant
Professor, Bauman Moscow State Technical
University, Robotics and Complex Automation
Department, Systems of Computer-Aided Design
Subdepartment, Moscow, Russia,
byelonozhko@mail.ru

ABSTRACT | The paper deals with the aims of future space projects computer-aided mounting and service. The author analyzes opportunities which robotic tools exercised in orbital environment have as far as technologic continuity in development and construction of robotic tools for the solution of new problems is concerned. Important orbital experiments and actual concepts of nowadays are considered. The most functional from the author's point of view strategy is represented to address the future problems in the development, construction and orbital exercise of means of future space objects robotic mounting and service.

Keywords: *space robotics, orbital robotic service maintenance, large-sized space objects mounting, mounting&service robotic space units*

КОСМИЧЕСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА ДЛЯ МОНТАЖА И СЕРВИСА:

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, КОНЦЕПЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ



Павел Петрович БЕЛОНОЖКО,
кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник, Московский
государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана,
факультет «Робототехника и комплексная
автоматизация», кафедра «Системы
автоматизированного проектирования»,
Москва, Россия,
byelonozhko@mail.ru

АННОТАЦИЯ | Выполнен обзор актуальных задач космической робототехники. Проанализированы функциональные возможности и конструктивные особенности отработанных в орбитальных условиях роботизированных устройств с точки зрения обеспечения технологической приемственности при разработке и создании новых средств космической робототехники. Рассмотрены важные орбитальные эксперименты, концепции перспективных систем. Выделены возможные режимы функционирования монтажно-сервисных роботизированных космических модулей. Представлена наиболее технически целесообразная, с точки зрения автора, стратегия решения насущных задач по разработке, созданию и орбитальной отработке средств роботизированного монтажа и сервиса перспективных космических объектов.

Ключевые слова: космическая робототехника, орбитальное роботизированное сервисное обслуживание, монтаж крупногабаритных космических объектов, монтажно-сервисные роботизированные космический модули

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития космической робототехники характеризуется наличием двух тенденций, в определенной степени противоречивых [1–26]. С одной стороны, основной опыт реальной эксплуатации накоплен, прежде всего, применительно к средствам космической робототехники, являющимся составной частью сложных многофункциональных пилотируемых систем. Таким образом, логика развития, очевидно, предполагает дальнейшее совершенствование элементов перспективной космической инфраструктуры, под которыми подразумеваются крупногабаритные многомодульные космические объекты, подобные орбитальным станциям. Поэтапный монтаж и последующая длительная эксплуатация таких объектов предполагают одновременное развитие средств робототехники — неотъемлемой составляющей этих объектов. Целью развития является постепенное уменьшение объема работ, выполняемых человеком в открытом космосе.

С другой стороны, в области перспективных проектов акцент все больше смещается на робототехническое сервисное обслуживание, трактуемое в широком смысле и подразумевающее также роботизированные монтажные операции применительно к весьма широкому классу объектов, в том числе не приспособленных изначально к такому обслуживанию. При этом предполагаемые автономные робототехнические средства, являясь существенно более сложными по сравнению с реально работающими на орбите устройствами, не только не имеют эксплуатируемых аналогов, но нацелены при этом на надежное решение весьма сложных комплексных задач. Наглядным примером может служить контактное взаимодействие автономного роботизированного сервисного модуля с вышедшим из строя космическим аппаратом, не имеющим систем, которые обеспечивают взаимное позиционирование при сближении и стыковке, совершающим произвольное неуправляемое движение и не оснащенный стыковочными узлами и специализированными захватными интерфейсами. Таким образом, практическая реализация подобных проектов предполагает не только конкретизацию концепций и уточнение задач, но также и прорывное развитие в области ключевых робототехнических технологий в космосе.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ КОСМИЧЕСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Уникальность устройств космической робототехники предполагает на ранней стадии проектирования тщательный всесторонний анализ задач, для решения которых эти устройства предназначены. Важной особенностью экстремальной робототехники вообще и космической робототехники в частности является принципиальная невозможность выполнения значительной части упомянутых задач человеком. При этом спектр декларируемых задач весьма широк. Например, в [13] выделены следующие группы задач, решение которых подразумевает использование средств космической робототехники: стыковка, дозаправка на орбите, ремонт, модернизация, транспортировка, спасение, ликвидация космического мусора. В [14] предложено выделять робототехническое обеспечение внутрикорабельной и внекорабельной деятельности на обитаемых орбитальных комплексах, роботизированные сборку и обслуживание орбитальной инфраструктуры в ближайшем космосе, робототехническое обеспечение доставки грузов и проведение работ на лунной орбите и поверхности Луны, автоматизированные исследования и создание напланетной

инфраструктуры в пределах Солнечной системы, автоматизацию и роботизацию полетов и работ за пределами Солнечной системы. В [15, 16] перечислены следующие категории роботизированных сервисных операций орбитального обслуживания: устранение отказов, продление срока эксплуатации и прочие операции. К операциям устранения отказов отнесены: управление движением (корректировка орбиты — перемещение КА-клиента с неверного первоначального места доставки); развертывание (помощь в раскрытии солнечных батарей, антенн и других развертываемых элементов); ремонтно-восстановительные работы (ремонт или замена вышедших из строя компонентов). Продление срока эксплуатации КА предполагает выполнение следующих сервисных операций: управление движением (транспортировка — перенос КА-клиента на новую рабочую орбиту для экономии запасов топлива спутника); пополнение запасов расходных материалов, дозаправка (пополнение запасов топлива, охлаждающей жидкости и других расходных материалов); ремонтно-восстановительные работы (замена отработавших элементов); модернизация с целью расширения функциональности спутника и реконфигурация. К прочим отнесены следующие роботизированные операции: инспекция (дистанционная или контактная — осмотр КА-клиента



Рис. 1. Захват расположенного в грузовом отсеке шаттла *Discovery* телескопа «Хаббл» (Hubble Space Telescope) в процессе выведения его на орбиту в апреле 1990 года (фото NASA)



Рис. 2. Мобильная сервисная система МКС (по материалам NASA). Предусмотрена возможность перемещения основания манипулятора относительно станции

с целью выявления неисправностей); управление движением (увод с орбиты (захоронение/затопление) — перемещение нерабочего КА-клиента и космического мусора с рабочей орбиты на орбиту захоронения или в атмосферу); сборочные операции (сборка ферменных конструкций, космических аппаратов и станций); разборка (извлечение функциональных блоков отработавших КА с целью замены элементов в неисправных КА). Особо следует выделить задачу создания роботов-помощников экипажа пилотируемых космических объектов [17–20].

Перечисленные задачи весьма различаются по виду требуемых робототехнических средств, режимам их работы, степени их автономности, уровню детерминированности среды функционирования и приспособленности объектов для роботизированного обслуживания, наличию технического и технологического задела, степени реализуемости проектов в целом в зависимости от наличия соответствующих роботизированных средств. Применительно к масштабным задачам на долговременную перспективу важно также подчеркнуть очевидную необходимость уточнения требований к ориентированным на решение этих задач робототехническим устройствам в процессе их проектирования и экспериментальной отработки.

КОНЦЕПЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В [1–3] отмечена важность подхода к разработке перспективных устройств космической робототехники, основанного на стремлении к минимизации доработок при совершенствовании отлаженных прототипов в направлении расширения функциональности. Эффективность данного подхода подтверждается историей успешного развития существующих на сегодняшний день средств космической робототехники. Манипулятор Canadarm (рис. 1) послужил прототипом манипулятора Canadarm-2, составляющего основу мобильной системы обслуживания, успешно эксплуатируемой сегодня в составе МКС (рис. 2). При этом важным расширением функциональности стала возможность перемещения манипулятора относительно станции как посредством «перешагивания» по базовым узлам, так и с помощью мобильного транспортера. Естественным дальнейшим развитием видится размещение манипулятора на подвижном относительно обслуживаемого объекта основании.

Таким образом, как отмечено в [1–3], вполне логичной выглядит концепция монтажно-сервисных автономных роботизированных косми-



Рис. 3. Японский экспериментальный модуль МКС, оснащенный манипуляционной системой Japanese Experiment Module Remote Manipulator System (JEMRMS)

Рис. 5.1, 5.2. Эксперимент Orbital Express. Сервисный спутник ASTRO, оснащенный манипулятором, и спутник-клиент NextSat

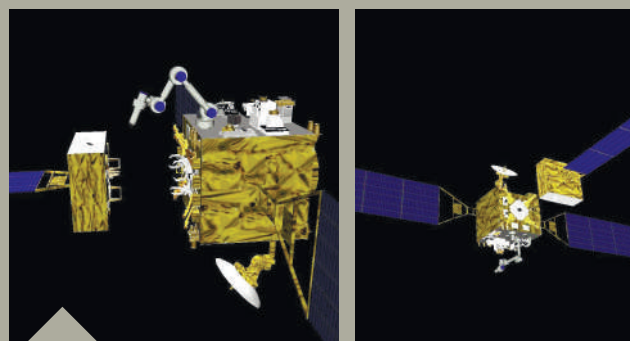


Рис. 4. Базовый сервисный спутник и субспутник-клиент для орбитального эксперимента ETS-VII по отработке технологий автономного роботизированного сервисного обслуживания, 1997–1999 гг.



ческих модулей, осуществляющих захват фрагментов собираемой конструкции, доставляющих их к месту сборки и устанавливающих в штатное положение при помощи манипулятора.

Проблемам разработки, создания и эксплуатации таких модулей посвящено множество публикаций [26–33]. Устройства, называемые «свободнолетающие космические манипуляционные роботы» [31–33] либо «свободнолетающие космические роботизированные модули» [27–29], как отмечается в [30, 31], относятся к новому классу маломерных объектов космической техники. Они предназначены для выполнения различных работ в открытом космосе, в том числе для сборки больших космических конструкций различного назначения, а также для технического обслуживания внешних устройств пилотируемых орбитальных станций и других функционирующих на орбите объектов. Как отмечается в [31], основные идеи и принципы проектирования свободнолетающих манипуляционных роботов были сравнительно давно сформулированы, теоретически развиты и частично реализованы. Вместе с тем отмечается многофункциональность и многорежимность подобных роботизированных модулей, отсутствие на сегодняшний день успешно эксплуатируемых прототипов и, как следствие, большое число недостаточно изученных задач.

На сегодняшний день отсутствует опыт решения реальных задач обслуживания космических объектов с помощью подобных устройств. Однако имеется важный опыт осуществления нескольких орбитальных экспериментов (демонстрационных миссий).

Эксперимент ETS-VII (рис. 4) был проведен в 1997–1999 гг. [1–3, 13, 34–36]. Как отмечается в [13], он считается первым демонстрационным полетом с целью верификации технологий автономного сближения и стыковки для роботизированного обслуживания в космосе. Отрабатывались операции сближения и стыковки как с применением стыковочной системы без использования установленного на базовом спутнике манипулятора, так и посредством захвата спутника-клиента манипулятором базового спутника. Проводились эксперименты по автономной замене блоков на спутнике-клиенте, орбитальной сборке, разворачиванию трансформируемых элементов. Отрабатывался режим телеуправления из наземного пункта. Экспериментально изучалась динамика управляемого движения свободнолетающей системы «базовый спутник – манипулятор – спутник-клиент», сочетающего перемещения подвижного основания манипулятора (базового спутника) с процессом манипулирования.

В 2007 г. был осуществлен аналогичный эксперимент Orbital Express [13, 37, 38]. С использованием сервисного спутника ASTRO и спутника-клиента NextSat (рис. 5) была выполнена экспериментальная отработка автономного сближения и стыковки, роботизированной замены блоков, дозаправки на орбите, операций по взаимному маневрированию для осуществления визуального осмотра спутника-клиента.

Известен также ряд аналогичных проектов, не доведенных до стадии летного эксперимента. В качестве примера может быть приведена изложенная в [15, 16] концепция сервисного спутника, оснащенного средствами робототехнического обеспечения (СРТО), разработанная в ЦНИИ РТК. В составе СРТО выделяются базовый блок, манипуляционная система, обзорный блок, магазин сменного инструмента, отсека полезной нагрузки, стыковочное устройство. Для поддержания рабочего диапазона температур в условиях открытого космического пространства в составе СРТО предполагается наличие системы обеспечения теплового режима. Энергообеспечение и связь с наземным или орбитальным пультом управления предполагается реализовывать средствами сервисного спутника. С помощью сервисного спутника, имеющего в составе СРТО, предполагается выполнение сервисных операций, относящихся к перечисленным выше группам: устранение отказов, продление срока эксплуатации, прочие операции. На рис. 6 представлен проектный облик двух вариантов СРТО (с одним манипулятором и с тремя манипуляторами) в соответствии с [15, 16]. В частности, в [15, 16] отмечается, что операции орбитальной сборки посредством одного манипулятора могут быть реализованы по двум сценариям: сборка происходит непосредственно на целевом КА-клиенте (наращивание габаритов, установка дополнительных секций, развертывание солнечных батарей или антенн) либо сборка происходит посегментно на сервисном КА с последующей установкой готовых сегментов на КА-клиент.

