

## 1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

### 1.1. НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ИНТЕРЕСАХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Фатеев В.Ф., д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ,  
руководитель Ведущей научной школы «Малые космические аппараты»  
Галькевич А.И., д.т.н.,

Генеральный конструктор низкоорбитальных информационных спутниковых систем связи и управления  
(2008-2012 гг.)

*В статье предлагается концепция глобальной космической информационной системы на базе многофункциональных кластеров малых космических аппаратов (МКА), объединённых в единое цифровое информационное поле. Целью создания системы является обеспечение глобальности, непрерывности, оперативности и живучести систем космического мониторинга, связи и управления в направлении «Информационная инфраструктура» в Программе «Цифровая экономика России». Обосновывается актуальность создания системы. Описано современное состояние исследований по этому направлению.*

*Достижение поставленной цели обеспечивается использованием межспутниковых каналов связи в многоспутниковой системе информационных МКА, оснащенных модемами «спутник-спутник», «борт-земля», «земля-борт». Это дает возможность организовать многомаршрутную виртуальную глобальную сеть передачи данных между любыми наземными и космическими корреспондентами практически в реальном времени.*

*Система включает следующие кластеры информационных МКА:*

- многоспутниковый многосвязный кластер глобальной космической сети передачи данных «Космосеть»;
- кластер оперативного монотатического и многопозиционного бистатического радиолокационного мониторинга территорий и акваторий;
- кластер глобальной системы панхроматической и гиперспектральной оптической системы мониторинга территорий и акваторий;
- кластер многопозиционного радиотехнического мониторинга регионов в реальном времени;
- кластер радиомониторинга состояния ионосферы;
- кластер мониторинга и уточнения параметров гравитационного поля Земли.

*Система имеет двойное назначение, обладает совокупностью свойств, какой не имеет ни одна из существующих космических информационных систем.*

*В организационном плане показаны этапы проекта и оценка их стоимости. Общие затраты проекта «ПАРАДИГМА», согласно оценке, составляют около 64 млрд. руб. (в ценах 2017 г.) при сроке создания 5-6 лет.*

#### **Введение**

Задача развития национальной цифровой экономики (ЦЭ), поставленная Президентом РФ Путиным В.В. 1 декабря 2016 года в рамках послания Федеральному собранию и конкретизированная Правительством в Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» (Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г.) [2], подразделяется на уровни (подзадачи):

- 1) *экономический;*
- 2) *технологический.*

Второй уровень – *цифровые* технологии и платформы – является базовым для первого уровня и предназначен для анализа больших массивов данных, методического и технологического обеспечения экономического мониторинга и прогнозирования, подготовки принятия решений. Ключевое значение, в связи с этим, приобретают инфраструктурные задачи и наиболее значимая из них – задача создания глобального единого информационного пространства, включающего в себя воздушный и космический эшелоны [3]. Это создаёт базовые основы для реализации глобального киберпространства [1].

Правильно организуемая инфраструктура сбора и обработки больших массивов данных в этих отраслях создаёт наиболее благоприятные условия для решения *ключевых задач управления и организации эффективного функционирования ведомств* в модели цифровой экономики.

В настоящее время в ряде ведущих зарубежных стран реализуется обширный комплекс целевых программ, направленных на качественное переоснащение космических информационных систем в соответствии с требованиями, определяемыми концепциями развития в XXI веке.

При этом значительное внимание уделяется составляющей, которая обеспечивает требуемые глобальность, непрерывность, оперативность решения задач информационного обеспечения.

Анализ современного состояния существующих космических информационных систем, как отечественных, так и зарубежных, показывает, что, в основном, они являются системами узкоспециализированными, ориентированными на выполнение ограниченного ряда функций: связь, мониторинг, навигация и т.д. Примеры взаимодействия систем или построения многофункциональных систем, такие как использование спутников-ретрансляторов для управления КА (космическим аппаратом) и передачи специальной информации, крайне редки, что лишь подтверждает вывод об узкой специализации систем. Однако современному потребителю информации требуется комплексная информационная система, предоставляющая целый спектр информационных услуг по принципу Интернета. В связи с этим разработка таких многофункциональных космических систем, которой является глобальная космическая информационная система (ГКИС), представляется, несомненно, актуальной. По словам одного из бывших высокопоставленных сотрудников МО США (Министерство обороны США), «пока бюджет покрывает потребности США в космических системах, приоритеты ВВС меняться не будут». Также, до полного завершения будут финансироваться исследования в области создания будущих космических архитектур военного назначения. Одним из наиболее важных проектов считается переход от создания и запусков серии весьма дорогостоящих КА к запуску целых сетей «дезагрегированных» малоразмерных орбитальных систем. Считается, что это позволит снизить стоимость системы и одновременно повысить её устойчивость, поскольку в любой момент КА стоимостью 1,5 млрд. долл. может отказать, повредиться фрагментом космического мусора. По оценке упомянутого специалиста ВВС США, в настоящее время проведение работ в области «дезагрегированных» космических систем является устойчивой тенденцией.

В это же время в России ГК «Роскосмос» совместно с АО «РКС» планирует создать аналог проекта компании «OneWeb» – глобальную спутниковую сеть за 299 млрд. руб. до 2020 г. [4]. При этом в программе «Цифровая экономика России» данный проект номинируется как самый дорогой проект в направлении «Информационная инфраструктура». Представленная в данной статье новая парадигма развития космических систем с существенно более широким функционалом обойдётся налогоплательщикам в пять раз дешевле, как будет показано в разделе «Оценка стоимости проекта». Результаты работы авторов статьи оформлены также в виде заявки на изобретение № 2018116185 (приоритет от 28.04.2018 г.) «Способ создания глобальной информационной среды в околоземном пространстве и многофункциональная космическая информационная система «Парадигма» на базе сети низкоорбитальных космических аппаратов для его осуществления» [5].

#### **Цель создания системы**

Цель создания системы заключается в обеспечении следующих основных показателей космических информационных систем мониторинга и связи:

- глобальность покрытия территорий и акваторий Земного шара;
- непрерывность действия над любой точкой поверхности Земли;
- высокая оперативность глобальной передачи данных и доведения результатов глобального космического мониторинга (задержка – десятки секунд);
- высокая живучесть;
- возможность двойного применения системы.

#### **Актуальность создания системы**

Необходимость создания системы объясняется основными ограничениями возможностей существующих космических информационных систем:

1. В части систем передачи данных:
  - существующие системы на основе геостационарных спутников имеют «мёртвые» зоны в районе Арктики и Антарктики, что недопустимо в современных условиях;
  - существующая система «ГОНЕЦ» принципиально не может обеспечить высокую оперативность и информативность, поскольку из удалённых районов Земли она способна передать информацию с задержкой от десятков минут до нескольких часов.
2. В части систем космического мониторинга:
  - разрешение на местности современных оптико-электронных систем наблюдения из космоса пропорционально диаметру объектива бортового телескопа. Такая оптическая система, как минимум, имеет вес от трёх до пяти тонн. Космические аппараты, оснащённые такой системой, выдают снимки высокого качества. Но по экономическим причинам такие КА запускаются обычно в совсем небольшом количестве (один-два), а поэтому число снимков заданной поверхности в сутки совсем невелико. Кроме того, распознавание целей ведётся по так называемым топологическим признакам, а это требует особых

методов и средств и, как правило, больших затрат времени (до нескольких часов), что в современных условиях неприемлемо;

- дальнейшее увеличение разрешающей способности систем космического радиотехнического мониторинга проблематично, поскольку бортовые приёмники надо пространственно разносить как можно дальше, однако, предельный их разнос ограничивается конструктивными особенностями космического аппарата (не более 10-15 м);

- системы космического радиолокационного мониторинга, основанные на так называемом принципе монолокации, имеют много положительных качеств. Однако для реализации этого принципа требуется большая мощность системы бортового электропитания и, как следствие, значительный вес бортового оборудования. Кроме того, такая система даёт лишь один ракурс наблюдения.

Актуальность создания системы возрастает в связи с решением задач освоения Российской Арктики и по мере создания инфраструктуры главной судоходной магистрали России в Арктике – Северного морского пути. Это предполагает создание единого информационного центра и централизованной поисково-спасательной службы быстрого реагирования.

### Сущность новой Парадигмы создания глобальной космической информационной системы (ГКИС)

Сущность новой парадигмы создания ГКИС состоит в том, что в многоспутниковой информационной системе установлена взаимная радиосвязь между всеми соседними низкоорбитальными малыми космическими аппаратами (МКА), которые создают сеть. При этом каждый МКА связан с МКА-соседом по каналу миллиметрового диапазона и передаёт (или ретранслирует) через него свою информацию (Рисунок 1). При высоте орбиты спутников около 800 км каждый МКА «видит» не менее 3-4 МКА-соседей. Каждый спутник связан с Землёй по каналу Земля-космос [6,7].

