

**Автономная некоммерческая организация «Аналитический центр
«АЭРОНЕТ» (АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»)**

Перспективы развития частной космонавтики в России

Москва 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Д.Р. Белоусов

С.В. Кричевский

Е.А. Гетц

И.А. Глазкова

С.В. Соловьёв

В.Г. Артёменко

РЕФЕРАТ

Отчет 130 с., 1 кн., 6 табл., 27 источн., 5 прил.

КОСМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КОСМИЧЕСКИЙ РЫНОК,
ПЕРСПЕКТИВА, РАЗВИТИЕ, РОССИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, ТРЕНД,
ЧАСТНАЯ КОСМОНАВТИКА

Объектом исследования является частная космонавтика России.

Цель работы — изучение возможностей развития частной космонавтики в России.

Методы исследования: системный подход, сравнительный анализ, описание, прогнозирование.

Актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью решения задач по формированию российского сектора частной космонавтики, как интенсивно развивающейся сферы деятельности в космосе, позволяющей существенно повысить эффективность и, главное, быстроту реакции отрасли на возникающие риски и окна возможностей.

В результате исследования основных сегментов, составляющих глобальный космический рынок, были определены наиболее перспективные направления развития частной космонавтики в России, идентифицированы основные актуальные технологические барьеры, даны рекомендации по развитию частной космонавтики в России на ближайшие 3 – 5 лет. Разработаны планы мероприятий по программам развития 4-х основных сегментов частной космонавтики России

Использование результатов исследования будет способствовать эффективному формированию российского сектора частной космонавтики.

Целесообразно продолжить исследования для анализа ситуации, мирового и отечественного опыта, проблем и перспектив развития частной космонавтики в новых политических и технологических реалиях в России и мире.

СОДЕРЖАНИЕ

	С.
Перечень сокращений и обозначений.....	6
Введение.....	8
1. Космический транспорт.....	17
2. Малые космические аппараты и спутниковые системы.....	40
3. Спутниковая связь и вещание.....	72
4. Наземная космическая инфраструктура.....	92
Заключение.....	101
Список использованных источников.....	106
Приложения.....	109
1. Технологические барьеры частной космонавтики.....	109
2. План мероприятий по программе развития сегмента «Космический транспорт».....	113
3. План мероприятий по программе развития сегмента «МКА».....	120
4. План мероприятий по программе развития сегмента «Спутниковые системы и ДЗЗ».....	125
5. План мероприятий по программе развития сегмента «Наземная инфраструктура».....	129

Перечень сокращений и обозначений

- АСИ – Агентство стратегических исследований
- БАС – беспилотная авиационная система
- БВС – беспилотное воздушное судно
- ВЧ – высокочастотная
- ГК – государственная корпорация
- ГЧП – государственно-частное партнерство
- ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли
- ДК – дорожная карта
- ЖРД – жидкостный ракетный двигатель
- ЕКА – Европейское космическое агентство (ESA) ЕС
- ЕС – Европейский Союз
- ИКТ – информационно-компьютерные технологии
- КА – космический аппарат
- КД – космическая деятельность
- КК – космический комплекс
- КС – космическая система
- КТС – космическая транспортная система
- МКА – малый космический аппарат
- МКС – международная космическая станция
- МЭМС – микроэлектромеханические системы
- НАСА – Национальное аэрокосмическое агентство (США)
- НКУ – наземный комплекс управления
- НТИ – Национальная Технологическая Инициатива
- НЧ – низкочастотная

ПН – полезная нагрузка

РКД – рабочая и конструкторская документация

РКК – ракетно-космический комплекс

РН – ракета-носитель

РФ – Российская Федерация

«Спейснет» – подгруппа в направлении «Аэронет» НТИ, новое сообщество в формирующемся секторе частной космонавтики России

СССР – Союз Советских Социалистических Республик

США – Соединенные Штаты Америки

ТЗ – техническое задание

ФКП – Федеральная космическая программа

ФСИ – Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере

ЧК – частная космонавтика

ЭКБ – электронная компонентная база

ЭПА – энергопреобразующая аппаратура

Big Data – большие данные

Clean Space initiative – Инициатива Чистый космос в ЕКА

DARPA – Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency)

FAA AST – Подразделение федеральной авиационной администрации по коммерческому космическому транспорту (Federal Aviation Administration Office of Commercial Space Transportation)

FI – консалтинговое агентство Forecast International Inc.

IoT – Internet of Things, интернет вещей

M2M – Machine to Machine, взаимодействие машинных систем между собой

SpaceX – частная космическая корпорация SpaceX (США)

ВВЕДЕНИЕ

Аналитический отчет «Перспективы развития частной космонавтики в России» выполнен коллективом авторов в АНО «Центр «АЭРОНЕТ» (г. Москва) в 2019 г. в соответствии с ТЗ.

Актуальность работы обусловлена необходимостью решения задач по формированию российского сектора частной космонавтики как интенсивно развивающейся сферы деятельности в космосе, позволяющей существенно повысить эффективность и, главное, быстроту реакции отрасли на возникающие риски и окна возможностей.

Цель данного исследования – изучение возможностей развития частной космонавтики в России, поскольку частная космонавтика является центром притяжения для творческих людей и инновационного бизнеса, реализующих себя через создание новых космических технологий, продукции и услуг, открывающих новые рынки, тем самым, ставящих космос на службу людям и обществу в целом. Частная космонавтика, благодаря своим инновациям, гибкости и эффективности сможет обновить российский космос, внесёт значительный вклад в развитие экономики и будет гарантом того, что Россия продолжит занимать достойное место в клубе космических держав.

В рамках данной работы решались следующие *основные задачи*:

1. Обобщение текущего состояния дел мировой частной космонавтики на сегодняшний день, с учётом влияния на её развитие глобальных трендов в экономике, науке и технике, а также геополитической обстановке.

2. Исследование основных технологических трендов во всех сегментах частной космонавтики с учётом прогноза функциональных возможностей в глобальных продуктах и сервисах этих сегментов, которые будут востребованы на период до 2035 года, и вытекающая отсюда идентификация связанных с этим технологических барьеров.

3. Разработка рекомендаций по программе развития частной космонавтики на ближайшие 3 – 5 лет.

Оценка ситуации. Постановка проблемы.

В настоящее время в мировой космонавтике происходят крупномасштабные изменения, способные резко изменить ситуацию в сфере космонавтики – как в мире в целом, так и в России.

В последние годы бум в развитии коммерческой космонавтики стал, с одной стороны, самовоспроизводящимся, за счет привлечения частных капиталов, в том числе «некосмических» компаний, таких как Google [1], Alibaba Group, Amazon (Blue Origin) [2], Virgin Group (Virgin Galactic) [3], и др., а с другой – основой для решения чисто государственных задач. Опираясь на ресурсы и решения частных компаний, конкуренцию между ними – страны Запада, Китай, Япония снижают риски и стоимость решения все более масштабных задач по движению во все более дальний Космос, развитию космической разведки, телекоммуникаций, связи и навигации как в интересах экономики, так и вооруженных сил.

Государство (военные, космические агентства) и частный космический бизнес находятся в состоянии синергии; государство выступает для бизнеса значимым заказчиком и источником ресурсов развития – бизнес для государства становится важным партнёром в частности, и в выполнении государственных функций.

Несомненно, этот тренд будет лишь нарастать [4] – по мере становления рынков глобального интернета (необходимого, в том числе, для развития роботизированных транспортных и оборонных систем), развития технологий инспекции космических объектов, имеющих очевидное двойное назначение, а в перспективе 10-15 лет – и постоянной деятельности наших стратегических конкурентов на небесных телах, включая отработку добычи на них природных ресурсов.

Вне зависимости от социально-экономических особенностей той или иной страны, о чём говорят примеры США и Китая, государство

проводит целенаправленную политику поддержки новых частных космических компаний, используя механизмы государственно-частного партнерства. Эти процессы обусловлены не только намерением стимулировать предпринимательскую активность, но и стремлением использовать потенциал и предпринимательскую инициативу для решения государственных задач.

Космические программы стран-лидеров стали переориентироваться на поиск устойчивых моделей развития, в основе которых лежат бизнес-интересы и возможность использования рыночных механизмов [5]. В силу того, что данная сфера является высокорисковой как с технологической стороны, так и в части необходимости создания новых бизнес-моделей, то драйвером развития стал венчурный капитал. Активные инвестиции, сделанные в этот сектор рядом фондов 10-15 лет назад, привели к появлению серии проектов «частного космоса», которые становятся флагманами космической индустрии в настоящее время. В последние несколько лет объем венчурных инвестиций в космос существенно вырос [6] и на сегодня достигает порядка 3 млрд долл. в год [7].