Для решения задач дистанционной инспекции может быть использовано специализированное автономное устройство, подобное испытанному в ходе полета Space Shuttle в 1997 г. Аналогичная робототехническая подсистема технического зрения, управления и связи разработки ФГУП ЦНИИмаш описана в [18]. Она представляет собой КА, предназначенный для контроля технического состояния орбитальных космических станций и космических объектов путем ви-

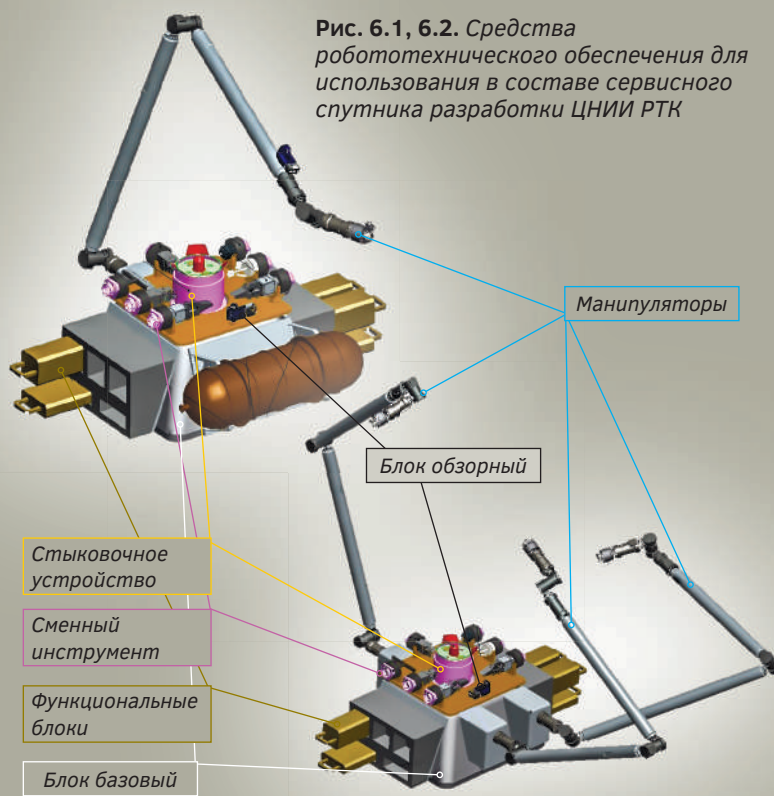


Рис. 6.1, 6.2. Средства робототехнического обеспечения для использования в составе сервисного спутника разработки ЦНИИ РТК

Для дистанционной инспекции орбитальных космических станций может быть использовано специализированное автономное устройство — космический аппарат, осуществляющий видеофиксацию внешних поверхностей, предварительную обработку, сжатие и передачу информации по каналам связи на пульт управления.



Рис. 7. Робототехническая подсистема технического зрения, управления и связи разработки ФГУП ЦНИИмаш

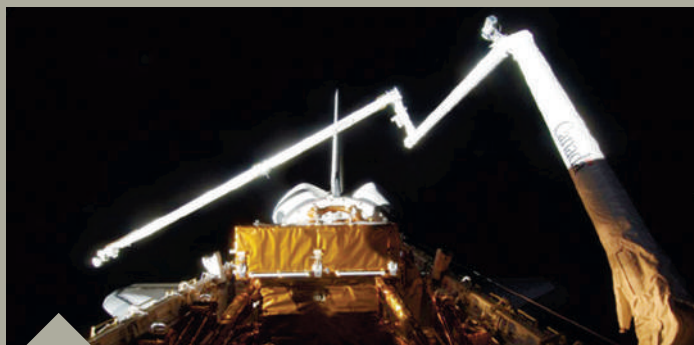


Рис. 8. *Orbiter Boom Sensor System (OBSS), используемая совместно с Canadarm в ходе миссии STS-125, май 2009 г. (фото NASA)*

Рис. 9. *Транспортно-манипуляционная система для обслуживания космической станции и поддержки внекорабельной деятельности космонавтов (ЦНИИ РТК, ЦНИИмаш). 1 – базовый блок; 2, 3 – манипуляторы.*

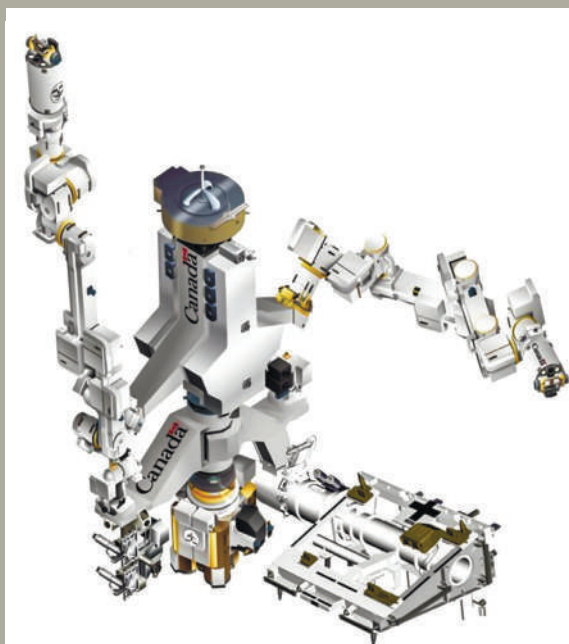
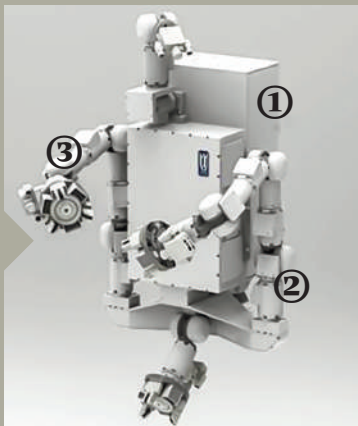


Рис. 10. *Манипулятор для специальных целей SPDM (Special Purpose Dexterous Manipulator) – Dextre (по материалам сайта [20])*

деофиксации внешних поверхностей, предварительной обработки, сжатия и передачи данных по каналам связи на пульт управления, расположенный на орбитальной станции (рис. 7).

Следует отметить, что после разрушения шаттла Columbia (миссия STS-107) для проведения инспекции использовалось не свободнолетающее устройство, а доработанный манипулятор Canadarm. В ходе каждой из последующих миссий Canadarm совместно с системой Orbiter Boom Sensor System (OBSS), содержащей размещаемые на удлинителе манипулятора инструменты, использовался для тщательного обследования внешней поверхности челнока с целью обнаружения возможных повреждений теплозащитного покрытия (рис. 8).

Данный пример иллюстрирует важность последовательного развития технологий космической робототехники и актуальности тщательной экспериментальной орбитальной отработки новых устройств.

В [18, 19] описана транспортно-манипуляционная система для обслуживания космической станции и поддержки внекорабельной деятельности космонавтов (ЦНИИ РТК, ЦНИИмаш). Как отмечено в [18], разрабатываемая система по назначению, условиям эксплуатации и конструктивному исполнению аналогична эксплуатируемому на МКС роботу (манипулятору) Dextre (SPDM, рис. 2, рис. 10).

Как отмечено в [12], одной из главных задач, решаемых на МКС при помощи робота Dextre, который функционирует в составе мобильной сервисной системы (рис. 2), является замена сменных блоков ORU (On-orbit Replaceable Unit, рис. 11).

Не менее важным является использование MSS и манипулятора SPDM для отладки перспективных роботизированных технологий. Ярким примером может служить миссия Robotic Refueling Mission (RRM) [23, 24], конечная цель которой — создание сервисных спутников, обеспечивающих автоматизированную орбитальную дозаправку спутников-клиентов, в том числе не приспособленных изначально для сервисного обслуживания. Серия экспериментов по отладке соответствующих роботизированных технологий основывается на опыте миссий ETS-VII и Orbital Express, а также опыте орбитального обслуживания телескопа «Хаббл» (рис. 12) [20].

Для проведения эксперимента была выведена на орбиту и размещена на ферменной структуре МКС специальная платформа с размещенным на ней оборудованием и сменными инструментами для манипулятора SPDM (рис. 13).

В ходе эксперимента был успешно осуществлен ряд технологических операций, в частности демонтаж теплозащитных покрытий, резка фиксирующей защитную крышку провода, установка

элементов роботизированной дозаправки, имитация перекачки топлива.

Еще одно важное направление развития космической робототехники — создание антропоморфных роботов-помощников экипажа обитаемых объектов [17, 18, 39, 40, 41]. Антропоморфность рассматривается как способ максимальной адаптации робота-помощника к функционированию в среде, рассчитанной на человека, а также как средство обеспечения психологического комфорта членов экипажа при взаимодействии с роботом. Весьма актуальна также возможность реализации копирующего управления при выполнении сложных операций (рис. 15). В настоящее время на МКС проходит испытания Robonaut 2 (R2) — антропоморфный робот-помощник (рис. 15).

В [40] упоминается, что в качестве одного из возможных применений системы Robonaut 2 рассматривается дистанционное проведение находящимися на Земле специалистами операций в случае экстренной необходимости хирургического вмешательства для помощи членам экипажа.

Весьма перспективна концепция реконфигурируемых робототехнических систем (рис. 14), предполагающих возможность изменения структуры в зависимости от особенностей задачи и также ориентированных на функционирование в среде, приспособленной для человека, не только внутри станции, но и на внешней ее поверхности [4, 8, 9, 15, 16, 19].

Еще одним важным направлением развития медицинской робототехники в космосе в [39] называется создание специальных тренажеров для поддержания у членов экипажа навыков оказания неотложной медицинской помощи.

На рис. 16 приведены фрагменты демонстрационного ролика фирмы DARPA, посвященного программе Phoenix. Оснащенный манипуляторами сервисный спутник осуществляет сближение с обслуживаемым КА и выполняет ряд операций по его обслуживанию, в частности демонтаж рефлекторной антенны.

В [20] приведено описание программы Restore-L, основанной на опыте экспериментов Orbital Express и Robotic Refueling Mission. Предполагается обслуживание спутников-клиентов при помощи оснащенного манипуляторами сервисного спутника (рис. 16).

Таким образом, может быть сделан вывод о потенциальном конструктивном многообразии перспективных устройств космиче-



Рис. 11. Операция по замене блока ORU при помощи SPDM [12]



Рис. 12. Техническое обслуживание помещенного в грузовой отсек шаттла Hubble Space Telescope в ходе миссии STS-125, май 2009 г. [20]



Рис. 13. Орбитальный эксперимент Robotic Refueling Mission. Платформа с размещенным на ней оборудованием и инструментами, манипуляторы Dextre и Canadarm-2

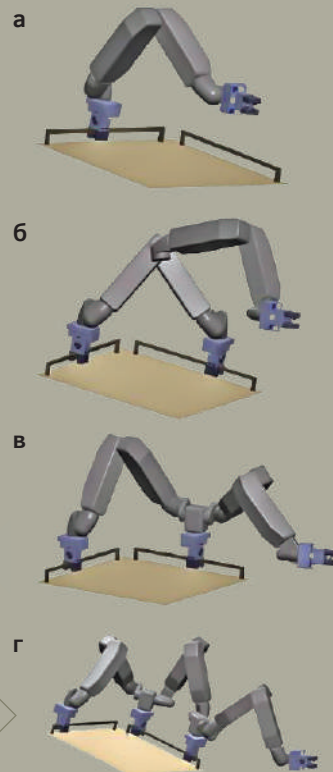


Рис. 14. Реконфигурируемая космическая робототехническая система

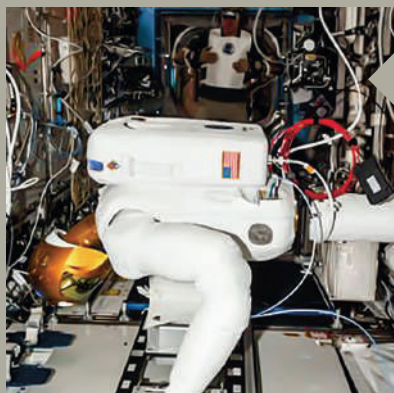


Рис. 15, 15.1. Robonaut 2 на МКС

Одно из важных направлений развития космической робототехники — создание антропоморфных роботов-помощников экипажа обитаемых объектов. Антропоморфность — способ максимальной адаптации робота-помощника к функционированию в среде, рассчитанной на человека, а также средство обеспечения психологического комфорта членов экипажа.

ской робототехники, а также о весьма вероятной в ближайшей перспективе тенденции интенсивного развития упомянутых выше монтажно-сервисных автономных роботизированных модулей.

Наиболее общие элементы конструктивного облика таких модулей:

- наличие подвижного основания — обладающего достаточно высокой степенью автономности космического модуля, способного самостоятельно перемещаться в космическом пространстве и приспособленного для контактного взаимодействия с другими космическими объектами, например базовыми станциями или монтируемыми (обслуживаемыми) объектами;

- наличие установленных на основании одного или нескольких манипуляторов, обеспечивающих возможность управляемого перемещения захваченного груза, в общем случае достаточно массивного относительно основания.