При этом решается основная задача – создание глобальной транспортной системы передачи информации между любыми наземными и космическими потребителями. Если это достигнуто, то любую информацию с любого МКА можно передать в любую точку Земли: во-первых, сигналы управления, во-вторых, любую информацию либо с бортовой аппаратуры ДЗЗ (дистанционного зондирования земли), либо с борта соседних специальных МКА-ДЗЗ. Причём, в силу постоянного присутствия одного-трёх МКА в зоне видимости потребителя, информация передаётся в реальном времени, т.е. без задержки из любой точки Земли.

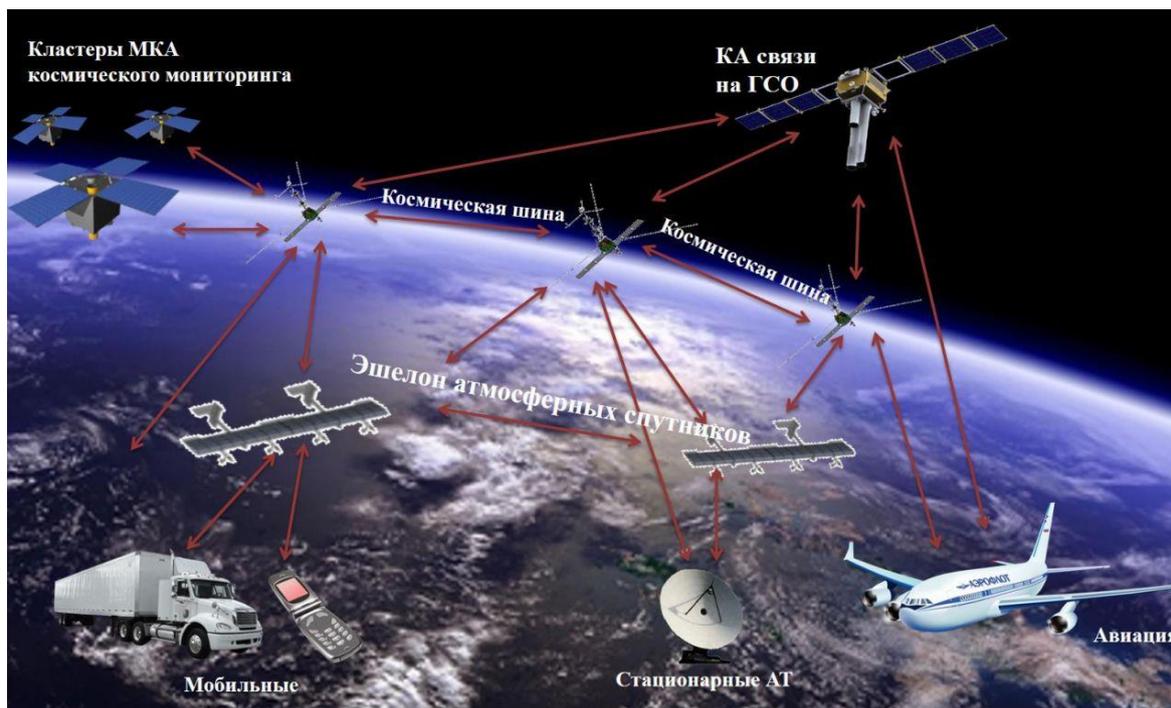


Рисунок 1. Принципы организации каналов связи в системе «КОСМОСЕТЬ»

### Состав ГКИС «ПАРАДИГМА» и назначение основных элементов

В состав информационной системы входят (Рисунок 2):

- космический эшелон информационных кластеров МКА;
- воздушный эшелон информационных кластеров атмосферных спутников (АС);
- наземный Центр приёма и анализа поступающей информации;
- сегмент персональной аппаратуры наземных потребителей;

- наземный сегмент управления космическими и атмосферными спутниками.

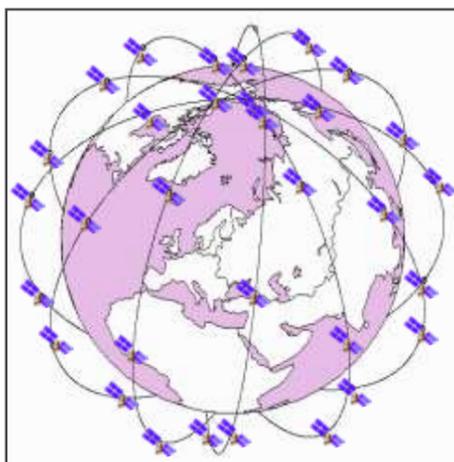


**Рисунок 2. Состав кластеров глобальной космической информационной системы «ПАРАДИГМА»**  
**Космический эшелон системы**

Космический эшелон включает:

Космический низкоорбитальный кластер глобальной передачи данных в реальном масштабе времени (транспортный космический информационный кластер) «Космосеть» (Рисунок 3).

### СТРУКТУРА МНОГОСПУТНИКОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ «КОСМОСЕТЬ»



**Базовые технологии:**

- Сетевые информационные технологии
- Кластерная структура космических объектов
- SDR-технологии (программно определяемое радио)
- Лазерные магистральные межспутниковые каналы передачи данных

Количество спутников: 72=9x8

Основное свойство: многосвязность (каждый МКА связан с каждым соседом)

Орбита КИУ круговая:

высота – 1400 км  
 наклонение – 82,5°

Режимы работы системы:

- по протоколам IP-телефонии и Internet со скоростями от 1 Мбит/с;
- с обеспечением транспорта данных по космическому сегменту и его взаимодействием с наземным сегментом сети со скоростью не менее 180 Мбит/с

система обеспечивает:

- глобальный транспорт данных и телефонную связь между любыми точками поверхности Земли, воздушного и околоземного космического пространства в режиме реального времени;
- масштабируемость (простота подключения) и гибкость (простота изменения протоколов) относительно систем пользователей.

**Рисунок 3. Основной замысел создания системы «Космосеть»**

Проект прошёл Государственную экспертизу в рабочей группе №6 «Космос и телекоммуникации» и одобрен Федеральным космическим агентством России на научно-техническом совете от 18 ноября 2010 года по результатам выполнения научно-технического обоснования создания глобальной космической низкоорбитальной информационной системы в рамках НИР «Космонет» в 2010 г. под руководством Галькевича А.И. [6,7,8]. В этих работах показано, что:

1. Для реализации «КОСМОСЕТИ» необходимо решение следующих научно-технических задач:

1.1. Исследование, обоснование и разработка базовых технологий, обеспечивающих возможность организации через единую глобальную защищённую телекоммуникационную среду «КОСМОСЕТЬ» различных видов сетевых сервисов по передаче данных между любыми точками земной и водной поверхностей, воздушного и околоземного космического пространства в реальном масштабе времени.

1.2. Разработка системы адресации в сети «КОСМОСЕТЬ», обеспечивающей однозначную идентификацию устройств, служб и приложений в любом их местоположении.

1.3. Разработка протоколов динамической маршрутизации и ретрансляции пакетов данных на борту космических аппаратов и др.

2. Кластер МКА многопозиционной бистатической радиолокации подстилающей поверхности Земли «РАДИОЛОКАТОР», при которой один из КА кластера облучает цель, а остальные принимают отражённые радиосигналы и строят многокурсное (по количеству КА-приёмников) изображение цели, что очень важно для её распознавания и вскрытия замаскированных объектов (Рисунок 4).

Кроме того, такая технология позволяет определить высоту рельефа, что важно при решении проблем геодезии и картографии. Эта идея была разработана Фатеевым В.Ф. с учениками в ВКА им. А.Ф. Можайского [9,10]. В кластере спутников получается не одно, а сразу несколько радиоизображений, что исключает возможность помех и открывает возможность вскрытия замаскированных целей. В «МАК "Вымпел"» Фатеев В.Ф. с коллективом молодых учёных провёл эксперимент по радиоподсвету цели с помощью космических аппаратов системы ГЛОНАСС [11,16]. В эксперименте получен отражённый от цели сигнал на борту самолёта и синтезированы семь радиоизображений наблюдаемой цели с подсветом сразу от семи спутников.

Судя по публикациям в иностранной печати, эта идея активно развивается за рубежом, причём строятся и авиационные, и космические бистатические радиолокаторы, например [12-14,18-20].