Активно растущее число венчурных инвесторов в отрасль означает появление большого числа потенциально перспективных проектов, которые стали возможны благодаря формированию новых инфраструктур (удешевление запусков и появление альтернатив) и «локомотивных» масштабных проектов (разворачиваемых и планируемых), которые могут стать потенциальными потребителями продуктов и решений частных компаний. В отрасли формируется ажиотажный спрос на объекты инвестирования, который ведет к росту инвестиций и появлению все большего числа стартапов и разработок в данной сфере.

В космической отрасли в настоящее время происходит смена в использовании старых «платформ», предоставляемых государственными или около-государственными компаниями, на частные платформы,

изначально выстроенные в «экосистемной» модели, то есть ориентированные на выстраивание сети партнеров, независимо развивающих свои продукты на основе открытой архитектуры. Компании SpaceX и Blue Origin, вместе со своими первоначальными инвесторами, делают принципиальную ставку на развитие широкой среды создателей и потребителей услуг космических аппаратов.

В итоге, частная космонавтика, как отрасль экономики, почти в точности повторяет траекторию развития сферы информационно-компьютерных технологий (ИКТ) в 1960-1970-х годах, когда после прихода в сектор значительных частных капиталов в странах-лидерах началось ее стремительное развитие. Помимо формирования новых бизнесов, такое развитие ИКТ обеспечило, в конечном итоге, и новое качество решения государственных задач, и радикальное повышение конкурентоспособности традиционных бизнесов.

Аналогично, развитие частной космонавтики создаёт и новые рынки, в которых происходит ускоренная капитализация, и условия для решения государственных задач (через развитие конкурентных рынков пусковых услуг, телекоммуникаций, дистанционного зондирования Земли), и необходимые условия развития других, некосмических бизнесов, как высоко-, так и среднетехнологичных (достаточно упомянуть бизнесы, основанные на точной навигации) [8, 9].

В России в ядре космической деятельности находится государственная корпорация (ГК) Роскосмос и связанные с ней организации. На них лежат ключевые задачи, связанные с реализацией крупномасштабных государственных (в том числе оборонных) задач в сфере космической деятельности, они лежат в ядре систем технологической кооперации и специального образования.

В то же время, Роскосмос как госкорпорация не может брать на себя значительные риски, связанные с работой на быстроразвивающихся рынках. Привлекать капитал он не может, возможности масштабирования

деятельности ограничены собственными доходами и крайне ограниченными ресурсами бюджета.

Одновременно сформировался слой частных космических компаний, производящих или активно разрабатывающих ракеты-носители среднего и легкого класса [10] (S7 Космические системы, КосмоКурс, Лин Индастриал и др.), космических аппаратов, включая суборбитальные (Dauria Aerospace, Спутникс, КосмоКурс, S7 Космические системы и др.), инновационных двигательных установок (Лин Индастриал и др.), бортового оборудования, включая научное и научно-производственное (3Д-Биопринтинг Солюшинс и др.).

Одновременно сформировался слой частных космических компаний, производящие или активно разрабатывающие ракеты-носители среднего и легкого класса, инновационные двигательные установки, бортовое оборудование, включая научное и научно-производственное. Однако, эти компании, в большинстве своем, не являются достаточно крупными для того, чтобы быть значимыми центрами привлечения капиталов на внутреннем и, тем более, внешних рынках. Кроме того, взаимодействие между частными компаниями явно недостаточно, а их взаимодействие с Роскосмосом – затруднено.

Стратегической целью развития «Спейснет» является формирование экосистемы российской частной космонавтики, обеспечивающей её эффективное развитие, капитализацию, включение в российскую и глобальную технологическую кооперацию, включая растущие и возникающие сегменты космических рынков.

Предстоит сформировать полномасштабную экосистему, включающую, помимо собственно космических компаний, потребителей их продукции (услуг), поставщиков, систему специального образования, возможно – специфические финансовые институты.

Кроме того, необходимо учитывать и преодолевать *технологические барьеры частной космонавтики*, которые систематизированы в данной работе и приведены в *Приложении 1*.

Направления действий. Задачи развития

Достижение указанной стратегической цели может быть обеспечено за счет действий по следующим стратегическим направлениям:

1. Институциональное развитие

Задачи:

– обеспечить возникновение в России 2-3 частных космических компаний международного масштаба (с оборотом не менее 1 млрд долл.) и 4-7 крупных частных компаний национального масштаба («национальных чемпионов»), с оборотом не менее 1 млрд руб. каждая;

– сформировать слой малых компаний, интенсивно развивающихся, генерирующих высокорискованные и высокодоходные проекты развития и/или обеспечивающие (в том числе через сделки слияния и поглощения) переток космических технологий в традиционные, некосмические сектора экономики.

2. Развитие ключевых рынков

Основными задачами для развития частной космонавтики в целом и сегмента космических транспортных систем в частности являются следующие.

– институциональная поддержка частных космических компаний, предполагающая придание им статуса полноправного участника космического рынка, который даст им возможность создавать импульсы и драйверы для развития космонавтики; сейчас же частный космический бизнес рассматривается как своего рода полезный придаток для госкорпораций;

– формирование «Спейснет» как центра взаимодействия бизнеса, научных организаций, экспертного сообщества и ведомств для развития перспективных технологий, чему препятствует, в частности, отсутствие

чётких контуров взаимосвязи между указанными субъектами; имеющиеся же примеры сотрудничества носят скорее эпизодический и локальный, нежели системный характер;

- активизация «Спейснет» совместно с другими «нетами» НТИ разработки программы создания и/или адаптации уже существующих специализированных цифровых продуктов для моделирования и инженерного анализа основных фаз производства КТС, аэро- и термодинамического анализа, прочностного и статистического анализа и т.д., в целях облегчения проектировки и постройки космических аппаратов студенческими группами и стартапами.

2. Формирование систем сетевой кооперации, обеспечивающих развитие частной космонавтики

Ключевые задачи:

- обеспечить непрерывную устойчивую систему взаимодействия частных космических компаний друг с другом и с Роскосмосом (предоставление пусковых услуг, развертывание наземных инфраструктур, разделение рисков при организации новых видов деятельности на орбите и др.);

- содействовать совместному развитию «Спейснет» и других направлений НТИ, в первую очередь – опирающихся на телекоммуникации и «интернет вещей» («Аэронет», «Автонет», «Маринет») или создающих для него технологическую базу («Технет», в перспективе – «Нейронет»). Прописывание в соответствующих дорожных картах необходимых связей;

- включение кадрового обеспечения «Спейснет» в задачи учреждений детского творчества и дополнительного образования, курируемых АСИ (Кванториумы, центры Сириус, ЦМИТ).

3. Формирование адекватной правовой и финансовой инфраструктуры

Основными направлениями развития правовой базы в космической сфере должны стать регулирование и дерегулирование. В 1-ом случае в связи с увеличением участников космического рынка (к национальным и наднациональным космическим агентствам присоединяются частные компании, венчурные фонды, образовательные организации, индивиды, рассматривающие космос как сферу приложения своих творческих и научных интересов) необходимо формирование законодательного каркаса, в котором по возможности учитывались бы интересы всех участников и правила игры были бы им понятны. В 2-ом случае стоит взять курс на увеличение степени прозрачности космического рынка. Космическая сфера уже давно перестала быть ареной для демонстрации военно-технического и научно-технологического превосходства той или страны. Лишь совместными усилиями можно достичь новых космических горизонтов. Причём под совместными усилиями нужно понимать не только международное сотрудничество, но различные формы ГЧП, в котором будет сочетаться гибкость бизнеса и ресурсная база государства.

Задачи:

- внедрение практики предконтрактов в деятельность Роскосмоса. В этом случае частные компании смогли бы обращаться за рыночным финансированием, целенаправленно задействовать возможности институтов развития и принимать на себя риски достижения заявленных показателей и формирования команд.

- совершенствование законодательства в сфере космической деятельности, включая облегчение лицензирования на проведение космической деятельности частными компаниями и стартапами,

- участие в международной деятельности, связанной с адаптацией международного космического права к новой реальности (добыча

природных ресурсов на небесных телах, утилизация «космического мусора»);

- развитие специфических финансовых институтов, способных работать с рисками деятельности в космической сфере.

- облегчение доступа к нормативно-технической документации, необходимой для осуществления космической деятельности;

- облегчение условий ведения бизнеса в космической сфере, в частности, уменьшение сроков вывода на рынок продуктов космических разработок;

- развитие разнообразных форм ГЧП и устранение нормативно-правовых барьеров, препятствующих этому;

- разработка открытого порядка согласования и утверждения ТТЗ, ТЗ для комплексов коммерческого назначения;

- внесение поправок в нормативно-правовые акты, касающихся установления особого статуса пространственных данных и данных ДЗЗ;

- совершенствование процедуры регистрации прав собственности на космические объекты, что позволит обеспечить защиту прав собственности и повысить привлекательность российской юрисдикции для зарубежных и отечественных компаний.