Например, в [42] рассматривается концепция орбитальной сборки крупногабаритной космической конструкции при помощи гетерогенной группировки роботов (рис. 18), которые также могут быть отнесены к рассматриваемому классу монтажно-сервисных роботизированных модулей.

РЕЖИМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОНТАЖНО-СЕРВИСНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОСМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

Многорежимность, как отмечено в [1-3], является одним из важных характерных признаков рассматриваемого класса робототехнических систем — монтажно-сервисных автономных роботизированных космических модулей. Рассмотрим в качестве примера возможные способы причаливания такого модуля к некоторому объекту (монтируемой конструкции, обслуживаемому аппарату, базовой станции):

1. Непосредственная стыковка при помощи стыковочного устройства. Манипулятор не задействуется. Предполагается взаимное движение массивных стыкуемых объектов и наличие ненулевых относительных скоростей на момент касания.

2. Стыковка путем захвата манипулятором модуля базового узла объекта. Предполагается малая относительная скорость (линейная и угловая) массивных стыкуемых объектов. Взаимное положение стыкуемых объектов после завершения захвата манипулятором базового узла может рассматриваться как окончательное (объ-

екты связаны посредством управляемого промежуточного механизма) либо как промежуточное, предполагающее дальнейшее взаимное позиционирование при помощи манипулятора.

3. Стыковка соединенных по схеме предыдущего пункта объектов при помощи манипулятора. В данном случае, в отличие от непосредственной стыковки, взаимное движение стыкуемых масс обеспечивается не системой управления движением и ориентацией активного объекта (в рассматриваемом случае роботизированного модуля), а управляемым взаимным позиционированием при помощи промежуточного механизма. Примером данной схемы стыковки может служить стыковка объектов к узлам СВМ при помощи манипулятора на МКС.

В зависимости от функциональных возможностей конкретных автономных роботизированных космических модулей и комбинирования перечисленных выше способов стыковки могут быть сформированы различные стратегии осуществления монтажно-сервисных операций.

Предположим наличие следующих этапов роботизированного монтажа некоторой крупногабаритной космической конструкции из пассивных фрагментов:

1. Доставка фрагментов в некое промежуточное положение на орбите. Можно предложить доставку к специализированной базовой станции.

2. Приведение фрагментов в состояние готовности к монтажу — извлечение из транспортного отсека (с возможным изменением конфигурации).

3. Захват фрагментов автономным роботизированным космическим модулем.

4. Транспортировка фрагментов автономным роботизированным космическим модулем к месту сборки.

5. Присоединение доставленных фрагментов к монтируемой конструкции.

При этом ключевую роль играет степень оснащенности фрагментов захватными интерфейсами и стыковочными узлами.

Тогда могут быть выделены весьма различающиеся с точки зрения особенностей динамики управляемого движения режимы функционирования автономного роботизированного космического модуля, например:

— управляемое движение модуля без груза («порожний полет»);

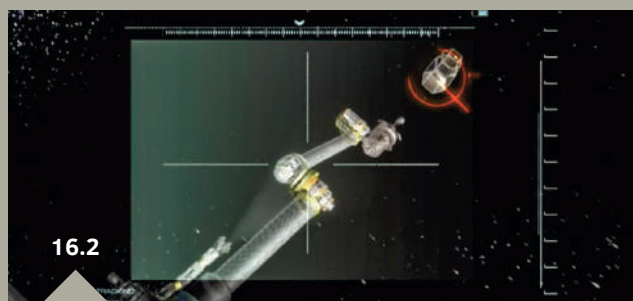
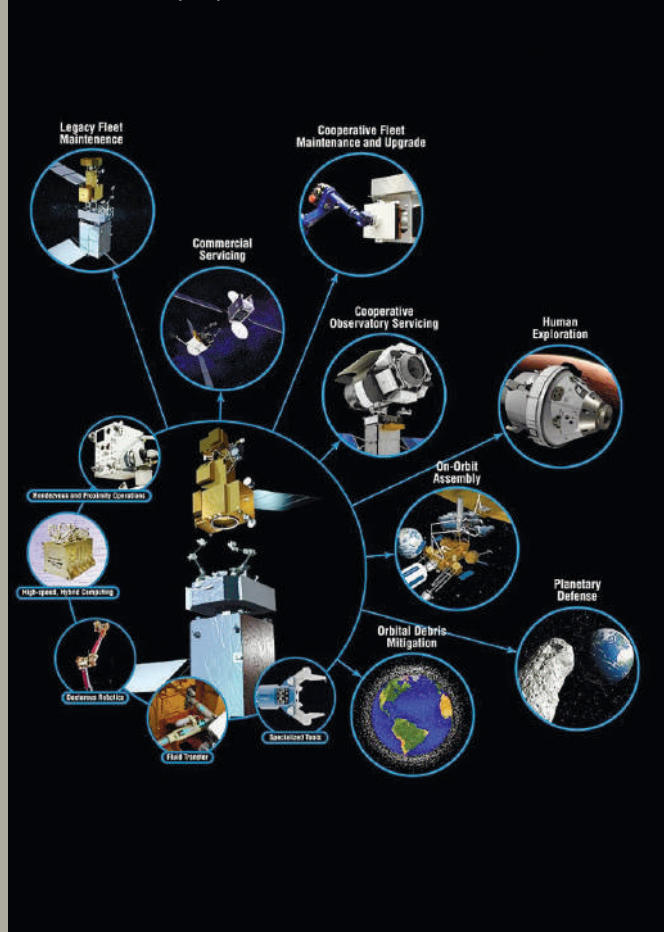


Рис. 16. Программа Phoenix

Рис. 17. Программа Restore-L



— стыковка модуля к базовой станции или монтируемой конструкции без использования манипулятора;

— стыковка модуля к базовой станции или монтируемой конструкции с использованием манипулятора («захват» базовой станции манипулятором с возможной последующей пристыковкой модуля);

— захват манипулятором закрепленного относительно базовой станции модуля груза, также закрепленного относительно базовой станции;

— захват манипулятором свободного в инерциальном пространстве груза;

— управляемое движение модуля с грузом в схвате манипулятора;

— управляемое перемещение при помощи манипулятора груза относительно основания с последующим закреплением груза относительно основания («транспортная фиксация»);

— управляемое движение модуля с грузом, закрепленным на основании;

— пристыковка модуля с грузом к монтируемой конструкции с последующим отсоединением груза от основания при помощи манипулятора и установкой на штатное место;

— пристыковка груза в режиме, когда система «подвижное основание — манипулятор — груз» свободно перемещается относительно монтируемой конструкции (под действием усилий, прикладываемых со стороны систе-

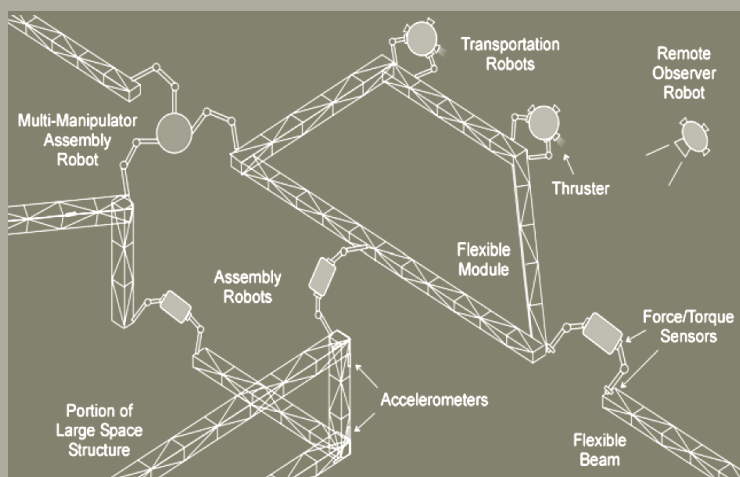


Рис. 18. Концепция орбитальной сборки крупногабаритной космической конструкции при помощи гетерогенной группировки роботов

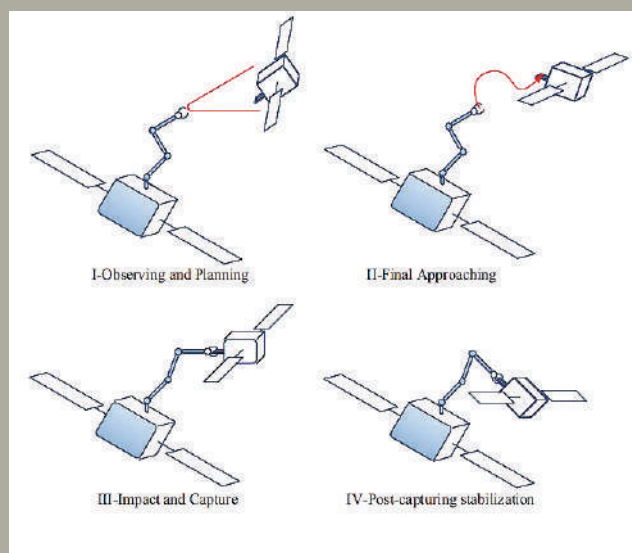


Рис. 19. Захват спутника-цели сервисным спутником

мы управления движением и положением основания, или под действием усилий приводов степеней подвижности манипулятора) таким образом, чтобы в момент контакта фрагмента с конструкцией были обеспечены требуемые начальные условия стыковки.

В качестве примера сочетания возможных режимов функционирования монтажно-сервисного роботизированного космического модуля

может быть приведена описанная в [13] процедура захвата спутника-цели (обслуживаемого КА) сервисным спутником (рис. 19). Могут быть [13] выделены четыре фазы: предварительный анализ кинематических параметров движения спутника-цели; сближение; захват; совместное движение системы «сервисный спутник — манипулятор — обслуживаемый КА».

ВЫВОДЫ

1. Введение в полномасштабную эксплуатацию устройств космической робототехники предполагает комплексное орбитальное тестирование. При этом достаточно эффективным является подход, при котором экспериментальная отработка новых функций робототехнического устройства осуществляется одновременно с его орбитальной эксплуатацией, использующей некоторую отлаженную базовую функциональность. Наиболее наглядным примером такого подхода является роботизированная мобильная сервисная система Международной космической станции.

2. Реализация данного подхода предполагает наличие в качестве некоторого «орбитального робототехнического полигона» крупногабаритного многомодульного космического объекта комплексного целевого назначения, создаваемого и эксплуатируемого в течение достаточно длительного времени в соответствии с заранее отработанной стратегией. Очевидным и единственным на сегодняшний день примером подобного объекта является Международная космическая станция. При этом следует подчеркнуть, что данный объект является пилотируемым, а входящие в его состав средства космической робототехники при их использовании для решения реальных задач управляются преимущественно квалифицированным оператором, находящимся на борту.

3. Одиночные кратковременные демонстрационные миссии по экспериментальной отработке новых робототехнических средств и роботизированных технологий, подобные ETS-VII и Orbital Express, на сегодняшний день являются дополнением упомянутого выше основного подхода. По-видимому, они не могут в обозримом будущем рассматриваться в качестве самостоятельного средства отладки перспективных робототехнических средств, по крайней мере тех, уровень сложности которых предполагает решение де-кларированных на современном этапе перспективных задач.

4. Наиболее логичным выглядит дальнейшее эволюционное расширение функциональности существующих на сегодняшний день средств космической робототехники в направлениях, диктуемых потребностями сформулированных перспективных задач, последовательно реализуемое в рамках масштабного долговременного проекта. Примером такого проекта могло бы служить создание крупногабаритного модульного необитаемого (эпизодически посещаемого) космического объекта, монтаж и сервисное обслуживание которого осуществлялось бы являющимися его неотъемлемой частью автономными средствами робототехники. В дальнейшем целесообразно предположить создание взаимосвязанной совокупности таких объектов и возможность автономного перемещения между ними монтажно-сервисных средств космической робототехники.

5. Анализ требующих роботизации перспективных задач и поиск путей их решения целесообразно проводить с учетом необходимости технологической преемственности при создании новых средств космической робототехники и подтвержденной опытом эффективности долговременной стратегии при отработке соответствующих технологий.