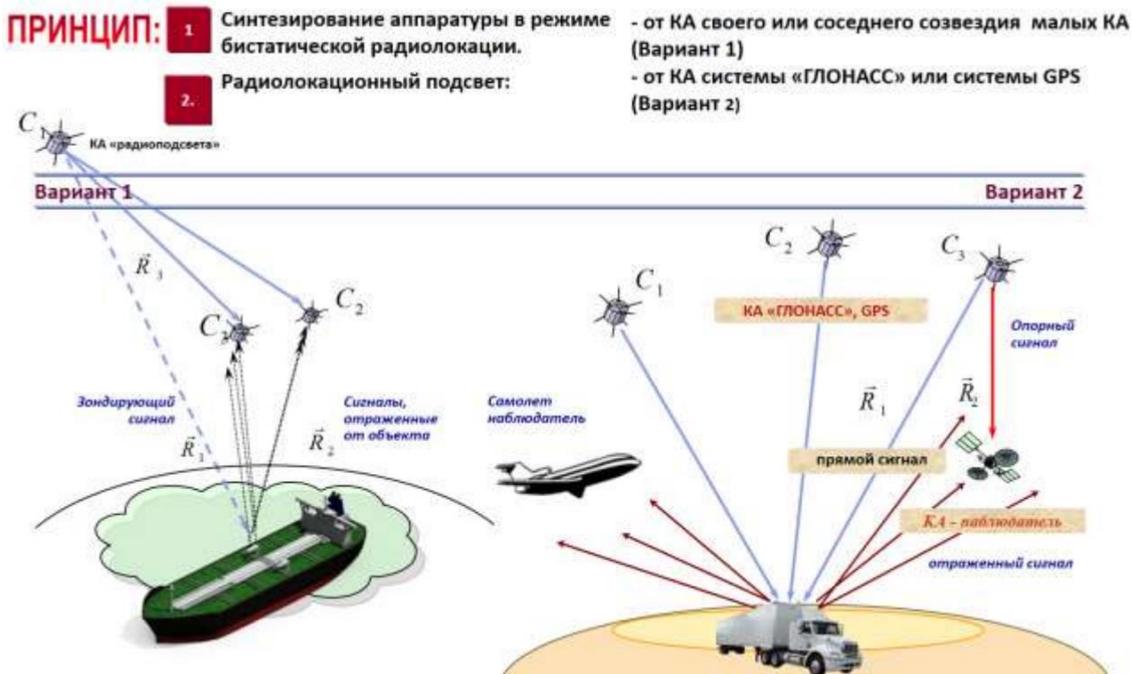


Рисунок 4. Кластер МКА бистатического радиолокационного мониторинга «РАДИОЛОКАТОР»

3. Кластер МКА многокурсной панхроматической и гиперспектральной оптической съёмки местности с возможностью распознавания целей практически в реальном времени «РАДИОЛОКАТОР», что очень важно для освещения подспутникового пространства и недоступно классическим системам оптического наблюдения (Рисунок 5). В этой системе мониторинга бортовым телескопом минимального диаметра накрывается цель и получается снимок с невысоким разрешением. Но если к этому добавить многоспектральный портрет цели, снимаемый с помощью бортового малогабаритного видеоспектрометра,

то с помощью бортовой ЭВМ возможно получить высококачественное изображение цели практически в реальном масштабе времени. Такая система мониторинга без большого телескопа получается достаточно компактной. Скорость обработки сигнала современными методами достаточно высока [3, 4]. Первая статья по обоснованию такого принципа мониторинга опубликована Фатеевым В.Ф. с учениками в 2001 году [15]. В США на этом принципе уже создан КА информационной поддержки «TACSAT».

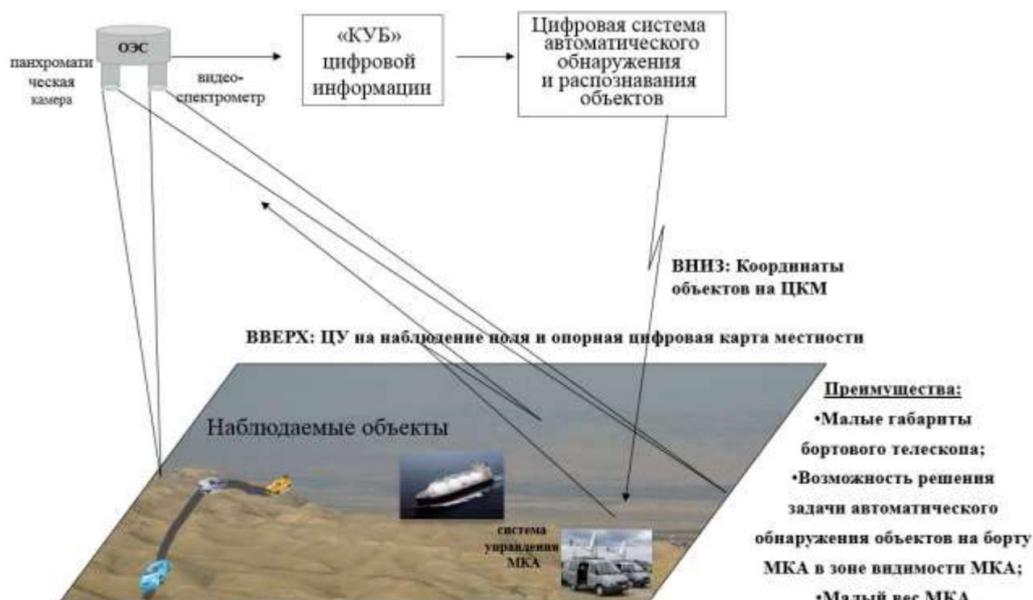


Рисунок 5. Принцип применения многоспектрального МКА оперативного оптического мониторинга «ОПТИКА»

4. Кластер МКА «РАДИО» многопозиционного оперативного радиотехнического мониторинга (радиопеленгации) постилающей поверхности, воздушного пространства и космоса с выработкой целеуказаний в виде высокоточных координат обнаруженных целей практически в реальном времени (Рисунок 6). Космический аппарат с навигационной аппаратурой потребителя на борту всегда имеет свои собственные координаты и может быть носителем аппаратуры радиотехнического мониторинга. При расстоянии между спутниками – носителями такой аппаратуры – в 10-50 км разрешающая способность космической системы радиотехнического мониторинга возрастает в сотни раз. В ВКА им. А.Ф. Можайского рассчитали параметры такого спутника. Он весит не более 100 кг. Система из 3-4 таких МКА сможет обеспечить дуплексную связь, мониторинг транспортных средств, территории, атмосферы. Точность определения координат – единицы метров [9].

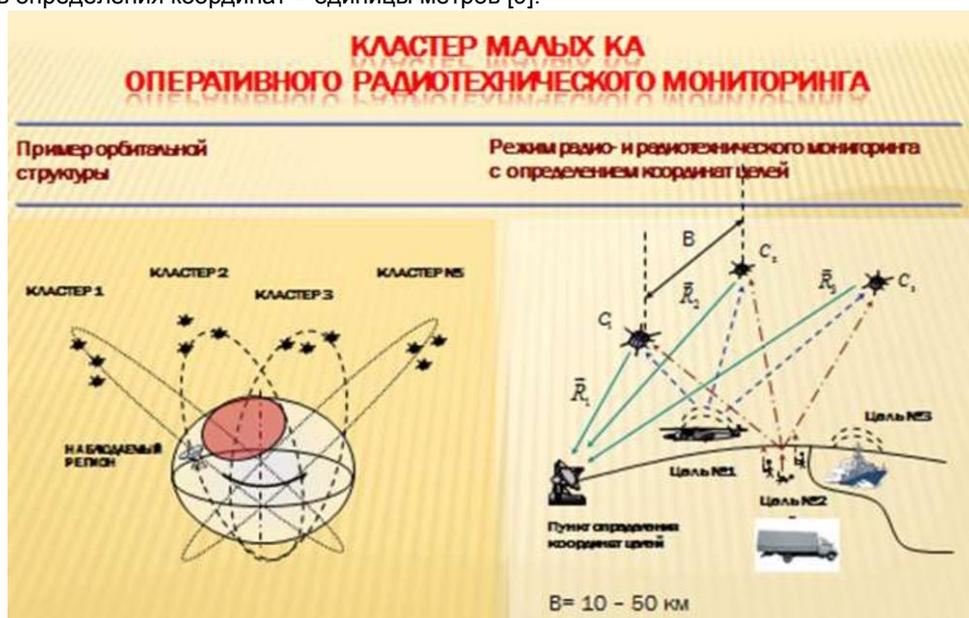


Рисунок 6. Пример кластера КА радиотехнического мониторинга «РАДИО»

5. Кластер КА радиомониторинга состояния ионосферы «ИОНОСФЕРА» (Рисунок 7) с помощью бортовой двухчастотной приемной аппаратуры ГНСС (глобальной навигационной спутниковой системы) ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, расположенной на борту КА мониторинга, определяет текущие изменения полной электронной концентрации в ионосфере во всей полусфере в направлении на навигационные спутники [16]. Эти текущие данные служат основой для решения многих практических задач, в том числе, для уточнения глобальной модели ионосферы.

6. Работа кластера КА мониторинга и уточнения параметров гравитационного поля Земли (ГПЗ) «ГРАВИКА» (Рисунок 8) основана на использовании межспутниковых каналов связи двух соседних спутников в мм-диапазоне для измерения параметров их относительного движения. В этих параметрах (взаимная дальность, скорость, ускорение) содержится информация о параметрах ГПЗ (потенциал и его градиенты). Погрешность измерения взаимной скорости соседних спутников в мм-диапазоне не должна превышать единиц мм в секунду, что уже реализовано в практических системах. Другая возможность решения этой задачи основана на независимых измерениях текущей скорости КА с помощью бортовой навигационной аппаратуры (НАП) ГНСС типа ГЛОНАСС [16,17].