Рассмотрим подробнее четыре основных сегмента, перспективных для развития частной космонавтики России (см. Разделы 1-4).

1. КОСМИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

1.1 Роль космического транспорта

Сегмент «Космический транспорт» является основополагающим для космической деятельности, поскольку обеспечивает возможность вывода в космос полезных нагрузок (ПН), в том числе и людей, а также обеспечение их жизнедеятельности и возвращение обратно на Землю. Целесообразно разделить этот сегмент на четыре подсегмента, различающиеся по своим целевым назначениям и функциям.

1.2 Структура сегмента «Космический транспорт»

1.2.1 Ракеты-носители. Ракетами-носителями (РН) называются средства выведения ПН в космос, использующие ракетодинамический способ разгона ПН минимум до 1-й космической скорости, которая позволяет вывести ПН на замкнутую орбиту вокруг Земли. РН, как правило, состоят из двух или трёх ракетных ступеней, в зависимости от конструктивной схемы РН, работающих последовательно или параллельно, и отделяющихся от РН по мере выработки ими топлива, тем самым разгоняя ПН до 1-й космической скорости к моменту её вывода на орбиту. Наиболее совершенные РН, имеющие суммарную массу конструкции и их ПН менее 12% от своей общей взлётной массы, могли бы состоять всего из одной ступени, однако, на практике это недостижимо, и современные РН имеют, как правило, 2 ступени, поскольку общая масса их конструкции и ПН значительно выше 12 % их массы, когда они заправлены топливом. РН, предназначенные для выведения ПН на геостационарные и отлётные орбиты к другим небесным телам, требующих разгона ПН до скоростей, больших чем 1-я космическая, имеют 3-ю, а иногда и 4-ю ступени.

1.2.2 Пилотируемые КА. Пилотируемыми космическими аппаратами (КА) называются космические корабли, доставляемые в космос с помощью ракетодинамических средств выведения и имеющие на борту экипаж, состоящий из одного или нескольких космонавтов. Пилотируемый космический аппарат должен иметь систему жизнеобеспечения экипажа,

которая позволяет поддерживать его существование и функционирование на всех режимах полёта и в течение всего времени миссии, на которую рассчитан данный пилотируемый аппарат. Также, пилотируемый КА должен иметь посадочные системы, которые позволяют ему безопасно доставить экипаж на поверхность Земли, либо на поверхность других небесных тел (Луна, Марс), в зависимости от типа. Посадочная система должна прежде всего включать в себя систему теплозащиты для предотвращения разрушения аппарата при прохождении атмосферы во время посадки (Земля, Марс), а также для защиты экипажа от высоких тепловых потоков, возникающих при торможении в атмосфере.

1.2.3 Суборбитальные аппараты. Суборбитальными называются аппараты, скорость полёта которых позволяет им достигать высот до 100 км и более, но не достигает первой космической скорости, то есть они не могут совершить полный оборот вокруг Земли, а входят обратно в атмосферу и затем совершают посадку. По сравнению с орбитальными системами, для суборбитальных аппаратов, благодаря их значительно меньшим максимальным скоростям, характерны также гораздо менее напряжённые, с точки зрения перегрузок и тепловых потоков, условия входа в атмосферу

1.2.4 Орбитальные буксиры. Существующие орбитальные буксиры представляют собой ракетную ступень с жидкостными двигателями (ЖРД), топливными баками и необходимыми подсистемами, и используются для перевода ПН с низких земных орбит на более высокие круговые или эллиптические, или для разгона ПН на отлётных траекториях к другим небесным телам.

1.3 Описание ситуации на мировом рынке и в России

1.3.1 Ракеты-носители. В соответствии с различными аналитическими оценками стоимость мирового рынка пусковых услуг ПН в космос вырастет с примерно 9 млрд долл. в прошлом году, до 27 млрд долл. в 2025 году, что говорит об очень большом потенциале роста. По сравнению с примерно 330 млрд долл. [11], которыми оценивался рынок всех услуг, связанных с

использованием космоса в 2017 году, 9 млрд долл. кажутся относительно небольшой частью, однако нужно понимать, что страна, отстающая в развитии современных РН, не только проигрывает на рынке пусковых услуг, но и лишается основы для развития всех остальных космических сегментов своей экономики, поскольку само наличие парка эффективных РН делает все остальные сегменты возможными.

Для России ситуация на международном рынке РН в последние годы складывается крайне неблагоприятно. Прежде всего, из-за конкуренции SpaceX, предлагающей относительно дешёвые и надёжные Фалкон-9, рыночная доля ПН выводимых российскими носителями существенно сократилась. Более того, налицо технологическое старение российского парка РН, так как он представлен РН, разработанными в 1950–1960-х гг. прошлого века и поэтому практически исчерпавшими резервы своей модернизации, есть и другие системные проблемы. В ближайшие 5–7 лет необходимо предпринять кардинальное технологическое обновление парка российских РН, а также создать более эффективные бизнес модели их производства и коммерческого использования. Развитие частной космонавтики в России должно сыграть важную роль в достижении этих стратегических целей на рынке РН.

1.3.2 Пилотируемые КА. В 2006 году НАСА подписало контракты с частными американскими компаниями на разработку пилотируемых аппаратов, которые могли бы доставлять экипажи и грузы на Международную космическую станцию (МКС), чтобы США могли избавиться от необходимости полагаться на российские пилотируемые корабли «Союз», а НАСА имело выбор из нескольких пилотируемых КА, в зависимости от стоимости доставки грузов и экипажа и их функциональных возможностей. В 2020 году несколько пилотируемых КА, созданных в США в рамках этой программы, пройдут испытания и начнут эксплуатироваться НАСА и частными космическими компаниями, планирующими развитие пилотируемой инфраструктуры в космосе.

Развитие рынка пилотируемых КА связано с исключительной сложностью и стоимостью их разработки, обусловленной очень высокими требованиями по надежности, предъявляемыми к пилотируемым КА, в связи с необходимостью поддерживать жизнедеятельность экипажа на всех фазах полёта, включая выведение на орбиту, аварийное прекращение полёта при возникновении нештатной ситуации, и спуск на Землю. Поэтому, в ближайшие 5–7 лет, развитие рынка пилотируемых КА будет поделено между американскими компаниями, однако через 10-15 лет, по мере удешевления технологий проектирования, изготовления и испытаний пилотируемых КА, на этом рынке могут появиться европейские и китайские частные космические компании. Необходимо задать такой вектор развития, чтобы через 10-15 лет, частные космические российские компании также были технологически в состоянии конкурировать на этом рынке наряду с американскими, европейскими и китайскими компаниями.

1.3.3 Суборбитальные аппараты. В 2005 году компания Virgin Galactic анонсировала планы по началу платных суборбитальных полётов к 2020-му году. На рынке, преимущественно североамериканском, появилось несколько частных компаний, которые также ведут разработку суборбитальных систем с использованием отличных от Virgin Galactic подходов, но их конечной целью также является предоставление туристических суборбитальных полётов с целью генерирования прибыли. По различным оценкам, предполагается, что к 2025 году рынок суборбитальных полётов может достичь годового оборота в 3 млрд долл. [12].

Бурное развитие, которое рынок суборбитальных аппаратов переживает в настоящее время, обусловлено тем, что уровень технической сложности суборбитальных аппаратов, как правило, значительно ниже чем у пилотируемых КА или РН и соответствующие технологии проектирования, изготовления и сертификации суборбитальных аппаратов, в последнее время, стали доступны для частных космических компаний, по крайней мере в США. В ближайшие 5–7 лет, на этом рынке ожидается серьёзная

конкуренция от европейских и китайских частных компаний, в связи с быстрым совершенствованием космических технологий в этих странах. Несмотря на то что в настоящий момент российская частная компания «Космокурс» также ведёт разработку пилотируемой суборбитальной системы, позиции России на этом рынке также слабы, как и на рынках РН и пилотируемых КА, ввиду прогрессирующего технологического отставания отечественной космонавтики и практически отсутствия правовой базы для развития частной космонавтики в России. Поэтому, представляется чрезвычайно важным, чтобы Россия смогла выйти на конкурентоспособные позиции в суборбитальных системах в ближайшие 7 лет.

1.3.4 Орбитальные буксиры. Рынок орбитальных буксиров в настоящее время в основном представлен специализированными третьими и четвёртыми ступенями РН, используемыми для перевода телекоммуникационных спутников на геостационарные орбиты и для отправки исследовательских КА и межпланетных автоматических станций к Луне и другим небесным телам в Солнечной системе. Это связано с очень высокой стоимостью подобных космических миссий и их относительно низкой частотой, порядка нескольких раз в год, поэтому, современные орбитальные буксиры не являются универсальными, многозадачными КА, а по существу, представляют собой модернизированные под конкретные миссии верхние ступени РН, что обуславливает их высокую стоимость и ограниченность этого рынка в настоящее время.