Литература



1. **Белоножко П. П.** Космическая робототехника. Опыт и перспективы развития // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 1. С. 84–93.
2. **Белоножко П. П.** Космическая робототехника. Современное состояние, перспективные задачи, тенденции развития. Аналитический обзор // Наука и образование (МГТУ им. Н.Э. Баумана). Электрон. журн. 2016. № 12. С. 110–153. DOI: 10.7463/1216.0853919
3. **Белоножко П. П.** Перспективные монтажно-сервисные роботизированные космические модули // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2. С. 18–23.
4. **Гравцов А. А., Кондратьев А. С., Тимофеев А. Н.** Робототехническое обеспечение для объектов перспективной космической инфраструктуры // Международная научно-техническая конференция «Экстремальная робототехника» (23–25 ноября 2011 г., ГНУ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург) [Электронный ресурс]. URL: http://er rtc.ru/old/docs/2011-ER_PlenarDoclad.pdf (Дата обращения: 06.03.2018).
5. **Вовк А. В., Легостаев В. П., Лопота В. А.** Перспективные концепции и технологии создания космической техники на базе мехатроники и микросистемной техники // Известия Академии наук. Энергетика. 2011. № 3. С. 3–11.
6. Управление подвижными объектами. Библиографический указатель. В 3 выпусках. Вып. 1. Космические объекты / Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. М., 2011. 268 с.
7. **H. A. Thronson, D. Akin, J. Lester.** The Evolution and Promise of Robotic In-Space Servicing // AIAA SPACE 2009 Conference & Exposition (14–17 September 2009, Pasadena, California). AIAA 2009–6545. Available at: <http://www.enu.kz/repository/2009/AIAA-2009-6545.pdf> (Дата обращения: 27.02.2018).
8. **Лопота В. А., Юревич Е. И.** О некоторых перспективных направлениях развития космической робототехники [Электронный ресурс] // РК «Энергия» им. С. П. Королёва. URL: https://www.energiya.ru/news/news-2011/public_07-21_2.pdf (Дата обращения: 06.03.2018).
9. **Лопота В. А., Юревич Е. И.** Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехнических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 1. С. 98–103.
10. **E. Kaupp, E. Bains, R. Flores, G. Jorgensen, Y. M. Kuo, H. White.** Shuttle Robotic Arm // Engineering Innovations. Pp. 286–301. Available at: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584734main_Wings-ch4h-prgs286-301.pdf (Дата обращения: 09.11.2018).
11. **B. Stockman, J. Boyle, J. Bacon.** International Space Station Systems Engineering Case Study Available at: <http://space.se.spacegrant.org/uploads/images/ISS/ISS%20SE%20Case%20Study.pdf> (Дата обращения: 09.11.2018).
12. **C. Ower, L. Poynter, A. Keenan.** The role of dexterous robotics in ongoing maintenance of the ISS. 63rd International Astronautical Congress 2012 (IAC 2012), Naples, Italy, 1–5 October 2012, Volume 5 of 14: IAC-12.B3.4-B6.5.6.
13. **Angel Flores-Abad, Ou Ma, Khanh Pham, Steve Ulrich.** A review of space robotics technologies for on-orbit servicing. Progress in Aerospace Sciences, 2014, vol. 68, pp. 1–26. DOI: 10.1016/j.paerosci.2014.03.002
14. **Лысый С. Р.** Научно-технические проблемы и перспективы развития робототехники специального (космического) назначения // Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. СПб.: Политехника-сервис, 2015. С. 29–32.
15. **Далев И. Ю., Шардыко И. В., Кузнецова Е. М.** Технический облик средств робототехнического обеспечения сервисного спутника, предназначенного для продления сроков активного существования космических аппаратов // Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. СПб.: Политехника-сервис, 2015. С. 181–186.
16. **Далев И. Ю., Шардыко И. В., Кузнецова Е. М.** Перспектива создания роботизированных сервисных спутников для технического обслуживания и продления сроков активного существования космических аппаратов // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 3. С. 27–31.
17. **Лончаков Ю. В., Сиволап В. А., Сохин И. Г.** Эргономические проблемы создания и применения антропоморфных роботов-помощников экипажей перспективных космических миссий // Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. СПб.: Политехника-сервис, 2015. С. 195–199.
18. **Середин С. В., Лысый С. Р., Семенов В. В., Абаляхин О. Ю., Емельянцева О. В., Фомина В. В., Кондратьев А. С., Гравцов А. А., Коньшев В. А.** Космические робототехнические системы поддержки деятельности экипажа орбитальных и напланетных модулей // Экстремальная робототехника Труды международной научно-технической конференции. СПб.: Политехника-сервис, 2015. С. 199–202.
19. **Лопота В. А., Потапов А. М., Гравцов А. А., Карпов А. И., Далев И. Ю.** Транспортно-манипуляционная система для обслуживания Международной космической станции и поддержки внекорабельной деятельности космонавтов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 2. С. 6–16.
20. NASA // NASA: official website. Available at: <http://www.nasa.gov/> (Дата обращения: 09.11.2018).
21. CSA // CSA: official website. Available at: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp> (Дата обращения: 09.11.2018).
22. Buran.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://www.buran.ru> (Дата обращения: 09.11.2018).
23. NASA's Robotic Refueling Mission Practices New Satellite-Servicing Tasks [Электронный ресурс] // NASA. URL: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/rrm_practice.html (Дата обращения: 05.11.2018).
24. Robotic refueling mission (RRM) [Электронный ресурс]. URL: https://spsd.gsfc.nasa.gov/robotic_refueling_mission.html (Дата обращения: 04.11.2018).
25. **Гравцов А. А., Далев И. Ю.** Космический эксперимент «Захват-Э» // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XI Международной научно-практической конференции (10–12 ноября 2015 г., Звездный Городок). Звездный Городок, 2015. С. 180–182.
26. **Moosavian S. Ali A., Papadopoulos E.** Free-flying robots in space: an overview of dynamics modeling, planning and control // Robotica, 2007, vol. 25, pp. 537–547. DOI: 10.1017/S0263574707003438
27. **Богомолов В. П., Рутковский В. Ю., Суханов В. М.** Проектирование оптимальной механической структуры свободнолетающего космического робототехнического модуля как объекта автоматического управления. I // Автоматика и телемеханика, 1998. Вып. 5. С. 27–40.
28. **Глумов В. М., Рутковский В. Ю., Суханов В. М.** Анализ особенностей управления перелетами космического роботизированного модуля вблизи поверхности орбитальной станции. I. Управление ориентацией модуля // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 2002. № 2. С. 162–169.
29. **Глумов В. М., Рутковский В. Ю., Суханов В. М.** Анализ особенностей управления перелетами космического роботизированного модуля вблизи поверхности орбитальной станции. II. Управление траекторными перемещениями модуля // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 2002. № 3. С. 140–148.
30. **Рутковский В. Ю., Суханов В. М., Глумов В. М.** Управление многорежимным космическим роботом при выполнении манипуляционных операций во внешней среде // Автоматика и телемеханика. 2010. Вып. 11. С. 96–111.
31. **Рутковский В. Ю., Суханов В. М., Глумов В. М.** Уравнения движения и управление свободнолетающим космическим манипуляционным роботом в режиме реконфигурации // Автоматика и телемеханика. 2010. Вып. 1. С. 80–98.
32. **Рутковский В. Ю., Суханов В. М., Глумов В. М.** Некоторые задачи управления свободнолетающими космическими манипуляционными роботами. I // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 10. С. 52–59.
33. **Рутковский В. Ю., Суханов В. М., Глумов В. М.** Некоторые задачи управления свободнолетающими космическими манипуляционными роботами. II // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 12. С. 54–65.
34. **K. Yoshida (2000).** Space Robot Dynamics and Control: To Orbit, From Orbit, and Future. In: Hollerbach J. M., Koditschek D. E. (eds). Robotics Research. Springer, London, pp. 449–456.
35. **K. Yoshida (2000).** Space Robot Dynamics and Control: a Historical Perspective. Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 12, no. 4, pp. 402–410.
36. **K. Yoshida and K. Hashizume (2001).** Zero Reaction Maneuver: Flight Velication with ETS-VII Space Robot and Extension to Kinematically Redundant Arm. Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2001, May 21–26, 2001, Seoul, Korea.
37. **Mulder T. A.** Orbital express autonomous rendezvous and capture flight operations. AIAA / AAS Astrodynamics. Specialist Conference and Exhibit, Honolulu, HI, 2008. AIAA paper 2008–6768, pp. 1–22, DOI: 10.2514/6.2008-6768
38. **Robert B. Friend.** Orbital Express program summary and mission overview, Proc. SPIE 6958, Sensors and Systems for Space Applications II, 695803 (15 April 2008); DOI: 10.1117/12.783792
39. **Ушаков И. Б., Поляков А. В., Карпов А. А., Усов В. М.** Медицинская робототехника как новый этап развития бортовых тренажеров и биотехнических систем на орбитальной станции // Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. СПб.: Политехника-сервис, 2015. С. 47–52.
40. **Богачева Р. А., Зонов А. А., Коньшев В. А.** Перспективы использования социальных роботов для психологической и информационной поддержки космонавтов в длительных космических полетах // Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. СПб.: Политехника-сервис, 2015. С. 55–59.
41. R2 Robonaut [Электронный ресурс]. URL: <https://robonaut.jsc.nasa.gov/R2> (Дата обращения: 12.11.2018).
42. **Dubowsky S., Boning P.** Coordinated Control of Space Robot Teams for the On-Orbit Construction of Large Flexible Space Structures, Advanced Robotics, vol. 24, iss. 3, pp. 303–323, DOI: 10.1163/016918609X12619993300665



References

1. **Belonozhko P. P.** Kosmicheskaya robototekhnika. Opyt i perspektivy razvitiya. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 1, pp. 84–93.
2. **Belonozhko P. P.** Kosmicheskaya robototekhnika. Sovremennoe sostoyanie, perspektivnye zadachi, tendentsii razvitiya. Analiticheskiy obzor. Science and Education of Bauman MSTU, 2016, no. 12, pp. 110–153. DOI: 10.7463/1216.0853919