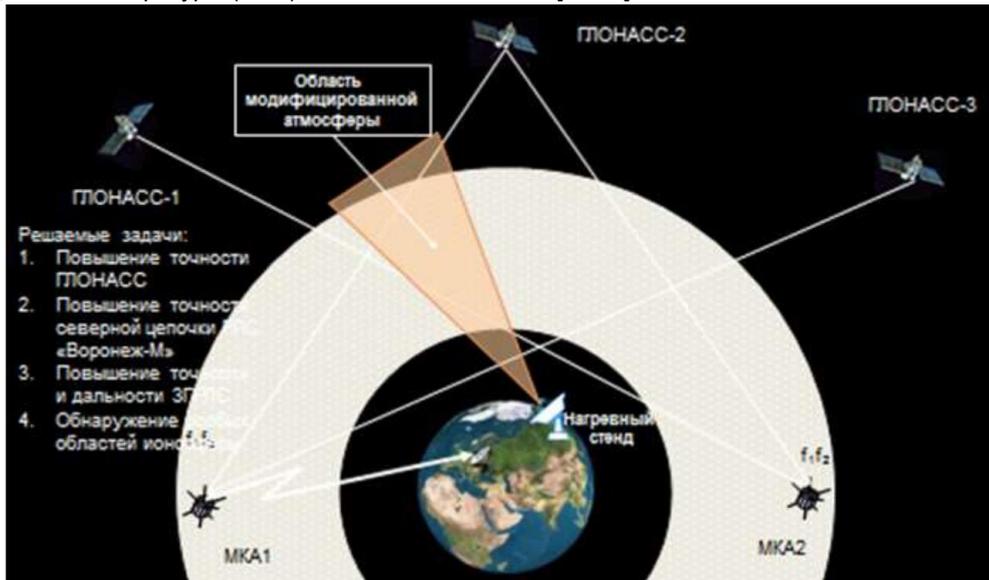


Рисунок 7. Кластер КА ионосферного мониторинга «ИОНОСФЕРА» на основе бортовых многочастотных приёмников ГНСС

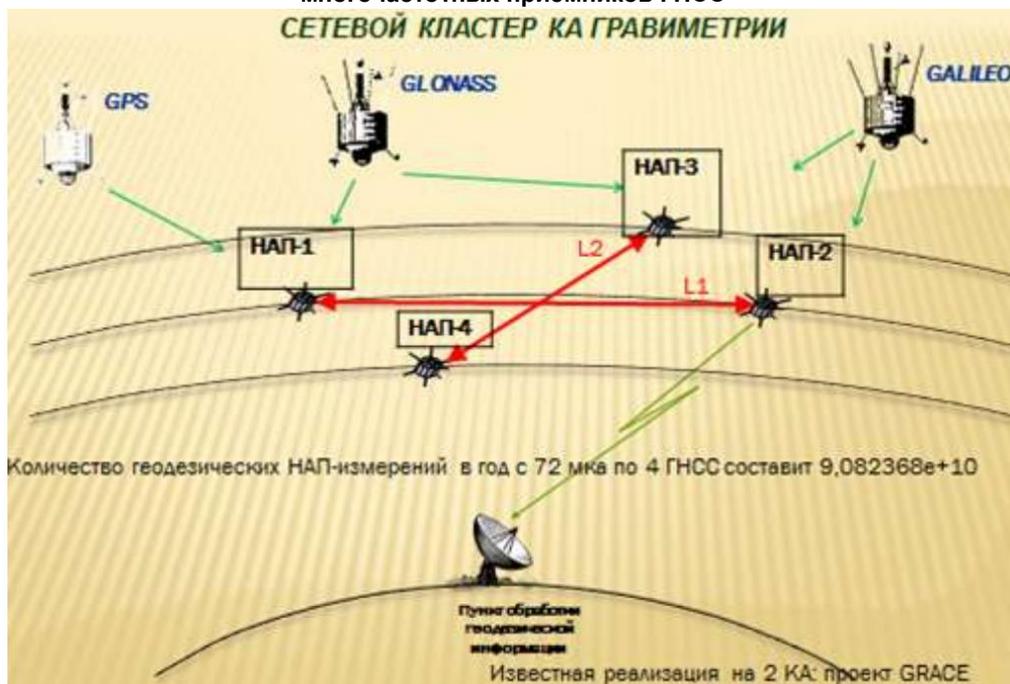


Рисунок 8. Кластер мониторинга параметров ГПЗ «ГРАВИКА» на основе межспутниковых радиолиний и бортовой навигационной аппаратуры ГНСС

### Воздушный эшелон системы «ДРОН»

Воздушный эшелон реализуется с помощью атмосферных спутников, которые могут совершать беспосадочный полет в стратосфере в течение 4-5 лет. В этом эшелоне реализуются перечисленные выше информационные кластеры: видového многоспектрального мониторинга подстилающей поверхности, радиотехнического мониторинга, а также бистатического радиолокационного мониторинга. Передача информации ведётся через МКА системы «Космосеть» и объекты наземной инфраструктуры.

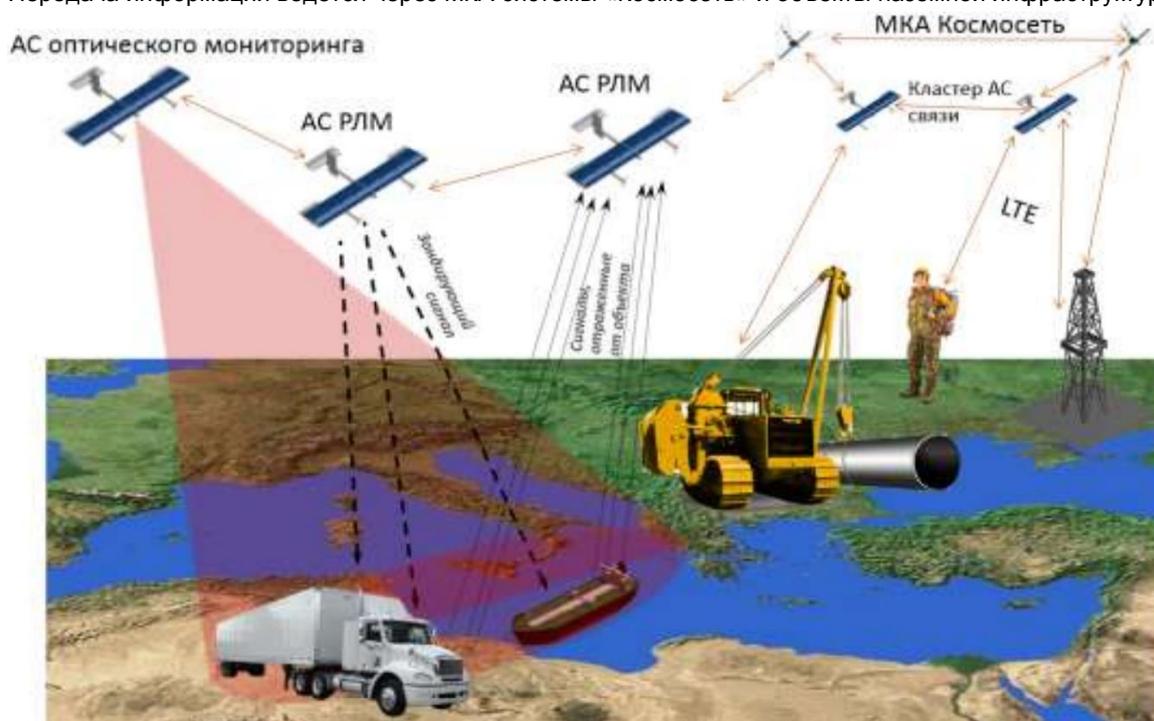


Рисунок 9. Кластер атмосферных спутников мониторинга и связи «ДРОН»

### Оценка важности решаемых в проекте задач цифровой экономики страны до 2030 года за счёт достижения результатов проекта

Создание глобальной космической информационной системы «ПАРАДИГМА» на базе многофункциональных кластеров распределённых малых космических аппаратов, объединённых в едином информационном поле «космической шины», позволит реализовать универсальную космическую телекоммуникационную среду, способную передавать в реальном масштабе времени различные виды данных с заданным качеством как между космическими аппаратами, так и между любыми наземными, надводными и воздушными объектами через космические аппараты системы. Это открывает совершенно новые возможности, недоступные в рамках применяемых в настоящее время космических технологий при решении важнейших задач в следующих стратегически важных направлениях развития экономики Российской Федерации:

1. Укрепление национальной безопасности и обороноспособности.
2. Освоение и развитие северных территорий и акваторий.
3. Повышение эффективности системы государственного управления.
4. Контроль земной, водной поверхностей, воздушного пространства.
5. Мониторинг погоды и природных явлений.
6. Сопровождение наземных, воздушных и морских транспортных средств, а также развитие службы их спасения;
7. Проведение научных исследований земной и водной поверхностей, воздушного и околоземного космического пространства.
8. Решение задач социально-экономического развития.

### Современное состояние исследований по данному направлению

Понятие «информационная инфраструктура» ЦЭ охватывает все аспекты создания и развития организационно-технической структуры системы передачи данных по программе ЦЭ РФ [2,13], включающей совокупность взаимосвязанных распределённых вычислительных систем коллективного пользования и локальных вычислительных сетей, средств и систем связи, баз данных, программного обеспечения (ПО), систем компьютерной безопасности, средств обучения операторов и технического состава, а также других элементов, предназначенных для централизованного удовлетворения всех

информационно-технических потребностей систем управления экономикой и повседневной деятельности органов административного управления (Рисунок 10).