Однако, в ближайшие 5–7 лет ситуация на рынке орбитальных буксиров будет меняться в сторону его кардинального количественного и качественного расширения по двум причинам. Первое, с началом выхода пилотируемых полётов за пределы низких земных орбит, ожидаемого в 2020-е годы в связи с освоением Луны, и начала постепенного строительства космической инфраструктуры в окрестностях системы Земля-Луна (Cislunar Economy), потребность в использовании орбитальных буксиров резко увеличится. Второе, всё более обостряющаяся проблема орбитального

мусора потребует своего неотложного решения уже в ближайшее десятилетие. Орбитальный мусор не может быть просто разрушен, так как это приведёт к его дальнейшей фрагментации, а должен быть физически собран и для выполнения этой задачи орбитальные буксиры не имеют альтернативы. Для этого потребуются принципиальное расширение функциональных возможностей орбитальных буксиров, которые должны будут иметь многолетний активный срок службы, достигаемый за счёт их автономной дозаправки топливом в глубоком космосе, и повышение в разы, а возможно и на порядок, их топливной эффективности, за счёт применения электрических ракетных двигателей и энергопитания от высокоэффективных солнечных батарей в качестве их стандартной двигательной установки. Это требует разработки качественно новых орбитальных буксиров, и такие разработки уже активно ведутся в США и в Европе. Необходимо отметить, что в этой области Россия имеет благоприятные стартовые условия ввиду большого опыта, накопленного при создании экспериментальных электрических ракетных двигательных установок, и в случае успешного развития у нас частной космонавтики, этот опыт может быть воплощён в создание конкурентоспособных орбитальных буксиров в нашей стране.

1.4 Тренды

1.4.1 Ракеты-носители. Основной тренд, обозначившийся в области РН – это многократное использование их первых ступеней, убедительно продемонстрированный на примере РН Фалкон-9, осуществляющей вертикальную посадку в непосредственной близости от места старта, либо на плавучую платформу в океане. Многократная первая ступень позволила понизить стоимость запуска Фалкон-9 примерно на 30%, что само по себе является большим конкурентным преимуществом. Однако многократность имеет экономический смысл для производителя только тогда, когда есть некое минимальное количество запусков, обычно >10 в год, для его многократной РН. Компании производителю необходимо загружать свои производственные мощности и свой персонал, которые поддерживали бы

эксплуатацию такого числа многоразовых РН, которые позволяло бы генерировать прибыль. Иными словами, если для определённого рыночного сегмента РН нет спроса на достаточное количество запусков в год, то отсутствует и экономический стимул для производителей в этом сегменте делать многоразовые РН. Сверхтяжёлые РН с массой ПН > 75 т, создаваемые сейчас в США, Китае и России, будут оставаться «классическими» одноразовыми носителями, прежде всего потому, что даже в соответствии с наиболее амбициозными планами НАСА, частота их запуска не будет превышать одного раза в год. При столь низкой частоте запуска сверхтяжёлых РН отсутствуют экономические стимулы для превращения даже их первых ступеней в многоразовые, поскольку мощности по выпуску этих РН должны быть загружены производством хотя бы одной РН в год.

Иная картина складывается в сегменте средних РН. Благодаря большому спросу в этом сегменте, в 2017 году было осуществлено 17 запусков Фалкон-9, и поскольку SpaceX ввела в эксплуатацию новые модификации этой РН с многоразовой первой ступенью - это в свою очередь позволило ещё больше снизить цены на её запуски. В 2018 году SpaceX успешно испытала уже свою тяжёлую РН Фалкон Хэви, с ПН на низкую земную орбиту вплоть до 64 т, продемонстрировав при этом успешный возврат двух из трёх ускорителей первой ступени. Поскольку эти ускорители являются по сути первыми ступенями РН Фалкон-9, хотя и существенно модифицированными, с точки зрения экономии производства, можно предположить, что производство Фалкон Хэви с многоразовой первой ступенью также может быть рентабельно для SpaceX, если рынок продемонстрирует потребность в запусках этой РН с частотой хотя бы несколько раз в год.

1.4.2 Пилотируемые КА. При анализе развития пилотируемых аппаратов с начала эксплуатации многоразового корабля Спейс Шаттл в 1981 году, складывается впечатление, что произошел технологический регресс, поскольку НАСА отказалось от Шаттла ещё в 2010 году, а большинство разрабатываемых в настоящий момент пилотируемых аппаратов, таких как

Orion, DragonV2, CST-100 (США) и «Федерация» (РФ), в 2019 г. переименованная в «Орел», представляют собой возврат к классическим капсулам, имеющим аэродинамическое качество $K = 0,2-0,3$, а поэтому генерирующим при входе в атмосферу лишь незначительную подъёмную силу, и как следствие, осуществляющих посадку в напряженных аэротермодинамических условиях, с пиковыми перегрузками 5-6 ед. Причина такого кажущегося регресса заключается в том, что как показала практика, на нынешнем уровне развития ракетно-космической техники попытки создания многоразовых орбитальных возвращаемых аппаратов приводят к тому, что такие системы получаются чрезвычайно сложными технически и обладают низкой надёжностью. Так, за время эксплуатации Спейс Шаттл произошло две катастрофы с потерей жизни 14-ти членов экипажа. Более того, жизненный цикл таких систем очень дорог, начиная от их создания и испытаний, и заканчивая их послеполётным обслуживанием, ремонтом и повторной квалификацией для последующего полёта, что и привело к отказу от Спейс Шаттл.

Однако попытки создать более совершенные многоразовые системы, с учётом уроков Спейс Шаттл, продолжились в 1990-х годах. Совместно с Локхид-Мартин НАСА предприняло попытку реализовать концепцию одноступенчатого, многоразового X-33 Venture Star, однако потерпело неудачу, когда выяснилось, что даже с использованием композиционных материалов пока невозможно создать одноступенчатый возвращаемый носитель с массовой долей собственной конструкции менее 12% от общей стартовой массы. В то же время, попытки создания возвращаемых орбитальных ступеней HL-20 и X-38, значительно меньших по размеру чем Спейс Шаттл, и выполненных по аэродинамической схеме «несущий корпус» с $K = 0,8-1,2$, были намного более оснащёнными. Принципиальных технологических барьеров выявлено не было, но их создание было остановлено из-за очень дорогостоящей программы квалификационных испытаний, которая требуется для пилотируемых аппаратов. Создание

подобного пилотируемого аппарата «Клиппер» была предпринято в РКК «Энергия» в 2000-х годах, однако программа была свёрнута, очевидно, ввиду значительных затрат, необходимых для её реализации.

1.4.3 Суборбитальные аппараты. Возобновление интереса к созданию суборбитальных аппаратов в последние 10-15 лет объясняется с одной стороны их коммерческим потенциалом для суборбитального туризма, а с другой, возможностью их использования в качестве многоразовой первой ступени в паре с недорогой одноразовой второй ступенью для оперативного вывода в космос небольших ПН, массой 1-2 т. Именно такую схему DARPA совместно с Боинг реализует в рамках создания аппарата XS-1, который должен продемонстрировать возможность 10 запусков в космос ПН весом до 2 т, в течение 10 дней, тем самым на практике реализуя принцип вывода ПН в космос «по требованию». Стоимость каждого пуска XS-1 не должна превышать 5 млн долл. Для сравнения, сегодня стоимость вывода на орбиту ПН той же массы американскими лёгкими РН составляет 45-50 млн долл., при этом время ожидания запуска - многие месяцы, а иногда и годы.

Большинство создаваемых суборбитальных аппаратов имеют конфигурацию с несущими поверхностями, создающими значительную подъёмную силу ($K=1,5-3$) при входе в атмосферу, благодаря чему они обладают существенной глубиной поперечного и продольного аэродинамического маневрирования, что позволяет им совершать посадку «по самолётному», используя обычные аэродромы. При этом они не нуждаются в отчуждении больших посадочных территорий и им не нужна поисково-спасательная инфраструктура, характерная для космических капсул, производящих посадку с ограниченной подъёмной силой ($K=0,2-0,3$). Возможность придания суборбитальным аппаратам аэродинамической конфигурации с $K=1,5-3$, обуславливается тем, что их максимальная скорость, не превышающая $M=10$, значительно ниже скорости орбитальных аппаратов, входящих в атмосферу с $M=25$. Поэтому, суборбитальные системы имеют значительно более низкие аэро- и термодинамические

нагрузки, что позволяет сделать их теплозащитную систему многоразовой и сравнительно лёгкой при относительно умеренных затратах. По этой причине, в ближайшие 5-15 лет, по мере дальнейшего развития суборбитальных аппаратов, можно ожидать постепенного расширения их эксплуатационных пределов в сторону роста максимальных скоростей, вплоть до $M=25$, когда произойдёт фактически слияние их возможностей с орбитальными системами. Орбитальные же системы во всё большей степени будут осуществлять переход с нынешних капсул в сторону КА с крыльями или несущим корпусом, примером которого может служить орбитальная ступень «Dream Chaser», разрабатываемая в настоящее время компанией Sierra Nevada Corporation.