3. **Belonozhko P.P.** Perspektivnye montazhno-servisnye robotizirovannye kosmicheskie moduli. Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika, 2015, no. 2, pp. 18–23.
4. **Gradovtsev A. A., Kondrat'ev A. S., Timofeev A. N.** Robototekhnicheskoe obespechenie dlya ob'ektov perspektivnoi kosmicheskoi infrastruktury Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Ehkstremal'naya robototekhnika", 23–25 November, the Central Research and Experimental Design Institute for Robotics and Engineering Cybernetics, Saint Petersburg, 2011, available at: http://er.rtc.ru/old/docs/2011-ER_PlenarDoclad.pdf (Retrieval date: 06.03.2018).
5. **Vovk A. V., Legostaev V. P., Lopota V. A.** Perspektivnye kontseptsii i tekhnologii sozdaniya kosmicheskoy tekhniki na baze mekhatroniki i mikrosistemnoy tekhniki. Izvestiya Akademii nauk. Energetika, 2011, no. 3, pp. 3–11.
6. Upravlenie podvizhnymi ob'ektami. Bibliograficheskij ukazatel'. Vol. 1. Kosmicheskie ob'ekty. Moscow, Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova of the Russian Academy of Sciences, 2011, 268 p.
7. **H. A. Thronson, D. Akin, J. Lester.** The Evolution and Promise of Robotic In-Space Servicing // AIAA SPACE 2009 Conference & Exposition (14–17 September 2009, Pasadena, California). AIAA 2009–6545. Available at: <http://www.enr.kz/repository/2009/AIAA-2009-6545.pdf> (Retrieval date: 27.02.2018).
8. **Lopota V. A., Yurevich E. I.** O nekotorykh perspektivnykh napravleniyakh razvitiya kosmicheskoi robototekhniki. S. P. Korolev RSC Energia. Available at: https://www.energia.ru/ru/news/news-2011/public_07-21_2.pdf (Retrieval date: 25.02.2018).
9. **Lopota V. A., Yurevich E. I.** Ehtapy i perspektivy razvitiya modul'nogo principa postroeniya robototekhnicheskikh sistem. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Saint Petersburg state polytechnical university, 2013, no. 1, pp. 98–103.
10. **E. Kaupp, E. Bains, R. Flores, G. Jorgensen, Y. M. Kuo, H. White.** Shuttle Robotic Arm // Engineering Innovations. Pp. 286–301. Available at: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584734main_Wings-ch4h-pgs286-301.pdf (Retrieval date: 09.11.2018).
11. **B. Stockman, J. Boyle, J. Bacon.** International Space Station Systems Engineering Case Study Available at: <http://spacese.spacegrant.org/uploads/images/ISS/ISS%20SE%20Case%20Study.pdf> (Retrieval date: 09.11.2018).
12. **C. Ower, L. Poynter, A. Keenan.** The role of dexterous robotics in ongoing maintenance of the ISS. 63rd International Astronautical Congress 2012 (IAC 2012), Naples, Italy, 1–5 October 2012, Volume 5 of 14: IAC-12.B3.4-B6.5.6.
13. **Angel Flores-Abad, Ou Ma, Khanh Pham, Steve Ulrich.** A review of space robotics technologies for on-orbit servicing. Progress in Aerospace Sciences, 2014, vol. 68, pp. 1–26. DOI: 10.1016/j.paerosci.2014.03.002
14. **Lysyj S. R.** Nauchno-tekhnicheskie problemy i perspektivy razvitiya robototekhniki special'nogo (kosmicheskogo) naznacheniya. Ehkstremal'naya robototekhnika. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Saint Petersburg, Politehnika-servis, 2015, pp. 29–32.
15. **Dalyaev I. Yu., Shardyko I. V., Kuznetsova E. M.** Tekhnicheskij oblik sredstv robototekhnicheskogo obespecheniya servisnogo sputnika, prednaznachennogo dlya prodleniya srokov aktivnogo sushchestvovaniya kosmicheskikh apparatov. Ehkstremal'naya robototekhnika. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Saint Petersburg: Politehnika-servis, 2015, pp. 181–186.
16. **Dalyaev I. Yu., Shardyko I. V., Kuznetsova E. M.** Perspektiva sozdaniya robotizirovannykh servisnykh sputnikov dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i prodleniya srokov aktivnogo sushchestvovaniya kosmicheskikh apparatov. Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika, 2015, no. 3, pp. 27–31.
17. **Lonchakov Yu. V., Sivolap V. A., Sokhin I. G.** Ergonomicheskie problemy sozdaniya i primeneniya antropomorfnykh robotov-pomoshchnikov ekipazhey perspektivnykh kosmicheskikh missiy. Ehkstremal'naya robototekhnika. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Saint Petersburg, Politehnika-servis, 2015, pp. 195–199.
18. **Seredin S. V., Lysyj S. R., Semenov V. V., Abalikhin O. Yu., Emel'dyashcheva O. V., Fomina V. V., Kondrat'ev A. S., Gradovtsev A. A., Konyshchev V. A.** Kosmicheskie robototekhnicheskie sistemy podderzhki deyatel'nosti ekipazha orbital'nykh i naplanetnykh moduley. Ehkstremal'naya robototekhnika. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Saint Petersburg, Politehnika-servis, 2015, pp. 199–202.
19. **Lopota V. A., Potapov A. M., Gradovtsev A. A., Kargov A. I., Dalyaev I. Yu.** Transportno-manipulyatsionnaya sistema dlya obsluzhivaniya Mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii i podderzhki vnekorabel'noy deyatel'nosti kosmonavtov. Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie, 2011, no. 2, pp. 6–16.
20. NASA // NASA: official website. Available at: <http://www.nasa.gov/> (Retrieval date: 09.11.2018).
21. CSA // CSA: official website. Available at: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp> (Retrieval date: 09.11.2018).
22. Buran.ru. Available at: <http://www.buran.ru> (Retrieval date: 09.11.2018).
23. NASA's Robotic Refueling Mission Practices New Satellite-Servicing Tasks // NASA. Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/rrm_practice.html (Retrieval date: 05.11.2018).
24. Robotic refueling mission (RRM). Available at: https://sspd.gsfc.nasa.gov/robotic_refueling_mission.html (Retrieval date: 04.11.2018).
25. **Gradovtsev A. A., Dalyaev I. Yu.** Kosmicheskij eksperiment "Zakhvat-E" // Pilotiruemye polety v kosmos. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference (10–12 noyabrya 2015 g., Zvezdnyy Gorodok). Zvezdnyy Gorodok, 2015, pp. 180–182.
26. **Moosavian S. Ali A., Papadopoulos E.** Free-flying robots in space: an overview of dynamics modeling, planning and control. Robotica, 2007, vol. 25, pp. 537–547. DOI: 10.1017/S0263574707003438
27. **Bogomolov V. P., Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M.** Proektirovanie optimal'noy mekhanicheskoy struktury svobodnoletayushchego kosmicheskogo robototekhnicheskogo modulya kak ob'ekta avtomaticheskogo upravleniya. I. Avtomatika i telemekhanika, 1998, iss. 5, pp. 27–40.
28. **Glumov V. M., Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M.** Analiz osobennostey upravleniya pereletami kosmicheskogo robotizirovannogo modulya vblizi poverkhnosti orbital'noy stantsii. I. Upravlenie orientatsiy modulya. Izvestiya Akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya, 2002, no. 2, pp. 162–169.
29. **Glumov V. M., Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M.** Analiz osobennostey upravleniya pereletami kosmicheskogo robotizirovannogo modulya vblizi poverkhnosti orbital'noy stantsii. II. Upravlenie traektornymi peremeshcheniyami modulya. Izvestiya Akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya, 2002, no. 3, pp. 140–148.
30. **Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M., Glumov V. M.** Upravlenie mnogorezhimnym kosmicheskim robotom pri vypolnenii manipulyatsionnykh operatsiy vo vneshney sredne. Avtomatika i telemekhanika, 2010, iss. 11, pp. 96–111.
31. **Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M., Glumov V. M.** Uravneniya dvizheniya i upravlenie svobodnoletayushchim kosmicheskim manipulyatsionnym robotom v rezhime rekonfiguratsii. Avtomatika i telemekhanika, 2010, iss. 1, pp. 80–98.
32. **Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M., Glumov V. M.** Nekotorye zadachi upravleniya svobodnoletayushchimi kosmicheskimi manipulyatsionnymi robotami. I. Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie, 2010, no. 10, pp. 52–59.
33. **Rutkovskiy V. Yu., Sukhanov V. M., Glumov V. M.** Nekotorye zadachi upravleniya svobodnoletayushchimi kosmicheskimi manipulyatsionnymi robotami. II. Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie, 2010, no. 12, pp. 54–65.
34. **K. Yoshida** (2000). Space Robot Dynamics and Control: To Orbit, From Orbit, and Future. In: Hollerbach J. M., Koditschek D. E. (eds). Robotics Research. Springer, London, pp. 449–456.
35. **K. Yoshida** (2000). Space Robot Dynamics and Control: a Historical Perspective. Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 12, no. 4, pp. 402–410.
36. **K. Yoshida and K. Hashizume** (2001). Zero Reaction Maneuver: Flight Velication with ETS-VII Space Robot and Extension to Kinetimally Redundant Arm. Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2001, May 21–26, 2001, Seoul, Korea.
37. **Mulder T. A.** Orbital express autonomous rendezvous and capture flight operations. AIAA/AAS Astrodynamics. Specialist Conference and Exhibit, Honolulu, HI, 2008, AIAA paper 2008–6768, pp. 1–22, DOI: 10.2514/6.2008-6768
38. **Robert B. Friend.** Orbital Express program summary and mission overview, Proc. SPIE 6958, Sensors and Systems for Space Applications II, 695803 (15 April 2008); DOI: 10.1117/12.783792
39. **Ushakov I. B., Polyakov A. V., Karpov A. A., Usov V. M.** Meditsinskaya robototekhnika kak novyy etap razvitiya bortovykh trenazherov i biotekhnicheskikh sistem na orbital'noy stantsii. Ehkstremal'naya robototekhnika. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Saint Petersburg, Politehnika-servis, 2015, pp. 47–52.
40. **Bogacheva R. A., Zonov A. A., Konyshchev V. A.** Perspektivy ispol'zovaniya sotsial'nykh robotov dlya psikhologicheskoy i informatsionnoy podderzhki kosmonavtov v dlitel'nykh kosmicheskikh poletakh. Ehkstremal'naya robototekhnika. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Saint Petersburg, Politehnika-servis, 2015, pp. 55–59.
41. R2 Robonaut. Available at: <https://robonaut.jsc.nasa.gov/R2> (Retrieval date: 12.11.2018).
42. **Dubowsky S., Boning P.** Coordinated Control of Space Robot Teams for the On-Orbit Construction of Large Flexible Space Structures, Advanced Robotics, vol. 24, iss. 3, pp. 303–323, DOI: 10.1163/016918609X12619993300665

© Белоножко П. П., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.04.2019

Принята к публикации: 14.05.2019

Модератор: Дмитрий С. В.

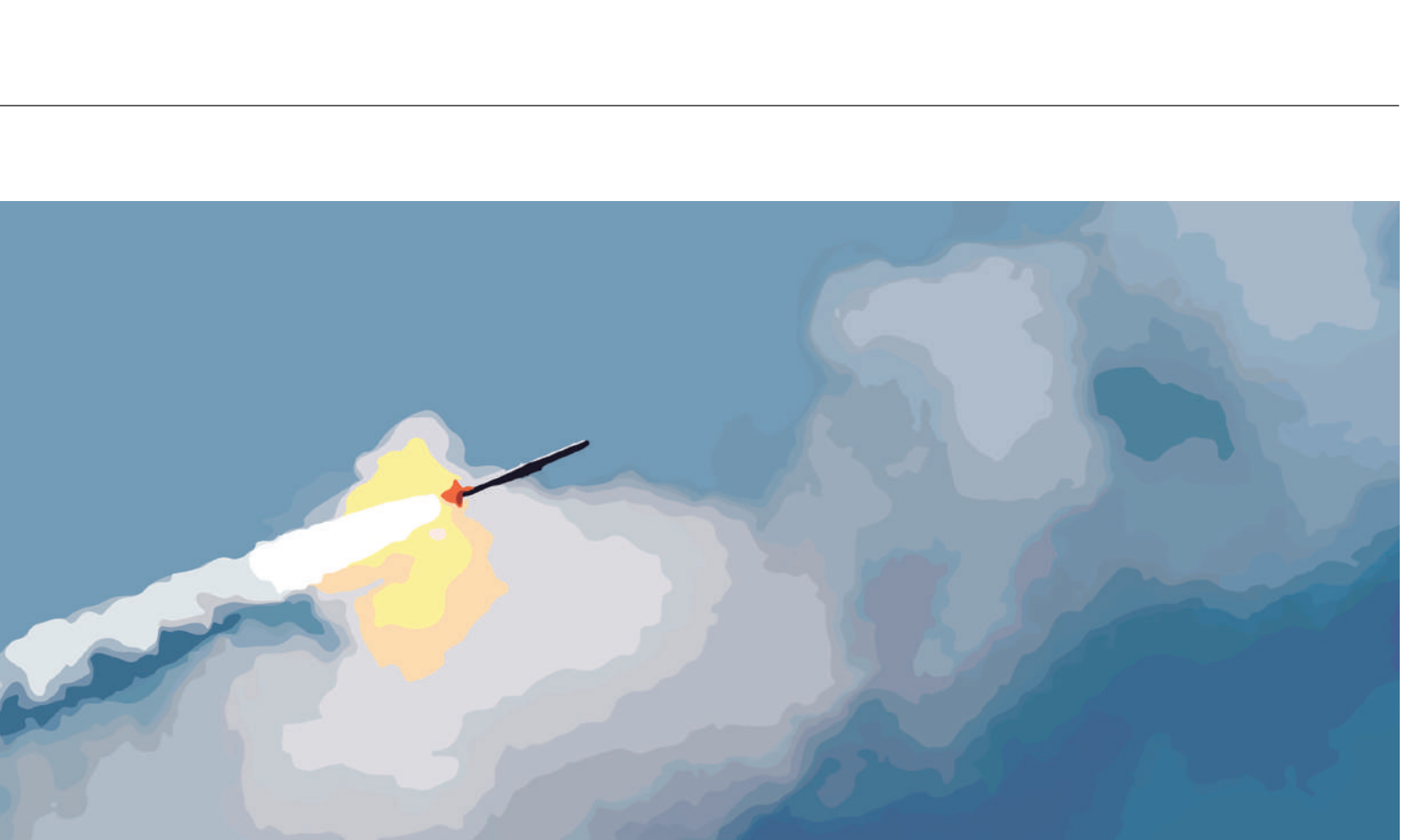
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Белоножко П. П. *Космическая робототехника для монтажа и сервиса. Потенциальные задачи, концепции перспективных систем // Воздушно-космическая сфера.* 2019. №2(99). С. 84–97.

PROBLEMS OF SHORT- AND INTERMEDIATE RANGE MISSILES PROTECTION AND SOME WAYS OF SOLVING THEM

ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С РАКЕТАМИ СРЕДНЕЙ И МЕНЬШЕЙ ДАЛЬНОСТИ И НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ



Alexander G. LUZAN,
Dr. Sci. (Tech.), laureate of the RF State Prize,
Lieutenant General, retired, Moscow, Russia,
lag2.37@mail.ru



Александр Григорьевич ЛУЗАН,
доктор технических наук, лауреат Государственной
премии, генерал-лейтенант в отставке, Москва, Россия,
lag2.37@mail.ru

ABSTRACT | The article deals with the problems concerning short- and intermediate range missiles protection, including problems connected with the unilateral withdrawal of the USA from the INF treaty. New concepts and architecture for BMD and AD theatre concentrations are proposed.

Keywords: *aerospace attack weapons, air-defense systems, mobile automated reconnaissance-fire AD concentrations, ballistic missile defense and air defense systems and weapons*

АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются проблемы борьбы с современными ракетами средней и меньшей дальности, в том числе возникшие в связи с односторонним выходом США из договора по РСМД, и предлагаются новые концепции и структуры построения и боевого применения группировок ПРО-ПВО на театре военных действий.

Ключевые слова: *средства воздушно-космического нападения, зенитные ракетные системы и комплексы, мобильные автоматизированные разведывательно-огневые группировки ПВО, системы и средства противоракетной и противовоздушной обороны*

Анализ складывающейся в последнее время международной обстановки свидетельствует о ее нестабильности и непредсказуемости, о стремлении к применению рядом стран, в первую очередь США, двойных стандартов во взаимоотношениях и к односторонней трактовке событий в свою пользу.

Президентом США, правительством и американским истеблишментом предпринимаются все меры для сохранения однополярной структуры мироустройства во главе с Америкой, продолжения политики диктата с ее стороны.