Предложенные концепции предусматривают объединение локальных, территориальных сетей различного масштаба и глобальных сетей, с охватом системами и средствами передачи информации наземного, морского и воздушного пространств. Предусматривается широкое использование коммерческих стандартов и технологий, позволяющих интегрировать в информационную инфраструктуру различные способы передачи информации (проводные, волоконно-оптические, спутниковые системы связи).

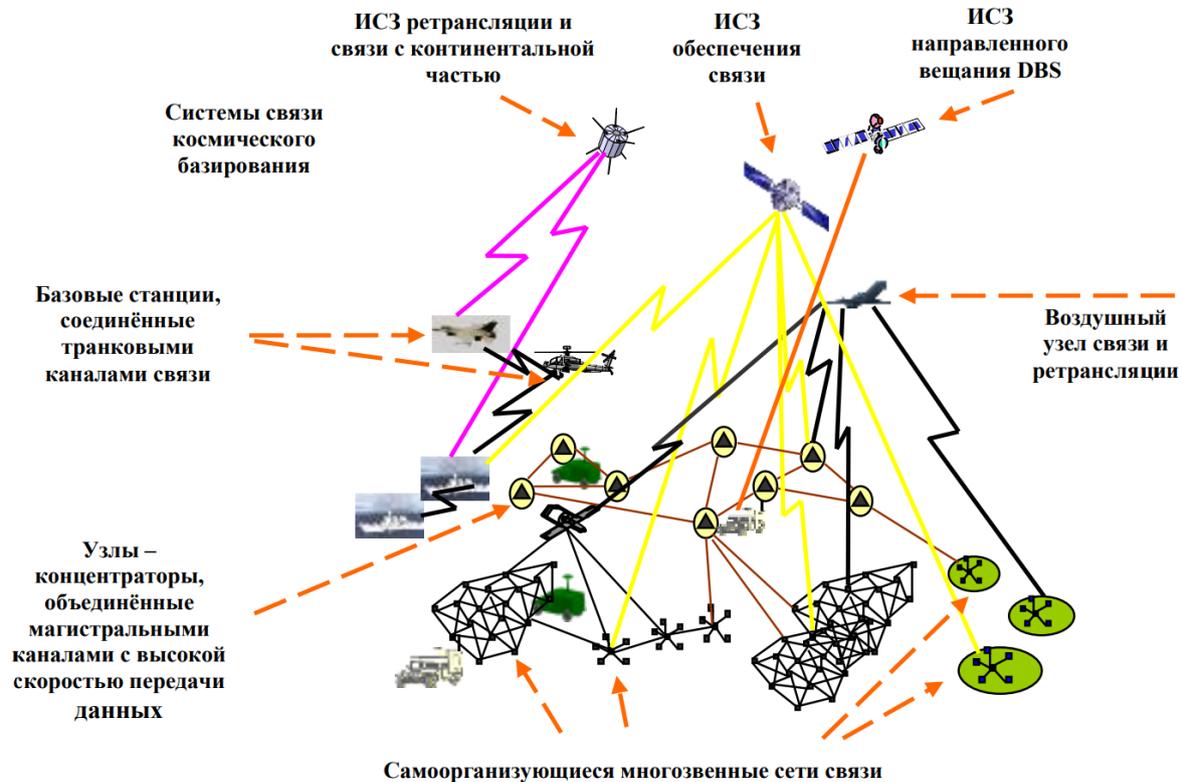


Рисунок 10. «Глобальное информационное поле»

Архитектура глобального информационного поля должна включать шесть взаимосвязанных компонент. Пять из них образуют иерархическую структуру: техническую основу, системы связи, вычислительные ресурсы, глобальные прикладные задачи, системы искусственного интеллекта (ИИ). Шестой компонент, сетевые функции, охватывает все другие компоненты.

Предложенные концепции предусматривают объединение локальных, территориальных сетей различного масштаба и глобальных сетей с охватом системами и средствами передачи информации наземного, морского и воздушного пространств. Предусматривается широкое использование коммерческих стандартов и технологий, позволяющих интегрировать в информационную инфраструктуру различные способы передачи информации (проводные, волоконно-оптические, спутниковые системы связи).

В Российской Федерации основные усилия информационного обеспечения деятельности ФОИВ заключаются в формировании единого Российского информационного поля (ЕРИП) как основы повышения эффективности формирования центров обработки данных (ЦОД) [2,13].

ЕРИП представляет собой систему территориально распределённых баз данных, объединяющих специализированную, топогеодезическую, гидрометеорологическую, радиоэлектронную, фоноцелевую и другую необходимую информацию, привязанную к цифровой картографической основе.

Формирование ЕРИП предлагается осуществлять на основе внедрения ряда перспективных информационных технологий в работу ЦОДов органов всех уровней, включая в том числе:

- комплексирование данных, полученных от различных источников информации – в первую очередь снимков космического и воздушного мониторинга, а также электронных топографических карт на основе геоинформационных систем (ГИС);
- создание и ведение интегрированных банков данных информации ДЗЗ;
- создание трёхмерных математических моделей местности и объектов на основе космических, авиационных и других снимков.

Информационное превосходство в банковской сфере, на транспорте, в строительной отрасли, сельском хозяйстве, лесопользовании, реагировании на чрезвычайные ситуации является столь же актуальным при решении задач функционирования. Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время в ведущих государствах мира сформировалось понимание актуальности создания комплексных систем, объединяющих средства получения, передачи и обработки информации, позволяющих формировать, поддерживать, обновлять и обеспечивать целостность единого информационного пространства.

Отдельные элементы такой системы можно увидеть в современной сети Интернет, которая представляется прообразом наземного варианта единой информационной системы. Тем не менее, очевидно, что современный Интернет пока такой единой информационной системой не является, поскольку не удовлетворяет ряду требований, которые может предъявить потребитель.

Таким образом, современные КС в их настоящем виде даже после механического суммирования их возможностей не позволяют технически сформировать единое информационное пространство, то есть реализовать магистральную тенденцию развития информационного обеспечения. Это ставит на повестку дня проблему создания Глобальной космической информационной системы (ГКИС), объединяющей средства получения, передачи и обработки информации, позволяющей формировать, поддерживать, обновлять и обеспечивать целостность единого информационного пространства.

### **Существующие принципы и технологии, лежащие в основе проекта**

В основе проекта лежат следующие существующие технологии.

*Технологии создания МКА:*

1. Модульный принцип построения МКА.
2. Технологии миниатюризации бортовых систем КА на основе микроэлектроники и микромеханики, а также новых материалов.
3. Создание интегрированных цифровых систем навигации, передачи данных и обработки информации.
4. Использование энергосберегающих гравитационных систем стабилизации КА и т.д.

*Инфотелекоммуникационные технологии:*

1. Технологии и принципы построения открытых систем – модель OSI с промышленной реализацией стандарта стека протоколов для глобальных сетей (TCP/IP).
2. Технологии построения распределённых систем на базе виртуализации сетевых и вычислительных ресурсов.
3. Технологии построения интеллектуальных систем управления на базе гомеостатических принципов.
4. Технологии системы информационного обмена, устойчивой к задержкам (протокол дальней космической связи DTN).
5. Использование технологий сантиметрового и миллиметрового диапазонов радиоволн.
6. Использование малогабаритных АФАР.

*Технологии, реализующие интегральный целевой эффект ГКИС «ПАРАДИГМА»:*

1 Многопозиционная бистатическая радиолокация подстилающей поверхности Земли, при которой один из КА кластера облучает цель, а остальные принимают отражённые радиосигналы и строят многокурсное (по количеству КА-приёмников) изображение цели, что очень важно для её распознавания и вскрытия замаскированных объектов. Кроме того, такая технология позволяет определить высоту рельефа, что важно при решении проблем геодезии и картографии [9 - стр. 101], [10,11].

2 Многокурсовая панхроматическая и гиперспектральная оптическая съёмка местности с возможностью распознавания целей практически в реальном времени, что очень важно для оперативного мониторинга и недоступно классическим системам оптического наблюдения [9 - стр. 143].

3 Многопозиционный радиотехнический мониторинг подстилающей поверхности с выработкой целеуказаний в виде высокоточных координат обнаруженных целей практически в реальном времени [9 - стр. 123].

4 Космическая информационная шина, организованная на принципах интернет-технологий для передачи информации в реальном времени от любого глобально удалённого КА-наблюдателя всех информационных кластеров, в том числе, по запросу индивидуального абонента (система «КОСМОСЕТЬ») [6,7,8].

5 Технология прецизионных измерений геодезических координат и параметров орбит объектов с миллиметровой точностью (10-4 угл. сек.) на основе кластера МКА [19].

### **Предлагаемые к разработке перспективные проекты информационных систем на основе кластеров МКА**

1. Глобальная система оперативного комплексного непрерывного космического мониторинга и передачи данных на основе кластеров малых космических аппаратов в интересах наземных, морских и воздушных потребителей.