1.4.4 Орбитальные буксиры. «Классическим» буксирам, использующим ЖРД, присуща низкая эффективность, так как максимально достижимый удельный импульс ЖРД даже на кислородно-водородных компонентах не превышает 460 с, а характеристические скорости для перевода ПН на высокоэнергетические орбиты или траектории могут составлять до 10 км/с, что приводит к массе буксира сравнимой или большей, чем масса его ПН. К тому же, требуется значительный запас топлива для возвращения буксира на исходную орбиту, в противном случае, такой буксир превращается в одноразовую разгонную ступень.

Существует две концептуальные альтернативы «классическим» буксирам с ЖРД.

Первая – это буксир, который также использует ЖРД, но имеет аэродинамический экран, позволяющий ему выполнять управляемый проход через верхние слои атмосферы при возвращении с высокой орбиты, куда была доставлена ПН. За счёт рассеивания избыточной энергии в атмосфере, такому буксиру не требуется иметь топливо нужное для перехода на низкую орбиту. После выхода из атмосферы, в апогее своей траектории, он выдаёт небольшой импульс прироста скорости для циркуляризации своей новой, низкой орбиты. Тем не менее, массовый выигрыш аэробуксира не так велик,

около 30%, несмотря на значительно меньший запас топлива, так как аэродинамический экран и теплозащитное покрытие также увеличивает его «сухую» массу примерно на 20%.

Вторая альтернатива – это орбитальные буксиры с электрическими (ионными) двигателями малой тяги, использующие в качестве источника энергии либо солнечные батареи, либо ядерный реактор. Эта альтернатива более перспективна, поскольку ионные двигатели позволяют достичь удельного импульса в 2400 с в случае энергоснабжения от солнечных батарей, и даже 7000 с в случае использования ядерного реактора мегаваттного класса. Для перемещения той же ПН, буксир со столь высоким удельным импульсом требует на порядок меньшее по массе количества топлива, чем традиционный буксир с ЖРД, а значит его общая масса многократно уменьшается. Платой за столь высокую эффективность является большее время доставки ПН, например, её доставка к Луне займёт около 30 дней, по сравнению 4 днями для ЖРД, однако на значительно больших расстояниях эта разница сокращается, так, время доставки той же ПН на орбиту Марса практически сравнивается со временем доставки буксиром, использующим ЖРД.

1.5 Желаемые результаты в долгосрочной перспективе

1.5.1 Ракеты-носители. В сегменте лёгких РН ситуация, складывающаяся на мировом рынке на перспективу, благоприятствует развитию многоразовых лёгких РН. С одной стороны, это обусловлено процессом продолжающейся миниатюризации коммерческих ПН, а с другой, прогнозируемым резким ростом числа запусков ПН с массой < 250 кг. Ожидается, что только в России потребность в запусках КА с массой < 250 кг через 5-7 лет может составить до 100 аппаратов в год. Более того, в этом рыночном сегменте всё более возрастает нужда запуска ПН в космос «по требованию» (Launch on Demand), например, в течение одних суток после поступления запроса со стороны заказчика [13]. Реализация такого требования делает необходимым создание многоразовой первой ступени для

лёгкой РН, для исключения длительного времени ожидания, связанного с изготовлением одноразовой РН. Очень важно то, что ввиду ожидаемой в ближайшие 5–7 лет потребности в запусках лёгких РН, исчисляемых сотнями в год, даже производство нескольких десятков многоразовых лёгких РН для этой цели, будет оставаться рентабельным, а их первые ступени будут нуждаться в послеполётном обслуживании и подготовке к следующему запуску, что также будет требовать персонала производителя, равно как и производство вторых ступеней, которые в этом сегменте будут оставаться одноразовыми.

Для российской частной космонавтики (ЧК), находящейся в зачаточном состоянии и не имеющей существенной государственной поддержки, задача создания в ближайшие 5 лет многоразовой РН среднего класса представляется невыполнимой. Однако, создание лёгкой РН с одноразовой первой ступенью представляется возможным, достижимым и весьма желательным.

1.5.2 Пилотируемые КА. Сложность и высокая стоимость эксплуатации пилотируемых КА типа «Спейс Шаттл», привела к тому что и в США, и в России при проектировании нового поколения пилотируемых КА типа «Orion», «DragonV2», «CTS-100» (США) и «Федерация», в 2019 г. переименованная в «Орёл» (РФ), вернулись к традиционной конфигурации капсул, так как их технология хорошо отработана, а с более эффективной «начинкой», на новой элементной базе, появилась возможность несколько расширить их функционал, по сравнению с историческими ветеранами «Аполлон» или «Союз». Тем не менее, в целом, возможности этих новых пилотируемых КА останутся существенно ограниченными по сравнению с аппаратами, выполненными по схеме «несущий корпус», так как «капсулы» генерируют слишком малую подъёмную силу при входе в атмосферу, и поэтому их траектории спуска характеризуются очень высокими температурными и динамическими нагрузками, а район посадки большим разбросом, поэтому её последняя фаза осуществляется с помощью парашюта.

Из-за этих ограничений, принципиально присущим аппаратам, выполненным по схеме «капсула», ожидается, что в ближайшие 5-10 лет, работы по пилотируемым аппаратам типа «несущий корпус», таким как Dream Chaser, созданным на основе HL-20, и реализуемые компанией Sierra Nevada Corporation, будут успешно завершены и этот аппарат будет сертифицирован для пилотируемых полётов. Вероятно, подобную программу в сотрудничестве с другой частной космической компанией, НАСА предпримет и для X-38, так как в фазе промышленного освоения околоземного космического пространства, будут необходимы многократные пилотируемые аппараты, способные совершать посадку на обычные аэродромы, требующие минимального послеполётного обслуживания и готовые к повторному запуску в космос в течение 24 часов [14].

1.5.3 Суборбитальные аппараты. Очевидно, что развитие суборбитальных аппаратов в России крайне необходимо не только ввиду их коммерческого потенциала, но и потому, что они являются технологическим демонстраторами и драйверами, как для недорогих и быстро реагирующих на запрос систем доставки в космос ПН массой до 2 т, так и для возвращаемых орбитальных ступеней будущего. В настоящий момент, в России, компанией «Космокурс» разрабатывается многократная суборбитальная система, с капсулой на 6 пассажиров, которая будет осуществлять посадку по баллистической траектории. В случае реализации проекта, его бизнес-план представляется жизнеспособным с точки зрения окупаемости и генерирования прибыли. Однако, необходимо создание условий для инициации в России более технологически амбициозных проектов суборбитальных систем, которые в свою очередь могли бы способствовать развитию более совершенных многократных орбитальных КА.

1.5.4 Орбитальные буксиры. Использование солнечных батарей намного более безопасно и практично по сравнению с ядерным реактором, поскольку последний является источником радиации и имеет более низкую надёжность из-за множества движущихся механических частей в контуре

преобразования тепла реактора в электрическую энергию. По этим причинам НАСА выбрало буксир с ионными двигателями и солнечными батареями в качестве базового транспортного средства для пилотируемых миссий в глубокий космос, к астероидам и, в конечном итоге, на орбиту Марса в 2030-х годах. ЕКА также работает над подобным, но значительно меньшим по размеру буксиром, который будет использован для перемещения ПН в транспортной системе Земля-Луна, разгона научных КА к другим планетам солнечной системы и для сбора космического мусора. Ввиду высокой характеристической скорости, более 10 км/сек, которую могут обеспечить такие буксиры и небольшой массы потребного для них топлива, планируется организовать их дозаправку в космосе, что обеспечит им долгий срок активной службы.

Для российской ЧК развитие направления орбитальных буксиров является очень перспективным, ввиду потенциала их широкого применения в растущей космической экономике, а также потому что разработка технологий для буксиров на основе ионных двигателей и солнечных батарей, представляется вполне посильной даже для небольших, но амбициозных стартап компаний.