И в ответ на это — настойчивые и доказательные предложения современной России по многополярному мироустройству. Тому мироустройству, основы которого были положены лидерами СССР, США и Великобритании на Тегеранской конференции в 1943 году, 75-летие которой и мы почти не отметили, а современные западные политические деятели хотели бы вовсе забыть. Развернулись беспрецедентные нападки американских и западноевропейских СМИ на Россию, причем с размахом, которого не бывало даже в самые напряженные годы холодной войны.

США, по сути, отклонили неоднократные призывы России вести совместную коалиционную борьбу с международным терроризмом, как это было в годы Второй мировой войны против нацизма. Не восприняты предложения России по возможному сокращению стратегических наступательных видов вооружений, по расширению сотрудничества по нераспространению оружия массового поражения и ракетных технологий.

Вместо поисков договоренностей, сближения с Россией и сосредоточения совместных усилий на этих вопросах Д. Трамп поднимает тему об одностороннем выходе США из договора по сокращению ракет средней и меньшей дальности (РСМД), бездоказательно обвиняя Россию в его нарушении.

В феврале этого года США официальной нотой в ультимативной форме оповестили Российскую Федерацию об односторонней приостановке этого договора и принятии окончательного решения по нему через шесть месяцев. Однако, не ожидая истечения этого срока, США сразу же после демарша с нотой сняли с себя ограничения в возможности проведения НИОКР по созданию современных типов указанных ракет, их производству и поставке в войска.

Небольшой исторический экскурс

К середине 70-х годов прошлого столетия США развернули в Европе 180 мобильных баллистических ракет средней дальности «Першинг-1» (дальность поражения до 750–900 километров), имеющих достаточно высокую точность.

В ответ СССР в 1976 году начал развертывание комплексов РСД-10 («Пионер») аналогичного назначения с существенно лучшими возможностями по дальности поражения (до 4300 километров, а в последующем — до 5500 километров), но менее точными (отклонение от точки прицеливания — до 500 метров, что компенсировалось мощной боевой частью). Кроме того, одна ракета оснащалась тремя разделяемыми в полете боевыми частями индивидуального наведения на цели, что повышало боевой потенциал комплекса. На вооружение Сухопутных войск начал также поступать мобильный ракетный комплекс «Темп-С» с дальностью стрельбы до 900 километров.

В складывающейся ситуации для сохранения и удержания превосходства в ракетной гонке вооружений США приняли решение о развертывании в Европе высокоточных ракет средней дальности «Першинг-2» с дальностью стрельбы до 1400 километров, но с отклонением попадания в цель всего в 5–10 метров. Пентагон полагал, что высокая точность баллистической ракеты средней дальности (БРСД) «Першинг-2» позволит достичь высокой эффективности комплекса при сравнительно маломощной боевой части.

В связи с тем, что дальности 1400 километров не хватало для нанесения запланированного ущерба потенциалнесущим объектам на требуемую глубину территории Советского Союза, дополнительно было принято решение развернуть вместе с БРСД «Першинг-2» крылатые ракеты наземного базирования (КРНБ) «Томагавк», обладающие большим радиусом действия (до 2500 километров).

Договор по РСМД был подписан генсеком ЦК КПСС М. Горбачевым и президентом США Р. Рейганом в 1987 году и запрещал сторонам иметь баллистические ракеты наземного базирования и крылатые ракеты (КР) с дальностью старта от 500 до 5500 километров.

Всего к моменту подписания договора о ликвидации РСМД в Европе было развернуто 464 КРНБ «Томагавк» и 228 БРСД «Першинг-2». Всего было произведено 384 ракеты «Першинг-2».



В рамках подписанного договора СССР за три года уничтожил 1846 ракетных комплексов, примерно половина из них была произведенными ракетами, которые так и не заступили на боевое дежурство.

США за тот же срок ликвидировали 846 комплексов, что составило лишь 46 % от количества ракет, ликвидированных СССР.

При этом если мы физически уничтожали наши ракеты (взрывали их), то в США уничтожение ракет «Першинг-1» и «Першинг-2» осуществлялось статическим прожигом ракетных двигателей на стенде, что сохраняло возможность их быстрого восстановления в боеготовое состояние (менее чем за 48 часов). Ядерные боевые части W85 БРСД «Першинг-2» вообще не уничтожались и были использованы для снаряжения свободнопадающих авиабомб.

Вот почему президент РФ В. Путин на расширенной коллегии Минобороны заявил, что заключение договора по РСМД было шагом вперед по сокращению вооружений и сниже-

нию напряженности, но для Советского Союза стало весьма обременительным и фактически односторонним разоружением. «Зачем руководство СССР пошло на этот шаг, одному богу известно», — сказал президент.

В немедленно последовавшей реакции М. Горбачев заявил, что «никакого одностороннего разоружения не было. Согласно договору по РСМД были уничтожены сотни ракет — как советских, так и американских». М. Горбачев также подчеркнул, что все решения по разоружению тщательно прорабатывались с высшим военным руководством СССР. Но это не соответствует реальности. На самом деле М. Горбачева и его консультанта и сподвижника Э. Шеварднадзе (в ту пору — министра иностранных дел) не интересовало, каким способом осуществлялась реализация этого договора, какие типы ракет Советского Союза были включены в этот кабальный договор. Их интересовал лишь сам факт подписания договора и стремление создать себе политический пиар и имидж миротворцев.

Чтобы не быть голословным, достаточно, например, напомнить, что по настоятельной просьбе США в перечень подлежащих уничтожению ракет была включена новейшая, только что завершившая испытания оперативно-тактическая ракета (ОТР) «Ока» (генеральный конструктор — академик С. Непобедимый). Неважно, что «Ока» имела максимальную дальность полета 450 километров и не подходила под параметры договора, что против включения этой ракеты в договор категорически возражало и военное руководство, и руководство ВПК СССР. Эта ракетная система слишком сильно беспокоила Пентагон. Ничего подобного они у себя не имели и не имеют по сей день. А нам понадобилось более двух десятков лет, чтобы воссоздать крайне необходимую ракетную систему подобного типа, получившую название «Искандер-М».

Некоторые аспекты противоракетной обороны на театре военных действий (ТВД) в современных условиях

Реакция Российской Федерации на односторонние действия США по фактическому выходу из договора по РСМД практически свелась к зеркальному ответу на предпринимаемые Америкой действия.

В марте 2019 года президент РФ В. Путин подписал указ о приостановке действия договора по РСМД и в России. В указе определена его мотивация — необходимость принятия безотлагательных мер в связи с нарушением США своих обязательств по договору. Кроме того, президент РФ принял решение больше не инициировать переговоры по этой теме.

Он также заявил, что Россия не приступит первой к развертыванию РСМД различных типов, но в случае необходимости не только немедленно развернет их, но и ответит ударом как по местам дислокации американских ракет, так и по командным пунктам и пунктам управления этими ракетами независимо от мест их дислокации, вплоть до территории США.

Наряду с развитием активных средств противостояния требуется новый аспект развития средств нестратегической противоракетной обороны как комплексной системы для эффективной защиты объектов и нейтрализации угроз от ударов РСМД нового поколения.

Министр обороны С. Шойгу уже заявил о создании в 2019–2020 годах сухопутного варианта комплекса «Калибр» морского базирования, оснащенного крылатой ракетой большой дальности. Он также заявил, что в те же сроки необходимо разработать наземный ракетный комплекс с гиперзвуковой баллистической ракетой повышенной дальности.

Однако указанное вооружение — это активные средства поражения, предназначенные для нанесения ответного или ответно-встречного удара Вооруженными силами РФ при возникновении угрозы безопасности страны.

Но одним из главных зеркальных ответов на действия США с нашей стороны, кроме этого, несомненно, должно стать усиление эффективности воздушно-космической обороны, в первую очередь — обеспечение эффективной борьбы с РСМД различных типов нового поколения.

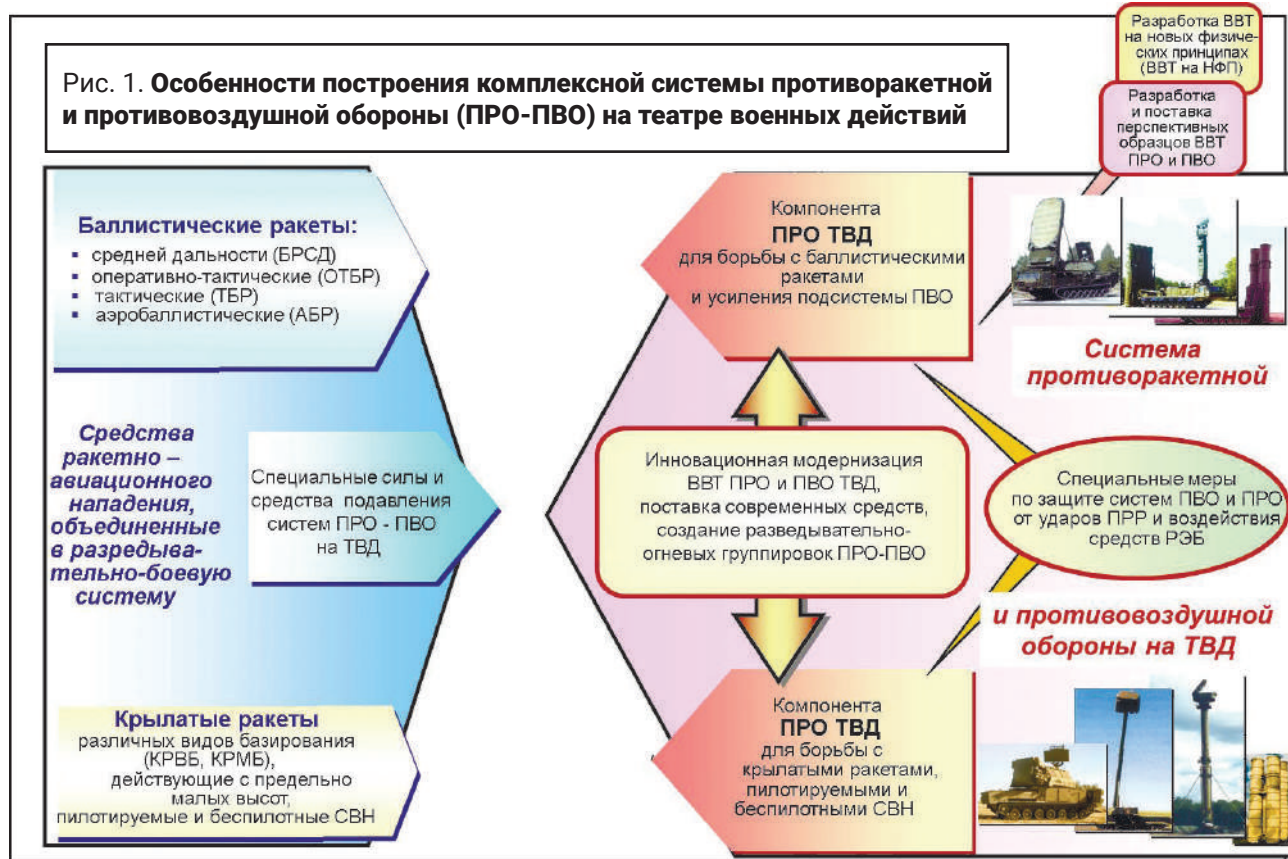
Не случайно США начали наращивание военного противостояния современной России именно с прекращения действия договора СССР и США по противоракетной обороне (ПРО), с одностороннего выхода из него и развертывания ранее запрещенных договором систем ПРО различного уровня. Это и средства стратегической ПРО на Аляске и в других регионах США, и оснащенные более чем 30 кораблей США системой ПВО-ПРО «Иджис», развертывание наземного варианта этой системы («Иджис Эшор») вблизи границ РФ (Румыния, в ближайшее время — Польша), принятие на вооружение тактической системы ПРО ТНААД и развертывание ее за рубежом (Южная Корея, Япония), очередная модернизация ЗРК «Пэтриот» в части расширения боевых возможностей по ПРО («Пэтриот» РАК-3).

Кстати, системы ПРО-ПВО «Иджис» и «Иджис Эшор» оснащены универсальной пусковой установкой Mk-41, с которой может осуществляться запуск как противоракеты типа «Стандарт» SM-3, так и крылатой ракеты типа «Томагавк».

Анализ и здравый смысл подсказывают, что и нам наряду с развитием активных средств противостояния крайне необходим новый аспект развития средств ПРО на ТВД (нестратегической ПРО) как комплексной системы для эффективной защиты всех необходимых объектов и нейтрализации угроз от ударов РСМД нового поколения, на которые вновь начали делать ставку США.

Представляется, что задача ПРО на театре военных действий должна решаться с помощью двух компонент (подзадач) системы: компоненты борьбы с баллистическими ракетами средней дальности и компоненты борьбы с крылатыми ракетами различных видов базирования, в том числе наземного (рис. 1).