2. Многоспутниковая авиационно-космическая система информационного освещения Северных территорий и акваторий Российской Федерации.

3. Космический эшелон информационных средств Воздушно-космической обороны РФ на основе новых технологий [20-22].

Все предлагаемые системы имеют двойное назначение и включают ряд взаимосвязанных систем низшего уровня, которые могут быть реализованы как самостоятельные отдельные системы. К ним, в частности, относятся:

4. Сеть МКА для наблюдения космических объектов, предназначенная для контроля космического пространства в интересах национальной обороны [21], а также для контроля космического «мусора» и обеспечения астероидной безопасности.

5. Сеть МКА для оперативного обнаружения пожаров.

6. Система мониторинга транспортных объектов на основе малых космических аппаратов, предназначенная для персональной связи и сопровождения транспорта и грузов в Северных широтах.

7. Глобальная телекоммуникационная сеть МКА «КОСМОСЕТЬ», построенная на базе маршрутизаторов и всех межспутниковых каналов, образующих космическую информационную шину на принципах интернет-протоколов.

### **Преимущества систем**

Преимущества систем, построенных на основе предлагаемой парадигмы:

- универсальность и способность спутников системы решать несколько задач одновременно (например, оптическое и радиолокационное наблюдение, радиомониторинг, обеспечение глобальной передачи информации и др.). Спутники классических систем решают лишь одну задачу;

- высокая оперативность: информация наблюдения передаётся из любой точки Земного шара в Центр в реальном времени (без задержки) по своим собственным межспутниковым каналам. В классических системах решается ограниченное количество задач с передачей информации либо в зоне видимости Центра (т.е. с задержкой), либо через специальные геостационарные ретрансляторы, что существенно увеличивает стоимость системы;

- более высокая устойчивость системы в силу её универсальности и многосвязности (каждый спутник связан со всеми соседями). В классических системах выход из строя, например, геостационарного ретранслятора, лишает систему свойства оперативности;

- более короткие сроки проектирования и изготовления первой очереди системы, что свойственно многоспутниковым системам, создаваемым на технологиях малых и сверхмалых КА (не более 4-5 лет).

В силу отмеченных преимуществ предлагаемые системы имеют показатель эффективность/стоимость, как минимум, в 4-5 раз выше, чем у классических. Например, затраты на создаваемую в рамках ФКП систему мониторинга Земли квазиреального времени на основе традиционных систем ДЗЗ составляют около 263 млрд. руб. при сроках создания 11 лет (2015- 2025 гг.).

АО «РКС» и ГК «Роскосмос» представленную в Правительство РФ систему ГМИСС оценили в 299 млрд. рублей при весьма сомнительном целевом эффекте и окупаемости системы.

Затраты на создание Глобальной информационной системы оцениваются в объёме 64,3 млрд. руб. (в 4,6 раз меньше) при сроках создания первой очереди 5-6 лет и одновременном повышении информативности и эффективности.

### **Направления гражданского (двойного) применения системы**

К основным направлениям гражданского (двойного) применения системы относятся:

- глобальная оперативная связь с абонентами, в том числе, находящимися, в Арктическом регионе;
- глобальное сопровождение транспорта и опасных грузов, в том числе, по Северному морскому пути;
- контроль погоды и экологический контроль;
- контроль за изменениями климата;
- контроль засорённости космического пространства;
- контроль пожароопасной обстановки и т.д.

Но самое интересное гражданское применение, которое может коснуться каждого гражданина России – это возможность реализации идеи «Космического интернета». Некоторые страны уже обсуждают эту возможность и строят свои проекты (например, система OneWeb). Предлагаемая реализация идеи «Космического интернета» на основе системы «КОСМОСЕТЬ» выдвинет Россию в число самых передовых информационно развитых стран.

### **Организационный план и оценка стоимости реализации проекта**

#### Этапы проекта

Первый этап – 18 мес. (2018-2020 гг.):

1.1. Разработка ТЗ на эскизное проектирование системы и системного проекта – 2 мес.;

1.2. Эскизное проектирование системы и её подсистем – 16 мес.;

Второй этап - 36 мес. (2018-2019 гг.):

- 1.3. Изготовление лётных образцов кластеров подсистем «ПАРАДИГМА» и наземных систем – 24 мес.;  
 1.4. Запуск и лётные испытания кластеров космических подсистем «ПАРАДИГМА» – 12 мес.  
 (Рисунок 11).



Продолжительность реализации проекта «ПАРАДИГМА» - 6 лет (2018 – 2023 гг.).  
 Общие затраты проекта «ПАРАДИГМА» оцениваются в 64 314,9 млн. руб. (в ценах 2017 г.).

**Реализация подобного проекта на основе группировок КА традиционного исполнения (66 КА серий: Гонец, Луч, Ресурс, Каноус, Обзор, Кондор, Лидер), по предварительной оценке, потребует до 5 раза больше финансовых вложений и займет более 10 лет.**

**Рисунок 11. Организационный план**

### Оценка стоимости проекта

Для расчёта стоимости создания (опытно-конструкторские работы и изготовление) космических аппаратов используется отраслевая методика определения стоимости создания автоматических космических аппаратов из методических рекомендаций по определению начальной цены государственного контракта при размещении ГОЗ (Государственного оборонного заказа) [18].

Под затратами на ОКР понимаются расходы в денежном выражении на выполнение всех мероприятий и работ, начиная с разработки технических предложений и заканчивая лётными испытаниями, включая этапы (в соответствии с Положением РК-13 КТ): аванпроект (техническое предложение, ТП); эскизный проект (ЭП); разработка рабочей документации на опытные изделия комплекса и макеты; изготовление макетов и опытных изделий комплекса, автономные испытания и корректировка рабочей документации; изготовление опытных изделий комплекса, комплексные и межведомственные испытания и корректировка рабочей документации; лётные испытания (ЛИ); подготовка документации на изделия серийного производства.

В затратах на проведение ОКР не учитываются капитальные вложения на развитие (создание) научно-исследовательской, проектно-конструкторской, испытательной и производственной базы.

Для определения стоимости ОКР в целом и изготовления КА для проведения лётных испытаний используется укрупнённый метод расчёта затрат по базовым техническим характеристикам изделий.

Стоимость опытно-конструкторских работ по созданию спутника рассчитывается по формуле:  
 $C_{окр} = K_n \cdot C_{оп} \cdot N_{пр} + C_{ли}$ ,

где  $C_{окр}$  – затраты на ОКР по созданию КА (руб.);

$K_n$  – коэффициент новизны, учитывающий снижение затрат за счёт преемственности конструктивных элементов и бортовых систем КА ( $K_n = 1$ );

$C_{оп}$  – стоимость изготовления опытного образца КА (руб.);

$C_{ли}$  – затраты на проведение летных испытаний (руб.);

$N_{пр}$  – приведенное количество опытных образцов КА, необходимых для разработки ТП, ЭП, рабочей конструкторской документации, проведения наземной экспериментальной отработки, разработки (доработки) основных систем КА и приемо-сдаточных испытаний.

Стоимость изготовления опытных образцов КА определяется по формуле:  $C_{оп} = K_{кт} \cdot C_{уд}^A \cdot M_{ка}$ ,

где  $C_{уд}^A$  – удельная стоимость КА-аналога (руб. / т);

$K_{кт}$  – коэффициент, учитывающий конструктивно-технологические особенности производства КА, а также затраты на сборку изделия, изготовление запасных частей и принадлежностей (ЗИП) и контрольно-проверочные испытания ( $K_{кт}=1,05$ );

$M_{ка}$  – «сухая» масса КА (т).

Затраты на проведение лётных испытаний включают стоимость материальной части и затраты, связанные с выводением на орбиту одного или группы КА, и определяются по формуле:

$C_{ли} = C_n \cdot N_{ли} + C_{оз}$ ,

где  $C_{\Pi}$  – стоимость одного пуска КА (руб.);

$N_{ли}$  – количество пусков на стадии летных испытаний (шт.);

$C_{оэ}$  – стоимость опытной эксплуатации, осуществляемой до сдачи объекта в штатную эксплуатацию (руб.).

Стоимость опытной эксплуатации КА определяется по формуле:  $C_{оэ} = t_{оэ} \cdot \overline{C_{оэ}}$ ,

где  $t_{оэ}$  – время опытной эксплуатации (2 года);

$\overline{C_{оэ}}$  – удельная стоимость опытной эксплуатации КА (6 млн. руб./год).