1.6 Стратегия достижения желаемого результата

Из проведённого выше анализа было показано, что для создаваемой ЧК в России, наиболее перспективными направлениями развития космического транспорта являются создание лёгких многоразовых РН, суборбитальных аппаратов для нужд космического туризма, также служащих в качестве основы для недорогих, быстро реагирующих систем вывода лёгких ПН в космос, и наконец, суборбитальных буксиров, использующих ионные двигатели и солнечные батареи. Реализация этих целей для транспортного направления космического рынка и, в целом, создания ЧК как отрасли в России, требует параллельной работы над решением следующих задач:

1. Работа с целью перемены институционального мировоззрения государственных структур, таких как Госдума, ГК Роскосмос, министерств

образования и транспорта в сторону поддержки ЧК в России и создания условий, благоприятствующих её развитию. Разъяснение и внедрение в «умы, принимающие решения», понимания того, что возникновение, а затем и превращение в экономические и технологические драйверы космонавтики, а в будущем и национальной экономики, таких частных компаний, как SpaceX, Blue Origin и других, является результатом всеобъемлющей законодательной поддержки и финансирования со стороны конгресса США, НАСА, DARPA, а также американских университетов и инвестиционно-венчурного сообщества.

2. Превращение «Спейснет» в некое подобие «нервного центра» для организации взаимодействия по разработке перспективных технологий между стартапами, университетами, экспертным сообществом и госструктурами. В США вовлечение студентов и аспирантов университетов в исследовательские программы НАСА, начиная с 3-го курса бакалавриата, является основным ресурсом для формирования будущих стартапов, а также основным поставщиком кадров для космической индустрии. НАСА само составляет требования и технические задания (ТЗ) по наиболее перспективным технологиям, спонсирует проведение конкурсов для отбора наиболее способных студенческих коллективов и стартапов, отсеивает тех, кто не достигает поставленных промежуточных целей (Milestones), а успешно прошедшим их, оказывает финансовую поддержку вплоть до достижения ими показателей, оговоренных в первоначальном ТЗ, и помогает в рыночной коммерциализации разработанной технологии или продукта. Иными словами, «Спейснет» должен сам придавать направленность технологическому развитию ЧК в России, формулируя свои ТЗ вместе с экспертным сообществом и организуя конкурсы с участием университетов, стартапов и творческих групп для отбора и поддержки тех коллективов, которые представят проекты в наибольшей степени удовлетворяющие условиям, заявленным в ТЗ.

3. Разработка и создание в России студенческими группами или небольшими стартапами таких сложных систем как лёгкие РН, суборбитальные аппараты или космические буксиры будет оставаться недостижимой до тех пор, пока для них не станут доступны специализированные программные продукты, используемые для моделирования и инженерного анализа основных фаз создания этих систем, включая оптимизацию их траектории, аэро- и термодинамический анализ, вычислительную газодинамику, прочностной и статистический анализы. НАСА предоставляет в полное и безвозмездное пользование американским стартапам и университетам свыше 1000 программных продуктов для аэрокосмического анализа, экспорт которых в другие страны, или доступ к которым, не американским, третьим партиям запрещён, в соответствии с ИТАР. Именно доступность этого «инструментария» НАСА для решения инженерных задач проектирования, делает американские космические стартапы, и аэрокосмическую индустрию в целом, столь эффективными. Грубо говоря, ту работу, которую у нас выполняет подразделение в 200 человек, в американском стартапе в состоянии выполнить 10 человек, причём сделать это в разы быстрее. Поэтому, «Спейснет» в сотрудничестве с другими «нетами» НТИ и российскими университетами необходимо инициировать программы создания аналогичных программных продуктов или адаптации уже существующих, как основы, без которой принципиально невозможно повышение в разы производительности труда в российской ЧК и в аэрокосмической индустрии в целом.

1.7 Программа развития сегмента «Космический транспорт» на 3 – 5 лет

Набор конкретных мероприятий для транспортного направления будет зависеть от того какие именно технологические возможности и рыночные показатели будут выбраны в качестве достигаемых целей в каждом из сегментов космического транспорта. Однако, в целом, алгоритм действий по достижению желаемых целей развития направления космического

транспорта, которые должны быть достигнуты в следующие 3 -5 лет, должен состоять из следующих шагов:

1. Формирование ТЗ с учётом мнений рыночного, инвестиционного и космического экспертных сообществ.

2. Приглашение стартапов, университетских команд, творческих групп и представителей космической индустрии к участию в конкурсе на лучшие проекты, удовлетворяющие ТЗ сформированным «Спейснет» по сегментам космического транспорта.

3. Отбор лучших проектов, соответствующих требованиям ТЗ, и имеющих потенциал дальнейшего рыночного масштабирования.

4. Подготовка перечня промежуточных требований к отобранным (победившем в конкурсе) проектам, выполнение этих требований по окончании текущего этапа проектов, является необходимым условием для продолжения финансирования этих проектов в следующем этапе.

5. Пост-проектная поддержка «Спейснет» после завершения проектов для дальнейшего развития, масштабирования и коммерциализации их результатов.

1.7.1 Технологии, продукты, услуги и сервисы

Среди основных перспективных технологий, необходимых для создания конкурентоспособных РН, суборбитальных аппаратов и орбитальных буксиров, можно привести следующий, но далеко не исчерпывающий, перечень:

1. Разработка специализированных программных продуктов, используемых для моделирования и инженерного анализа основных этапов создания РН, пилотируемых суборбитальных аппаратов, а также орбитальных буксиров, включая оптимизацию их траектории, аэро- и термодинамический анализ, вычислительную газодинамику, прочностной и статистический анализы.

2. Гибридные ракетные двигатели, использующие твёрдое топливо и жидкий окислитель. Они менее сложны, чем ЖРД, более безопасны чем

твердотопливные и позволяют получить удельный импульс, вплоть до 400 сек. Гибридные РД позволят удешевить производство лёгких РН и суборбитальных аппаратов, и получить множество эксплуатационных преимуществ.

3. Применение технологии 3Д-печати для изготовления ракетных двигателей, включая такие их сложные компоненты, как турбонасосы и топливные форсунки. Использование 3Д-печати для производства РД существенно удешевит их производство и даст возможность осуществлять их кастомизацию, в соответствии с потребностями конкретной миссии или заказчика.

4. Изготовление силовых и несущих конструкций для РН, пилотируемых и суборбитальных аппаратов из композиционных материалов без необходимости использования технологии многослойной намотки синтетических волокон. Тем самым будет достигнуто существенное удешевление и ускорение изготовления до 80% от общего числа их конструктивных элементов и создана возможность формования различных конструктивных узлов сложной 3-х мерной формы, а не только тел вращения, как при изготовлении методом многослойной намотки.

5. Создание и лётная отработка адаптивных алгоритмов формирования траектории для РН и суборбитальных аппаратов, необходимых для придания этим системам возможности многоразового использования. Это подразумевает создание таких алгоритмов управления, которые при осуществлении посадки способны привести 1-ую ступень РН или последнюю ступень суборбитальной системы в район непосредственной близости от места их запуска или старта.

6. Создание и лётная отработка в условиях космоса системы магнитного экранирования для электрических ракетных двигателей малой тяги, основанных на эффекте Холла. Магнитная изоляция позволит повысить рабочий ресурс подобных двигателей с нескольких сотен часов сегодня, до нескольких лет в будущем, делая возможным создание автономных

орбитальных буксиров для выполнения различных задач в космосе, включая уборку космического мусора.

1.7.2 Ключевые потребители

1.7.2.1 Ракеты-носители. Основным потребителем услуг запуска ПН в космос с помощью лёгких и сверхлёгких РН будут частные компании, ведущие бизнес, связанный со связью, навигацией и ДЗЗ, с использованием специализированных малых КА. Университеты и научно-исследовательские организации также будут нуждаться в запусках малых КА в образовательных, исследовательских и экспериментальных целях. Объём рынка к 2023–2025 гг.: до 50 МКА в год в России, и 500 МКА в год в мире.

1.7.2.2 Пилотируемые КА. В среднесрочной перспективе 5–7 лет, представляется весьма маловероятным, что «Спейснет» станет интегратором столь сложного и дорогостоящего изделия, как пилотируемый КА, однако реалистично ожидать, что компетенции в проектировании КА и изготовлении их подсистем, приобретённые частными космическими компаниями под эгидой «Спейснет» будут востребованы более крупными государственными компаниями интеграторами пилотируемых КА. В более дальней перспективе, 8-10 лет, можно ожидать, что российские частные компании, создающие суборбитальные аппараты, достигнут уровня, позволяющего им самостоятельно производить и интегрировать пилотируемые КА.

1.7.2.3 Суборбитальные аппараты. Основными потребителями услуг и сервисов, которые могут быть реализованы с помощью суборбитальных аппаратов, в среднесрочной перспективе 5–7 лет, будут компании-операторы, специализирующиеся на суборбитальном и космическом туризме. В более дальней перспективе, 8-10 лет, по мере развития технологии и постепенного расширения функциональных возможностей суборбитальных аппаратов, можно ожидать что транспортные компании, специализирующиеся на экспресс-перевозках, сначала создадут сервисы по сверхбыстрой глобальной доставке грузов на базе суборбитальных систем, а затем и сверхбыстрой доставке пассажиров, так называемая, Point to Point Global Transport System.