Рис. 1. Особенности построения комплексной системы противоракетной и противовоздушной обороны (ПРО-ПВО) на театре военных действий



Предложение по двухкомпонентному построению систем ПРО на ТВД обосновано тем, что США еще в 80-е годы прошлого столетия до подписания договора по ликвидации РСМД остановили свой выбор, как уже указывалось, на совместном использовании в составе боевых ударных ракетных группировок (БУРГ) как баллистических, так и крылатых ракет, то есть построении двухкомпонентных ударных группировок. В последующем Пентагоном досконально изучались и отрабатывались формы и способы нанесения ударов крылатыми ракетами морского и воздушного базирования (КРМБ и КРВБ) по различным объектам, в том числе разрабатывалась концепция «быстрого глобального удара». Все эти вопросы были практически проверены в ходе агрессии против Югославии, в Ираке, Ливии и в Сирии и могут быть очень быстро адаптированы к крылатым ракетам наземного базирования.

Понятно, что США могут использовать РСМД как автономно, так и в ходе массированного ракетно-авиационного удара (МРАУ). В связи

с этим на ТВД кроме системы ПРО требуется развернуть современную систему ПВО, которая должна функционировать с системой ПРО в едином информационно-управляющем пространстве, то есть на ТВД необходимо создавать современную систему ПРО-ПВО.

В марте 2019 года США фактически подтвердили выбор двухкомпонентного варианта построения перспективной БУРГ, заявив, что КРНБ с дальностью поражения более 1000 километров будут созданы и испытаны к ноябрю, а БРСД с дальностью поражения 3500–5000 километров — к концу текущего года. Это как подтвердило версию необходимости построения двухкомпонентной системы ПРО на ТВД, так и в очередной раз показало двуличность и нечистоплотность политики, проводимой США по отношению к России. Чтобы создать и испытать КРНБ и БРСД нового поколения в такие короткие сроки, нужны достаточно длительные исследования и наработки. США проводили их в нарушение ДРСМД, голословно обвиняя в нарушении договора Россию.

Особенности построения двухкомпонентной ПРО и современной ПВО на ТВД

Борьба с ракетами средней и меньшей дальности, как баллистическими, так и крылатыми — далеко не простая задача.

В настоящее время она усложняется еще и тем, что реанимируемые системы ПРО на ТВД должны отвечать не только современным требованиям и обеспечивать эффективные способы борьбы с БРСМД и КР, но и надежно противостоять воздушно-космическим средствам, гиперзвуковым крылатым ракетам (ГЗКР) и другим средствам воздушно-космического нападения (ВКН) в обозримой перспективе.

В целом разработка и создание подобных систем и средств ПРО на ТВД, тем более с перехватом и неядерным поражением ГЧ БРСД, ВКС, ГЗКР, — процесс намного более сложный и технически рискованный, чем развитие самих средств нападения. Поэтому он под силу только высокоразвитым государствам, обладающим достаточными научными достижениями, современной промышленной базой и технологиями. Не случайно пионерами в создании средств ПРО на ТВД стали США и Советский Союз.

1. Особенности построения компоненты ПРО на ТВД для борьбы с баллистическими ракетами средней и меньшей дальности

БРСД типа американских «Першингов-2» с дальностью старта до 2000 километров, которые размещались в Европе в 80-е годы прошлого столетия и даже приобрели термин «евростратегические», являются крайне сложной целью для средств ПРО-ПВО.

Видимо, и новые средства нападения не станут менее эффективными, при их создании, несомненно, будет использован накопленный разработчиками и фирмами потенциал.

Сложность борьбы с БРСД обусловлена в первую очередь тем, что они оснащены отделяемой в полете головной частью (ГЧ), имеющей очень малую эффективную отражающую поверхность (ЭОП), летящую с гиперзвуковой скоростью и подходящую к цели под большими углами атаки. Так, ЭОП головной части БРСД «Першинг-2» составляет 0,01–0,015 кв. м, что затрудняет ее обнаружение. Она летит со скоростью 4000–4200 м/с, а углы полета к цели в угломестной плоскости составляют от 30 до 70–80 градусов.

БРСД, во всяком случае такие, как «Першинг», оснащены ГЧ с ядерным боевым снаряжением. Поэтому необходимо реализовать поражение ядерной ГЧ нападающей ракеты без инициирования подрыва ее боевого снаряжения и выполнить эту задачу «антиракетой» с боевой частью обычного (неядерного) снаряжения.

В связи с этим еще в 1982 году было признано целесообразным возложить функции борьбы с баллистическими ракетами различных классов, в том числе с головными частями БРСД, на зенитные ракетные системы (ЗРС) ряда С-300В, разрабатывать и развивать их как самостоятельное направление для первоочередного решения задач нестратегической ПРО на ТВД и защиты как особо важных стратегических объектов, так и важнейших объектов промышленно-административной структуры (в первую очередь таких, как атомные электростанции, гидротехнические сооружения, химпредприятия и др.).

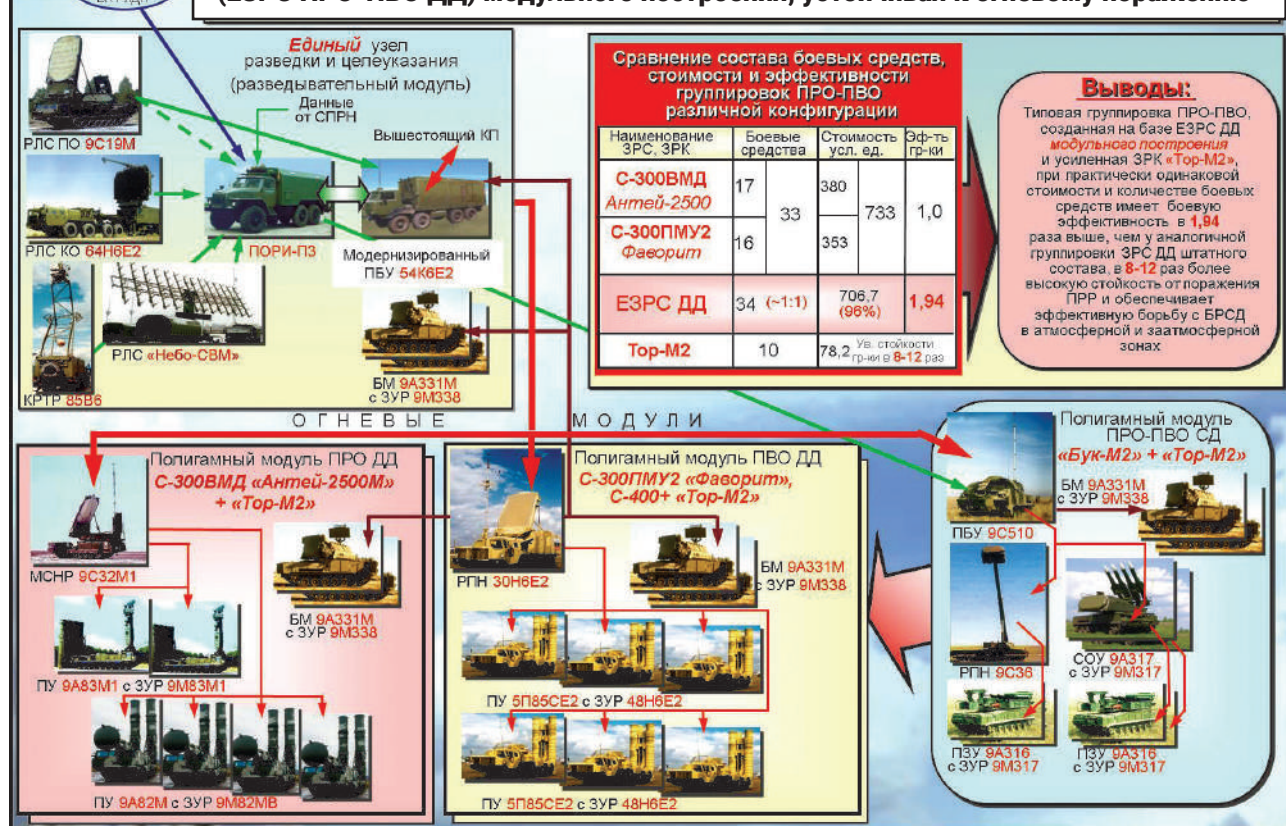
ЗРС ряда С-300П и их модификации было признано целесообразным ориентировать главным образом на эффективную борьбу с аэродинамическими целями, то есть создавать их как массовые эффективные средства противосамолетной обороны. Было признано также целесообразным унифицировать с указанными системами и ЗРС С-300Ф морского базирования.

Таким образом, ЗРС семейства С-300В и С-300П как по главному предназначению, так и по конструкторско-техническим решениям не альтернативные, а взаимодополняющие друг друга средства.

Конечно, ЗРС ряда С-300П, как и американские ЗРК «Пэтриот», построенные по схожим схемам, обладают определенными возможностями по борьбе с баллистическими целями, такими как ТБР и ОТБР с дальностью старта менее 1000 километров и неотделяемой ГЧ, но их главная задача — эффективная борьба с аэродинамическими целями, а борьба с «баллистической» — по остаточному принципу. В связи с этим причислять их к полномасштабным средствам тактической ПРО возможно лишь ограниченно.

Подтверждение тому — результаты боевого применения ЗРК «Пэтриот» в Ираке во время операции «Буря в пустыне». Даже при борьбе со сравнительно устаревшими ОТБР типа «Скад» с дальностью старта 300–500 километров боевая эффективность ЗРК оказалась на уровне 0,22–0,36, а дальность перехвата составила всего 7–15 километров. При этом в ходе боевых действий пришлось использовать как космический эшелон разведки, так и внешние наземные средства системы предупреждения о ракетном нападении для выдачи предварительного целеуказания

Рис. 2. Единая зенитная ракетная система ПРО-ПВО дальнего действия (ЕЗРС ПРО-ПВО ДД) модульного построения, устойчивая к огневому поражению



батареям ЗРК «Пэтриот» и обеспечения захвата на автосопровождение одиночных атакующих БР радиолокационными средствами комплекса.

ЗРС семейства С-300В в производстве и эксплуатации несколько дороже, чем ЗРС семейства С-300П, но эффективная система ПРО на ТВД того стоит. Скорее всего, беда не в стоимости, а в отсутствии профессионализма. Недопустимо две принципиально разные системы обозначать практически одинаковой аббревиатурой (С-300).

Сегодня серийно выпускается ЗРС С-300В4, которая обеспечивает как противоракетную, так и противовоздушную оборону на театре военных действий и во фронте. Эта система способна поражать все типы аэродинамических целей на дальностях до 380-400 километров, в том числе цели, выполненные по стелс-технологии (минимальная ЭОП поражаемых целей составляет 0,01 кв. м). Кроме того, она обеспечивает борьбу с баллистическими ракетами тактического, оперативно-тактического классов и средней дальности (ТБР, ОТБР и БРСД) при дальности их старта до 2500 километров и скорости полета головных частей до 4500 м/с (то есть гиперзвуковой скорости, более чем 12 Махов, что крайне актуально в настоящее время и в ближайшей перспективе).

ЗРС С-300В4 в штатной комплектации обеспечивает одновременный обстрел до 24 аэродинамических целей или 4-8 баллистических ракет (в зависимости от их класса и дальности пуска).

По своим возможностям и боевой эффективности она не имеет равных в мире среди средств ПРО-ПВО наземного базирования, уступая, пожалуй, только новейшей американской системе THAAD, развертываемой в настоящее время на территории США и в некоторых зарубежных странах (Южная Корея, Япония), да и то лишь в возможности поражения целей в заатмосферной области.

Эту систему и необходимо рассматривать как базовую для развертывания ПРО на ТВД. Неслучайно еще в 1980-е годы, когда американцы развернули в Европе БРСД «Першинг-2», в состав подмосковной группировки ПВО (системы С-50) было введено два полка ЗРС С-300В (в модификации С-300В2) для обеспечения защиты прикрываемых объектов от ударов этих ракет, в том числе и ядерных.

Но если в то время задачи усиления возможностей группировки решались на организационно-штатном уровне (введение в состав группировки ПВО дополнительных полков

Сегодня необходимо говорить о создании единой зенитно-ракетной системы дальнего действия смешанного состава, где задача объединения средств решается на функциональном уровне и в рамках единого информационно-управляющего пространства.

необходимой комплектации), то сегодня можно и необходимо говорить о создании единой ЗРС дальнего действия (ЕЗРС ДД) смешанного состава, где задача объединения средств решается на функциональном уровне и в рамках единого информационно-управляющего пространства. Этот вопрос уже освещался автором в печати [1], но пока не получил должного внимания.

С учетом перспективы требует решения также задача борьбы с ВКС, ГЗКР на больших высотах и в ближнем космосе и увеличение возможностей поражения головных частей БРСМД, то есть существенное увеличение площадей, обороняемых от ударов этих ракет. А это требует разработки и внедрения новых подходов к созданию современных ракет-перехватчиков указанных целей, в том числе выхода в заатмосферную область.