Стоимость одного пуска КА определяется по формуле:

$$C_{\Pi} = k_{\Pi}^{ка} \cdot k_{св} \cdot C_{оп} \cdot N_{ка} + k_{\Pi}^{рн} \cdot [C_{рн} + C_{рб}] + k_{\Pi}^{сзб} \cdot C_{сзб}$$

где  $k_{св}$  – коэффициент, учитывающий затраты на создание каркаса-адаптера для группового запуска КА ( $k_{св}=1,05$ );

$k_{\Pi}^{ка}$ ,  $k_{\Pi}^{сзб}$ ,  $k_{\Pi}^{рн}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно затраты на обеспечение пуска КА, затраты на подготовку СЗБ, ракеты-носителя и разгонного блока (РН, РБ), включая затраты на топливо, полигонные услуги, ЗИП и пр. ( $k_{\Pi}^{ка}=1,1$ ;  $k_{\Pi}^{сзб}=1,3$ ;  $k_{\Pi}^{рн}=1,05$ );

$N_{ка}$  – количество КА, выводимых на орбиту одним пуском РН (шт.);

$C_{рн}$ ,  $C_{рб}$ ,  $C_{сзб}$  – стоимость изготовления средств выведения: ракеты-носителя, разгонного блока и сборочно-защитного блока (СЗБ) (руб.).

Стоимость изготовления СЗБ определяется по формуле:  $C_{сзб} = k_{изг}^{сзб} \cdot C_{оп}$ ,

где  $k_{изг}^{сзб}$  – коэффициент, учитывающий затраты на изготовление СЗБ ( $k_{изг}^{сзб}=0,02$ );  $C_{оп}$  – стоимость изготовления опытного образца КА (руб.).

Расчёт стоимости проведения опытно-конструкторских работ в рамках проекта «ПАРАДИГМА» по представленной методике приведён в Таблице 1.

Суммарные затраты на проведение ОКР проекта «ПАРАДИГМА» составят 27 653,3 млн.руб.

Расчёт стоимости развёртывания орбитальных группировок серийных МКА проекта «ПАРАДИГМА» приведён в Таблице 2.

Суммарные затраты на создание серийных МКА проекта «ПАРАДИГМА» и запуск их на орбиту на РН «Союз» составят 36 661,6 млн.руб.

Общие затраты проекта «ПАРАДИГМА» оцениваются в 64 314,9 млн.руб.

### Программа финансирования проекта

Финансирование проекта возможно по следующим схемам:

1. Из государственного бюджета;
2. Из ФКП за счёт исключения проектов, не соответствующих критерию стоимость-эффективность;
3. На принципах государственного-частного партнёрства (Рисунок 12);
4. За счёт кредитования проектов с последующим выкупом их государством.
5. За счёт средств частных инвесторов.

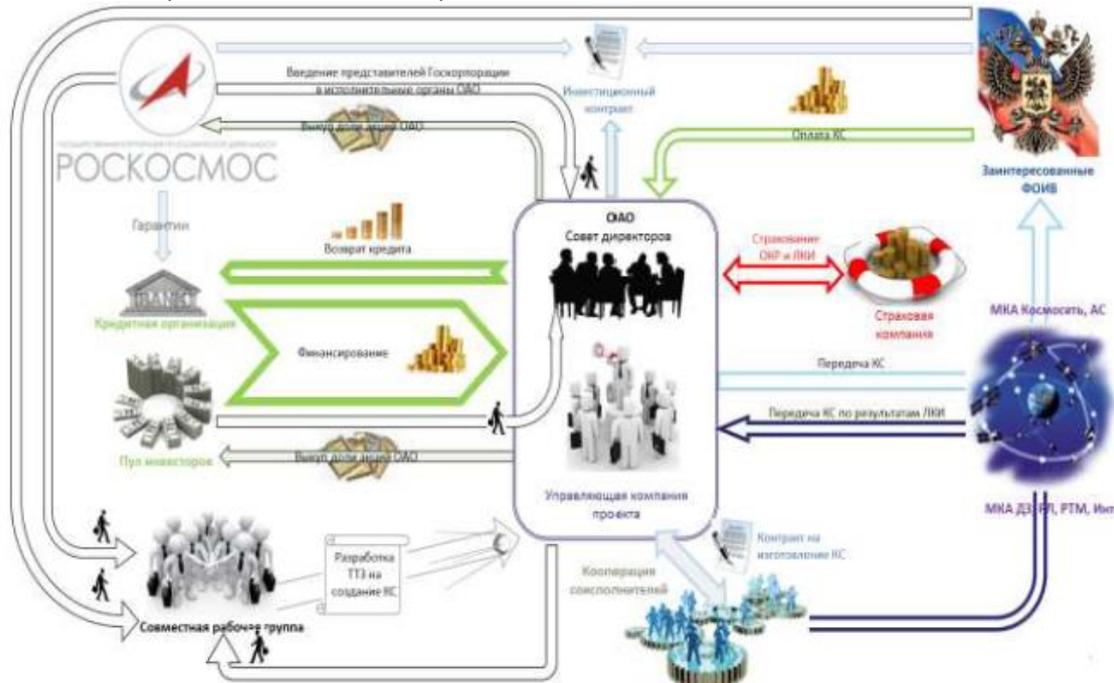


Рисунок 12. Организационная схема реализации проекта на принципах ГЧП

Таблица 1. «Расчёт стоимости проведения ОКР проекта «ПАРАДИГМА»

№ п/п	Наименование ОКР	КА-аналоги*	Средняя удельная стоимость КА-аналогов млн. руб./т	Масса МКА, т	С <sub>оп.</sub> , млн. руб.	N <sub>ка</sub> , шт.	С <sub>оп.**</sub> , млн. руб.	С <sub>пл.</sub> , млн. руб.	N <sub>пр.</sub> , шт.	С <sub>окр.</sub> , млн. руб.
	«КОСМОСЕТЬ»:									3922,8
1.	МКА связи	Iridium Next, Global Star 2, Гонец-М1	1737	0,15	273,5	6	2257,8	2397,8	5	3765,4
	Атмосферные спутники «ДРОН»	RQ-2 Pioneer, Predator, RQ-5 Hunter	-	0,13	12,7	3	44	94	5	157,4
2.	«Создание кластера МКА многопозиционной бистатической радиолокации» «РАДИОЛОКАТОР»	Sar Lupe, COSMO-Skymed, CryoSat, Radarsat-3	6725	0,15	1059	4	5158	5258,0	5	10554,1
3.	«Создание кластера МКА оптического диапазона» «ОПТИКА»	«Обзор-О», «Канопус-В», «Ресурс-П», Helios	1887	0,15	297	2	812,5	912,5	3	1804
4.	«Создание кластера МКА радиотехнического мониторинга» «РАДИО»	Sar Lupe, COSMO-Skymed, CryoSat, Radarsat-3	6725	0,15	1059	2	2592,8	2672,8	4	6909,6
5	Создание космического кластера КА уточнения параметров гравитационного поля Земли «ГРАВИКА» на основе специальных бортовых 3-микроакселерометров, штатной бортовой мм-системы межспутниковой связи и штатной бортовой НАП ГЛОНАСС каждого КА «КОСМОСЕТЬ», с созданием специальных методов и средств обработки результатов измерений 3-микроакселерометров, а также бортовых межспутниковых и НАП-измерений	CHAMP, GRACE	1700	-	30	6 КА «Космосеть»	-	-	6	180
6	Создание кластера КА глобального радиомониторинга ионосферы «ИОНОСФЕРА» за счёт дополнительного размещения на борту каждого КА «КОСМОСЕТЬ» двух комплектов двухчастотной НАП ГЛОНАСС, ориентированных «в горизонт»	«FORMOSAT» (Тайвань), Проект «Ионозонд» (Россия, 4 МКА «Ионосфера», по 200 кг каждый, МКА «ЗОНД»)	-	-	60	6 КА Космосеть»	-	-	6	360
<b>Итого:</b>										27653,3

Таблица 2. «Расчёт стоимости развёртывания орбитальных группировок серийных МКА проекта «ПАРАДИГМА»

№ п/п	Наименование ОКР	Кол-во МКА в орбитальной группировке, шт.	Стоимость серийного МКА*, млн. руб.	Затраты на изготовление серийных КА, млн.	Затраты на вывод ОГ**, млн. руб.	Общие затраты, млн. руб.
	КОСМОСЕТЬ					17636,5
1.	МКА связи	72	218,8	15755,6	1636,1	17391,7
	Атмосферные спутники «ДРОН»	24	10,2	244,8		244,8
2.	Создание кластера МКА многопозиционной бистатической радиолокации	6	847,4	5084,2	136	5220,2
3.	Создание кластера МКА оптического диапазона	6	237,7	1426,3	136	1562,3
4.	Создание кластера МКА радиотехнического мониторинга	12	847,4	10169,5	273	10442,5
5.	Создание космического кластера КА уточнения параметров гравитационного поля Земли «ГРАВИКА»	На 72 КА «Космосеть»	15 (Стоимость доп. аппаратуры каждого КА «Космосеть»)	1080	-	1080
6.	Создание кластера КА глобального радиомониторинга ионосферы «ИОНОСФЕРА».	На 72 КА «Космосеть»	10 (Стоимость доп. НАП на каждом КА	720	-	720
<b>Итого</b>		<b>120</b>		<b>34480,5</b>	<b>2181,1</b>	<b>36661,6</b>

### Организационные основы реализации проекта

Успешная реализация проектов возможна в рамках реорганизации малоэффективных предприятий или специально созданного предприятия – управляющей компании, не входящей в структуру ГК «Роскосмос», имеющей самостоятельное финансирование и отдельную территорию. Форма собственности – открытое акционерное общество со своим Уставом и юридическим адресом.