1.7.2.4 Орбитальные буксиры. В среднесрочной перспективе, 5 – 7 лет, будут предприняты значительные усилия по совершенствованию орбитальных буксиров, использующих электрические ДУ малой тяги, с тем чтобы увеличить активный срок службы этих буксиров и отработать их дозаправку топливом в космосе. После того как эти ключевые усовершенствования будут достигнуты, ожидается фаза быстрого роста по их использованию для широкомасштабной уборки и переработки космического мусора, проблемы решение которой к 2025-2028 гг. станет абсолютно неотложным.

1.7.3 Ключевые заказчики

1.7.3.1 Ракеты-носители. Ключевыми заказчиками лёгких и сверхлёгких РН со стороны бизнеса будут частные компании-операторы, предоставляющие услуги запуска ПН в космос. Со стороны государства заказчиком будет прежде всего министерство обороны, а также министерства и ведомства, чья сфера деятельности периодически требует оперативного вывода в космос ПН для поддержания функционирования уже развернутых низкоорбитальных спутниковых группировок.

1.7.3.2 Пилотируемые КА. Поскольку, маловероятно что в ближайшие 8-10 лет российские частные космические компании будут в состоянии самостоятельно проектировать и интегрировать пилотируемые КА, представляется, что говорить о заказах на пилотируемые КА у частных российских космических компаний со стороны государственных или бизнес структур можно лишь в более отдалённой перспективе, 10 – 15 лет.

1.7.3.3 Суборбитальные аппараты. Ключевыми заказчиками суборбитальных аппаратов могут быть те же, кто является ключевыми потребителями услуг и сервисов, возможных благодаря этому классу технических систем, то есть компании-операторы, предоставляющие услуги космического туризма и в перспективе, через 8–10 лет, компании предлагающие сверхбыструю доставку в глобальном масштабе грузов и пассажиров, в стиле Point-to-Point услуг. Однако, в дополнение к этому

заказчиком также станет министерство обороны, которое может иметь необходимость запуска множества малых КА «по требованию» с помощью суборбитальных систем, способных доставить в необходимую точку запуска одноразовую вторую ступень, выводящую ПН в космос.

1.7.3.4 Орбитальные буксиры. В среднесрочной перспективе, 5–7 лет, ключевыми заказчиками орбитальных буксиров будут национальные космические агентства, которым необходимо переводить на специализированные и отлётные орбиты различные ПН, включающие спутники связи и навигации, спутники ретрансляции сигналов, а также научно-исследовательские, в том числе межпланетные КА, посылаемые к различным космическим телам в Солнечной системе. По мере совершенствования орбитальных буксиров и освоения их дозаправки топливом в космосе, резонно ожидать, что через 8–10 ключевыми заказчиками также станут частные компании, специализирующиеся на оказании различных сервисов в космосе, одним из важнейших среди которых будет уборка космического мусора и его утилизация с помощью орбитальных буксиров.

1.7.4 Барьеры

Среди барьеров, стоящих на пути достижения целей, описанных выше для различных сегментов направления «Космический транспорт» можно выделить три основных вида:

1. Технологические. За период, начиная с 1992 года и по настоящее время, произошло значительное отставание отечественной космонавтики, в особенности в тех технологиях, которые критически важны для полноценного становления в России частной космонавтики. Это касается как общих методов проектирования ракетно-космической техники, которые у нас до сих пор основываются на дискретных технических дисциплинах, а не на мультидисциплинарных методах, используемых в современной проектной практике в США и Западной Европе. Также, большим препятствием для становления у нас частной космонавтики является низкая

производительность труда в российской аэрокосмической отрасли, которая на один, а иногда и на два порядка ниже, чем на Западе, ввиду отсутствия стандартизированных отечественных программных продуктов, применяемых для моделирования всех основных фаз жизненного цикла современных ракетно-космических систем.

2. Инфраструктурные. Отсутствует опытно-испытательная база, которая была бы доступна по разумным тарифам и расценкам и в необходимой номенклатуре для российских космических стартап компаний. Это значительный барьер, без преодоления которого трудно ожидать, что у нас могут появиться частные космические компании, которые имели бы полный цикл деятельности, включающий в себя проектирование и изготовление опытных образцов, отработку и испытания элементов транспортных космических систем. Существует острая нехватка специализированных испытательных стендов и установок, где опытные изделия могут пройти свою отработку, так же, как и необходимой законодательной базы, которая регулировала бы связанные с этим вопросы.

3. Административно-правовые. Недостаток административно-правовой базы, а в некоторых жизненно важных для частной космонавтики вопросах, иногда её полное отсутствие является часто непреодолимым барьером для российских космических стартапов и частных компаний, планирующих вести бизнес в космической сфере. Вопросы, которые требуют своего решения в административно-правовой сфере, касаются получения лицензий на осуществление космической деятельности частными компаниями, регулирование их участия в тендерах и конкурсах на получение финансовой поддержки, кредитование этих компаний с учётом высоких рисков и неопределённости в отношении того, какими будут результаты, показанные опытными образцами космической техники, относящимися к транспортному направлению и т.д.

1.7.5 Меры государственной поддержки

Среди тех, кто в России оказывает меры государственной поддержки проектам, тематику которых можно отнести к частной космонавтике, основными являются следующие институты развития:

1. Инновационный фонд «Сколково».
2. Национальная Технологическая Инициатива (НТИ).

1.7.6 Дефициты

Представляется, что среди направлений развития НТИ наиболее продуктивным для «Спейснет», в целом, и для «Космического транспорта» в частности, было бы сотрудничество с направлением «Технет», поскольку важнейшим дефицитом для «Спейснет» является недостаток, а иногда и полное отсутствие специализированных программных продуктов, необходимых для моделирования и анализа всех фаз жизненного цикла ракетно-космических систем.

Насколько можно судить по доступной информации, направление «Технет» специализируется на кросс-отраслевой технологической поддержке развития рынков НТИ, а это включает создание и поддержку разнообразных аналитических инструментов для этих целей. Предполагается, что некоторые, а возможно, и многие программные продукты, создаваемые в рамках «Технет», смогут быть адаптированы или нужным образом модифицированы для того, чтобы использоваться для нужд технологического развития, проводимого в интересах сегментов «Космический транспорт» в «Спейснет». Это позволит сэкономить время и значительные ресурсы, так как развитие прикладных программных продуктов «с нуля», как правило, требует очень длительного времени и, вследствие этого, больших финансовых затрат.

С целью выполнения программы развития сегмента необходимо предусмотреть реализацию плана мероприятий (см. *Приложение 2* данного отчёта).

2. МАЛЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ

2.1 Сегмент «Малые космические аппараты» (МКА)

Ввиду того, что производством МКА занимаются в основном стартап компании, которые не подтвердили успешность собственных бизнес-моделей, сегментация данного рыночного направления в космической индустрии не произошла и данный сегмент является составной частью направления «Производство космических аппаратов» (Satellite Manufacturing) космического рынка.

Несмотря на то, что в самом сегменте «Производство космических аппаратов» есть следующее деление: «Коммерческая связь» (Commercial Communications), «Военная/гражданская связь» (Civil / Military Communications), «Исследование и разработки» (R&D), «ДЗЗ» (Remote Sensing), «Научные исследования» (Scientific), «Военная разведка» (Military Surveillance), «Навигация» (Navigation), «Другие направления» (Other), для сегмента МКА данное деление не является характерным и значимым с точки зрения анализа перспектив развития, так как содержит принципы разделения по иным характеристикам, присущим «старым» рынкам. Поэтому предлагается рассмотреть сегмент «Малые космические аппараты» с точки зрения развития новых рынков и выделить два подсегмента, в которых он будет развиваться:

- платформы МКА для различного применения;
- сервисы и (или) инфраструктура на базе КС, созданных на основе МКА.

2.1.1 Определение сегмента / подсегмента

Согласно ежегодному сборнику «The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018», выпускаемому FAA AST,

космические аппараты по массе делятся на группы, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Классификация КА по массе

	Килограммы (kg)	Фунты (lb)
Femto	0,01 – 0,1	0,02 – 0,2
Pico	0,09 – 1	0,19 – 2
Nano	1,1 – 10	3 – 22
Micro	11 – 200	23 – 441
Mini	201 – 600	442 - 1323
Small	601 – 1200	1324 - 2646
Medium	1201 – 2500	2647 - 5512
Intermediate	2501 – 4200	5513 - 9259
Large	4201 – 5400	9260 - 11905
Heavy	5401 - 7000	11906 - 15432
Extra Heavy	>7001	>15433

В настоящем отчёте под МКА будут пониматься КА, входящие в классы Femto, Pico, Nano, Micro, используемые для запуска и эксплуатации на низкой околоземной орбите (LEO) высотой до 2000 км от поверхности Земли.