Дело в том, что на высотах 34–36 километров (в так называемой зоне Кармана) практически заканчивается атмосферный слой Земли, и ракеты-перехватчики с аэродинамическим способом управления, успешно действующие в плотных слоях атмосферы, не способны функционировать в заатмосферной области. Требуется переход с аэродинамического на газодинамическое управление ракетой (управление вектором тяги ракеты), что технически и технологически реализовать весьма сложно. Практически весь задел по существующим в мире ЗУР ориентирован на аэродинамические способы управления.

Не случайно, что на сегодня только Россия и США (ЗУР 9M82MB ЗРС С-300В4 наземного и SM-3 «Стандарт-3» ЗРС «Иджис» морского базирования соответственно) имеют ракеты-перехватчики с газодинамическим способом управления. Но если американская крупногабаритная ЗУР SM-3, обеспечивающая заатмосферный перехват баллистических целей, выпускается серийно и уже начинает представлять угрозу нашим стратегическим ядерным силам, то ЗУР 9M82MB, обеспечивающая заатмосферный перехват, после успешных конструкторско-заводских испытаний пока не введена нашим Минобороны в состав ЗРС С-300В4.

США, понимая, что ракеты ЗРК «Пэтриот» по характеристикам невозможно довести до уровня гиперзвукового заатмосферного перехватчика, ограничили ее модернизацию на уровне РАС-3, а функции ПРО на ТВД возложили на ЗРС наземного базирования THAAD. Возможно, поэтому американцы в свое время и закупили у нас боевые средства системы С-300 В: чтобы позаимствовать наши конкурентоспособные технические решения при разработке собственной новейшей ЗРС. Использовать собственный технической задел, скажем, из ЗРС морского базирования «Иджис» с ракетой-перехватчиком «Стандарт-3», не представилось возможным, так как эта крупногабаритная ракета на подвижные наземные средства не размещается.

В отличие от США мы имеем необходимый научно-технический задел. Поэтому, отбросив амбиции и руководствуясь здравым смыслом, уже сейчас можно создать отвечающую современным требованиям и не имеющую равных в мире действительно единую (для ПВО ВКО и войск ПВО СВ) ЗРС ПРО-ПВО модульного построения на базе ЗРС дальнего действия С-300В4 и С-300ПМУ2 (в перспективе — С-400), которые не конкурировали бы между собой, а дополняли друг друга, и ввести в состав этой системы ракету заатмосферного перехвата типа 9 М82 МВ (рис. 2).

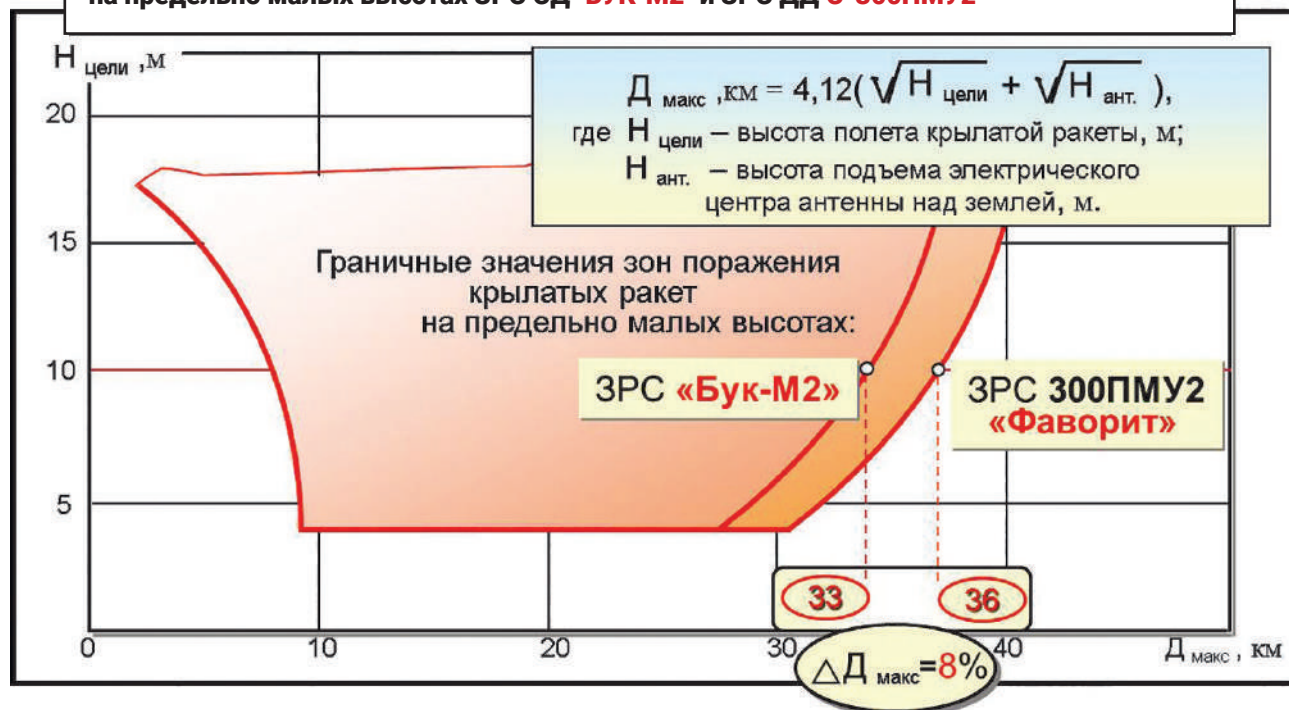
Это позволило бы существенно сократить сроки поставки перспективного зенитного вооружения в Вооруженные силы, значительно снизить затраты на его создание и закупки и обеспечить конкурентоспособность наших средств на мировом рынке.

2. Особенности построения компоненты ПРО на ТВД для борьбы с крылатыми ракетами различного базирования

При решении задач эффективной борьбы с дальнобойными крылатыми ракетами определяющим фактором является использование ими предельно малых высот полета в боевых зонах и непосредственно при атаке цели, что существенно усложняет борьбу с ними средствами ПВО.

Любые средства воздушного нападения (СВН) могут быть обнаружены средствами ПВО только в пределах радиогоризонта. При высоте антенных систем РЛС средств ПВО порядка двух-трех метров (штатная компоновка) и высоте полета крылатых ракет 15 метров (в условиях среднепересеченной местности полет КР на более низких высотах практически невозможен) дальность радиогоризонта при нулевых углах закрытия составляет 17–24 километра. Тогда (с учетом времени реакции ЗРС) дальняя граница зоны

Рис. 3. Расчетные значения максимальной дальности поражения крылатых ракет на предельно малых высотах ЗРС СД «БУК-М2» и ЗРС ДД С-300ПУ2



их поражения не может превышать 15–20 километров, что недостаточно для обеспечения эффективной борьбы с нарядом КР. Расширить радиогоризонт возможно за счет применения в средствах ПВО высокоподнятых антенных систем. Так, подъем антенной системы ЗРС на высоту 24 метра позволяет увеличить дальность радиогоризонта до 35–37 километров и расширить тем самым зону поражения на 40 % и более.

На сегодняшний день высокоподнятые антенные системы имеют только ЗРС средней дальности «Бук-М2» и ЗРС дальнего действия семейства С-300П (ЗРС С-300ПМ2 «Фаворит»), которые и могут рассматриваться как основные средства для борьбы с дальнобойными КР. Сравнительные исследования показали, что предпочтение должно быть отдано ЗРС СД «Бук-М2», стрельбовый комплекс которой при полете КР на высоте 15 метров обеспечивает ее поражение на дальности 30–35 километров (рис. 3). Это достигается за счет введения в состав ЗРС «Бук-М2» радиолокатора подсвета и наведения (РПН), антенные системы и приемо-передающие устройства которого размещены на мобильном телескопическом подъемно-поворотном устройстве, поднимающем их на высоту более 22 метров в течение двух минут.

Предпочтение ЗРС «Бук-М2» отдано потому, что дальность поражения КР на предельно малой высоте этой системой всего на 6 % меньше, чем у ЗРС

С-300ПМ2, но время разворачивания вышек для подъема антенных систем в ЗРС С-300ПМ2 почти в 20 раз больше, а их стоимость — в 7,8 раза выше, чем у телескопических подъемно-поворотных устройств ЗРС «Бук-М2».

Вероятность поражения крылатой ракеты одной ЗУР в системе «Бук-М2» не ниже, чем у ЗРС семейства С-300П, хотя у последней используется более тяжелая и более дорогая ракета. Это достигается за счет более точного наведения ЗУР в ЗРС «Бук-М2», а также реализации в этом комплексе режима распознавания (автоматического определения) типа цели и адаптации боевого снаряжения ЗУР для максимально эффективного поражения распознанной цели. Этот же режим позволяет сократить средний расход ракет на одну сбитую цель.

ЗРС средней дальности «Бук-М2», организационно представляющий собой зенитный ракетный дивизион (зрдн), за пролет зоны поражения способен поразить до 24–36 крылатых ракет, что обеспечивает нейтрализацию ожидаемых масштабов налета КР по прикрываемому объекту.

Эти вопросы также уже рассматривались в печати [2], но никакой реакции на них не последовало. Вместо этого появляется информация о ЗРК С-350, совершенно не способной решать эти задачи, да и, по всей видимости, маловостребованной.

Любые средства воздушного нападения могут быть обнаружены средствами ПВО только в пределах радиогоризонта. При высоте антенных систем РЛС средств ПВО порядка двух-трех метров и высоте полета крылатых ракет 15 метров дальность радиогоризонта при нулевых углах закрытия составляет 17–24 километра. Тогда, с учетом времени реакции ЗРС, дальняя граница зоны их поражения не может превышать 15–20 километров, что недостаточно для обеспечения эффективной борьбы с нарядом крылатых ракет. Расширить радиогоризонт возможно за счет применения в средствах ПВО высокоподнятых антенных систем.

А вот борьбу с современными аэродинамическими целями различных типов, действующими во всем диапазоне высот от предельно малых до стратосферы включительно, наиболее эффективно обеспечивает ЗРС дальнего действия семейства С-300П. По критерию «эффективность — стоимость» ЗРС этого семейства С-300ПМ2 и тем более С-400 не имеют аналогов в мире, в связи с чем они должны быть главными при построении компоненты ПВО, обеспечивающей борьбу с аэродинамическими целями.

Некоторые выводы

Реакция Российской Федерации на односторонние действия США по выходу из договора по РСМД предполагает зеркальный ответ на предпринимаемые Америкой действия и должна включать в состав мер противодействия не только

развитие активных средств поражения, предназначенных для нанесения ответного или ответно-встречного удара, но и усиление эффективности воздушно-космической обороны, в первую очередь — обеспечение эффективной борьбы с РСМД различных типов нового поколения путем создания или совершенствования систем ПРО-ПВО на театрах военных действий.

Система ПРО-ПВО на ТВД должна быть двухкомпонентной и включать в свой состав компоненту борьбы с баллистическими ракетами средней и меньшей дальности и компоненту борьбы с крылатыми ракетами различных видов базирования, в том числе наземного. Она должна также обеспечивать высокоэффективную борьбу с аэродинамическими средствами, действуя в едином информационно-управляющем пространстве.

С минимальными материальными затратами такую систему можно создать на базе единой ЗРС дальнего действия, включающей в свой состав ЗРС семейства С-300В и С-300П, а также ЗРС средней дальности «Бук-М2», имеющей в своем составе радиолокационные средства с высокоподнимаемыми антеннами.

Проблемы структуры, состава, построения и боевого применения перспективной системы ПРО-ПВО на ТВД не только весьма значимы и актуальны, но и требуют глубокого научного исследования.

Вне всякого сомнения, для качественного решения этих проблем должна быть привлечена военная наука. Широкое привлечение военной науки (как НИИ, так и академической) позволило бы принципиально по-новому рассмотреть эти проблемы и не только обеспечить безопасность Отечества, но и сохранить наше превосходство в указанных высокотехнологичных областях на мировом рынке вооружений.



Литература

1. **Лузан А.Г.** ПВО в четвертом поколении. Современные технологии диктуют новую стратегию // Военно-промышленный курьер. 2017. № 6 (13 февраля). С. 1, 5. №7 (20 февраля). С. 4.
2. **Лузан А.Г.** «Томгавки» бьют по Сирии. Полезные уроки // Воздушно-космическая сфера. 2017. № 2. С. 4.

References

1. **Luzan A.G.** PVO v chetvertom pokolenii. Sovremennye tekhnologii diktuyut novuyu strategiyu. *Voенно-promyshlennyy kur'er*, 2017, no. 6 (February, 13), p. 4, no. 7 (February, 20), pp. 1, 5.
2. **Luzan A.G.** "Tomagavki" b'yut po Sirii. Poleznye uroki. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2017, no. 2, p. 4.

© Лузан А. Г., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.04.2019
Принята к публикации: 07.05.2019

Модератор: Дмитриук С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Лузан А. Г. Проблемы борьбы с ракетами средней и меньшей дальности и некоторые пути их решения // *Воздушно-космическая сфера*. 2019. №2(99). С. 98–108.