В состав предприятия должны входить следующие основные подразделения:

- научно-исследовательский Центр для проведения научных исследований, математического и полунатурного моделирования, проектирования и испытания создаваемых систем;
- производственная база для макетирования, изготовления, сборки и испытаний спутников, элементов наземных систем управления, приёма и обработки информации, а также аппаратуры пользователей систем;
- научно-технический Совет, в который должны входить все ведущие специалисты предприятия, а также приглашённые специалисты из других дружественных организаций (гражданских и военных);
- бухгалтерия и плановый отдел;
- обеспечивающие подразделения.

Предприятие взаимодействует как с отечественными, так и с зарубежными организациями соответствующего профиля.

Реализация проектов (разработка технических предложений, эскизных и технических проектов систем и т.д.) должна начинаться с основных, наиболее значимых, но достаточно простых и легко реализуемых составляющих, имеющих самостоятельное значение. В дальнейшем проект реализуется путём наращивания основного элемента системы.

### Кадровое обеспечение проектирования

Основу кадрового состава предприятия должны составлять достаточно молодые специалисты (возраст до 35 лет), имеющие опыт научных исследований, проектирования и разработки малогабаритной космической аппаратуры, поддерживающих основные положения данного Проекта, а также обладающих высоким уровнем компьютерной грамотности. На руководящие должности могут приглашаться специалисты и учёные, имеющие большой опыт проектирования и создания информационных МКА.

Однако в кооперацию, особенно на первом этапе, необходимо привлекать молодые силы из немногочисленных разрозненных групп разработчиков МКА, развивающихся в других предприятиях и ВУЗах. Такие группы, разрабатывающие отдельные МКА, существуют как в Москве (Спутникс, Сканэкс, НПО им. Лавочкина, МГТУ им. Н.Э. Баумана и др.), в Санкт-Петербурге (ВКА им. А.Ф. Можайского, Военмех, КБ «Арсенал» и др.), так и в других городах (Самара, Уфа, Красноярск и др.).

Для привлечения молодых научных сил предприятие должно регулярно проводить всероссийские научно-технические конференции по тематике основных проектов.

### Литература

1. Владимир Путин: «Быть сильными: гарантии национальной безопасности для России», – «Российская газета» от 20.02.2012 г.
2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 года № 1632-р.
3. Секреты раскроют с высоты. Приоритет – спутникам военного назначения. «Российская газета» от 05.08.2014 г. № 6447(175).
4. РБК. Статья: «Правительству предложат создать глобальную спутниковую сеть за 299 млрд» от 22.11.2017г. [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/22/11/2017/5a159bdb9a79476a55456d2b](https://www.rbc.ru/technology_and_media/22/11/2017/5a159bdb9a79476a55456d2b)
5. Фатеев В.Ф., Галькевич А.И. Способ создания глобальной информационной среды в околоземном пространстве и многофункциональная космическая информационная система «Парадигма» на базе сети низкоорбитальных космических аппаратов для его осуществления // Заявка на изобретение № 2018116185 с приоритетом от 28.04.2018 г.
6. Галькевич А.И. «Спецтема» / Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. - М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2011.
7. Монография: Низкоорбитальная космическая система персональной спутниковой связи и передачи данных/ Под ред. Генерального конструктора многофункциональной космической системы персональной спутниковой связи и передачи данных, президента АО «СС» Гонец», к.т.н. Галькевича А.И.: ООО «Юнис», 2011. – 168 с.
8. Технические предложения «Разработка перспективной глобальной космической низкоорбитальной инфокоммуникационной системы на основе инновационных технологий» Шифр темы: «Космонет» / Под. Руководством д.т.н. Галькевича А.И., 2014. – 273 с.
9. Монография: Малые космические аппараты информационного обеспечения/ Под ред. докт. техн. наук, засл. деятеля науки РФ, проф. В.Ф. Фатеева. – М.: Радиотехника, 2010. – 320 с., ил.
10. Монография: Инфраструктура малых космических аппаратов / Под ред. докт. техн. наук, засл. деятеля науки РФ, проф. В.Ф. Фатеева. - М.: Радиотехника, 2011. -432 с., ил.

11. Фатеев В.Ф., Ксендзук А.В., Обухов П.С., Крапивкин Г.И., Тимошенко Г.В., Король Г.Н., Новиков В.А., Герасимов П.А., Шахалов К.С. Экспериментальный бистатический радиолокационный комплекс // 2012, Электромагнитные волны и электронные системы, №5, т. 17.
12. M. Clarizia and e. al, "Analysis of GNSS-R Delay-Doppler Maps From the UK- DMC Satellite Over the Ocean," Geophysical Research Letters, no. 36, L02608, 2009.
13. Unwin, M et al., "Spaceborne GNSS-Reflectometry on TechDemoSat-1: Early Mission Operations and Exploitation," in IEEE JSTARS, vol. 9, no. 10, pp. 4525-4539, Oct. 2016.
14. J. S. Lofgren Local Sea Level Observations Using Reflected GNSS Signals, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Earth and Space Sciences Chalmers university of technology, 2014.
15. Фатеев В.Ф., Миньков С.А. Потенциальные возможности космических многоспектральных оптико-электронных приборов при обнаружении малоразмерных объектов // Оптический журнал, 2000, Т.67, №7, С. 5-12.
16. Фатеев В.Ф., Давлатов Р.А., Лопатин В.П. Навигационная аппаратура ГНСС на борту наноспутника: возможности применения // «Известия вузов. Приборостроение», 2018, принята к публикации.
17. Фатеев В.Ф., Давлатов Р.А. Измеритель параметров ГПЗ по линии «спутник-спутник» на основе навигационной аппаратуры потребителя // Навигация по гравитационному полю Земли и ее метрологическое обеспечение. Доклады научно-технической конференции, 14-15 февраля 2017, Менделеево. – Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2017, ил. 185, табл. 41, библиограф. 297, 360 с.
18. Методические рекомендации по определению начальной цены государственного контракта при размещении государственного оборонного заказа путём проведения торгов, учитывающих особенности создания отдельных видов ракетно-космической техники, Роскосмос, 24.08.2009 г.
19. Монография: Космический астрометрический эксперимент ОЗИРИС. Под редакцией Л. В. Рыхловой и К. В. Куимова. Фрязино: «Век 2», 2005. – 350 с.
20. Фатеев В.Ф. Космический эшелон воздушно-космической обороны на технологиях миниатюризации космических аппаратов // «Воздушно-космическая оборона», 2013, № 6. С. 24-34.
21. Фатеев В.Ф. Современный взгляд на развитие космического эшелона информационных средств ВКО // «Воздушно-космическая оборона», 2014, № 1. С. 31-38.
22. Фатеев В.Ф., Шилин В.Д., Курикша А.А., Лагуткин В.Н., Лукьянов А.П., Ксендзук А.В. Направления развития космического эшелона информационных средств ВКО РФ на основе новых технологий // «Вопросы радиоэлектроники», сер. Радиолокационная техника, вып. 1, Москва, 2014.

*Фатеев Вячеслав Филиппович  
Галькевич Александр Игоревич (director@ssgonets.ru)*

#### **Ключевые слова**

космосеть, кластер малых космических аппаратов, бистатическая радиолокация, атмосферный спутник, единое распределённое информационное поле, космическая шина, космический интернет

***Fateev V.F., Galkevich A.I. A new paradigm for space information systems development to facilitate digital economy in Russia.***

#### **Keywords**

space network, cluster of small space vehicles, bistatic radar, atmospheric satellite, unified distributed information field, space bus, space Internet

#### **Abstract**

The article proposes the concept of a global space information system based on multifunctional clusters of small spacecraft (MKA), united in a single digital information field. The goal of the system is to ensure the globality, continuity, efficiency and survivability of space monitoring, communication and management systems in the direction of «Information Infrastructure» in the «Digital Economy of Russia» Program. The urgency of creating a system is justified. A modern state of research in this area is described.

The attainment of this goal is based on the use of inter-satellite communication channels in the multi-satellite system of information ICA equipped with modems «satellite-satellite», «air-ground», «ground-board». This makes it possible to organize a multi-route virtual global data transmission network between any terrestrial and space correspondents in almost real time.

The system includes the following clusters of information ICA:

- multisatellite multiply connected cluster of the global space network of data transmission «Kosmoset»;
- cluster of operational monostatic and multi-position bistatic radar monitoring of territories and water areas;
- a cluster of a global system of panchromatic and hyperspectral optical monitoring systems for territories and water areas;
- cluster of multi-position radio-technical monitoring of regions in real time;
- a cluster of radio monitoring of the ionosphere state;

- cluster monitoring and refinement of parameters of the Earth's gravitational field.

The system has a dual purpose and a set of properties that none of the existing space information systems has.

The organizational plan shows the stages of the project and the evaluation of their costs. Total costs of the project «PARADIGMA» are estimated at about 64 billion rubles (in the prices of 2017) at the time of creation of 5-6 years.

DOI: 10.34706/DE-2018-02-01