Подсегмент «Платформы МКА различного применения» формируется из продуктов, имеющих схожие потребительские характеристики, изготавливаемых в единых технологических условиях и отвечающие одним и тем же стандартам. Одним из характерных продуктов данного подсегмента является открытая платформа МКА – CubeSats.

Концепция CubeSats, предложенная в 1998—1999 гг., состоит в следующем:

универсальный типоразмер — 10×10×11 см, масса не более 1,33 кг (в некоторых источниках 10×10×10 см, масса 1 кг) и объем 1 дм³, который обозначается «1U» («1 Unit», т.е. «1 модуль»);

при этом минимальный размер КА не меньше 0,25U, а максимальный не превышает 27U; применение в качестве форм-фактора плат подсистем формата PC/104 с 104-контактным разъёмом, что позволяет монтировать платы параллельно друг другу.

Наиболее важными определениями для данного подсегмента являются понятия «платформа» и «унификация».

Платформа — совокупность основных компонентов МКА, набор комплектующих, типовые конструктивные и технологические решения, используемое оборудование для разработки и производства МКА под различные целевые задачи.

Платформа применяется для унификации процесса производства комплектующих, что позволяет снизить стоимость создания новых изделий, повысить серийность и уровень автоматизации процессов, при этом сокращаются издержки и время на разработку новых моделей.

Унификация в данном случае понимается как разновидность систематизации, задача которой — распределение компонентов в определенной последовательности, образующей чёткую систему, удобную для применения.

Использование принципа унификации в конструкции платформы позволяет упростить последующую модернизацию изделий и их приспособление к новым условиям, что достигается с помощью метода базового агрегата, компаундирования, модифицирования, агрегатирования (принцип модульности). Таким образом, для платформы характерны короткие сроки проектирования, изготовления и ввода КА в эксплуатацию, что исключает моральное старение как одного аппарата, так и орбитальной группировки в целом.

Преимущества продуктов данного подсегмента:

- сокращение расходов на разработку новых моделей КА и уменьшение времени наладки производства для их выпуска; гибкое взаимодействие между отдельными предприятиями, что позволяет заказывать производство комплектующих у разных компаний;

- более широкое использование возможностей предприятий за счёт стандартизации производства;

- оптимизация запасов деталей и компонентов;

- возможность различных применений;

- повышение качества конечной продукции за счёт уменьшения номенклатуры компонентов;

- высокая востребованность низкобюджетных КА.

Недостатки, которые характерны для продуктов данного подсегмента:

- невозможность внесения изменений в платформу, обусловленная частичной несовместимостью конструктивных элементов, производимых разными разработчиками;

- высокая вероятность отзыва из эксплуатации большого числа деталей по причине обнаружения их дефектов при работе в условиях космоса.

Платформа МКА может состоять из следующих систем:

- бортовое кибернетическое устройство/бортовой комплекс управления;

- система энергообеспечения/система электропитания;

- бортовой радиотехнический комплекс;

- система телеметрического контроля;

- система ориентации и стабилизации;

- радиомаяк;

- бортовая кабельная сеть;

- контрольно-измерительные приборы;

- антенно-фидерное устройство;

- навигационная аппаратура;

- система обеспечения тепловых режимов.

Таким образом, производители вышеперечисленных систем и производимые ими продукты являются частью подсегмента «платформы МКА для различного назначения».

За функциональное (целевое) назначение МКА отвечает полезная нагрузка, которая интегрируется с платформой. К возможным направлениям целевого использования МКА следует отнести:

- дистанционное зондирование Земли с использованием оптико-электронных бортовых комплексов среднего и низкого пространственного разрешения;

- космическая связь, вещание (в составе низкоорбитальных космических систем связи и передачи данных);

- гелиогеофизическое и гидрометеорологическое обеспечение;

- научные космические исследования;

- орбитальное обслуживание – в части дистанционного мониторинга состояния (инспекции) КА, разворачиваемых конструкций и мониторинг околообъектовой среды;

- лётная квалификация ключевых элементов целевой и служебной аппаратуры перспективных космических аппаратов различного назначения и различной размерности;

- решение научно-образовательных задач, подготовка высококвалифицированных молодых специалистов для ракетно-космической отрасли, обладающих опытом разработки, изготовления и эксплуатации реального КА или отдельных его подсистем;

- другие виды деятельности, осуществляемые с помощью космической техники.

Использование МКА по различному целевому использованию является базовым условием определения подсегмента «сервисы и (или) инфраструктуры на базе КС, созданных на основе МКА».

Наиболее характерным примером продуктов данного подсегмента являются сервисы компаний Planet Labs Inc и Spire Global и создаваемая инфраструктура компанией OneWeb.

Так имея на орбите самую большую группировку из более чем 200 МКА размерности 3U компания Planet Labs Inc предоставляют услуги по ДЗЗ для таких рынков как: сельское хозяйство, образование и исследования, оборона и разведка, государственное управление, страхование, лесное хозяйство, энергетика и инфраструктура.

У компании Spire Global МКА той же размерности 3U, в количестве более 80, но через которые оказываются другие сервисы. Сервисы компании Spire Global имеют единую идеологию – орбитальная группировка как операционная система, на которой можно развернуть любое решение и приложение. То есть любая компания может взять в аренду спутниковую группировку для сбора данных с устройств на Земле в течение 6 месяцев.

Инфраструктура, создаваемая компанией One Web предназначена для передачи данных в сети Интернет. В настоящий момент компанией запущены 6 из 600 необходимых МКА собственной конструкции массой 147,7 кг, для полного функционирования КС. Лётные испытания МКА показывают возможность передачи данных на абонентские устройства со скоростью до 400 Мбит/сек.

Вышеуказанные примеры показывают два возможных подхода к формированию сервисов или инфраструктур на базе КС, созданных на основе МКА:

1. Использование существующих открытых платформ МКА, в случае с Planet Labs Inc и Spire Global это платформа CubeSats;
2. Разработка и производство собственной платформы МКА, что делает компания One Web.

Данное разделение, аналогично сложившейся практике и конкуренции на рынке мобильных устройств, на котором конкурируют две операционные системы IOS и Android.

Исходя из этого, компании, работающие в подсегменте «Платформы МКА для различного применения» являются «донорами» сегмента сервисов и инфраструктур.

При этом для создания сервиса и (или) инфраструктуры необходимы следующие условия:

1. Разработанная платформа МКА.
2. Отлаженная сеть поставщиков (кооперация) по поставке комплектующих.
3. Новые производственные технологии и принципы: вместо выпуска одного КА в течение года, выпуск нескольких МКА в течение одного месяца.
4. Распределённый по всему миру (в ключевых точках управления) наземный комплекс управления КС.
5. Абонентские устройства или сервисы доступные широкому кругу пользователей – ориентация на сегмент В2С.

Ввиду того, что зрелость рынка в данном сегменте низкая, у компаний работающих на нём нет устойчивых, подтверждённых бизнес-моделей, предложенное разделение на подсегменты достаточно условное и поэтому дальнейшее рассмотрение сегмента будет вестись целиком, с примечаниями, когда это будет необходимо для чёткого указания на конкретный подсегмент рынка.

2.1.2 Описание ситуации на мировом рынке и в России

Согласно данным Smallsats by the Numbers 2019 аналитического агентства Bryce Space and Technology общее количество запускаемых ежегодно МКА с 2012 по 2018 годы выросло в 6 раз с чуть менее 50 до почти 300 единиц, при этом количество МКА класса Nano и меньше в 2018 году по данным портала Nanosats.EU составила 254. Наибольшую долю среди запущенных МКА занимает платформа CubeSats, больше 70% от общего объёма. Если в начале 2000-х годов, основной целевой миссией запущенных МКА было некоммерческое использование, то в 2012-2018 уже половина

работающих на орбите МКА выполняли коммерчески значимые миссии. В денежном эквиваленте объём рынка производства МКА, а именно подсегмента «Платформы МКА для различного назначения» можно оценить по средней стоимости CubeSats и общему количеству запусков в год в общем размере до 1 млрд долларов США, что составляет примерно 5-7% от общего объёма рынка производства КА. Объём рынка по подсегменту «сервисы и (или) инфраструктуры на базе КС, созданных на основе МКА» можно оценить по лидеру рынка в данном сегменте компании Planet Labs Inc., которая в настоящее время одна из немногих генерирует выручку, по данным ресурса Crunch Base, в размере порядка 55 млн долл. США, что составляет примерно 2,5% от рынка ДЗЗ в размере 2,1 млрд долл. США. С учётом более низких выручек у других компаний, общий объём данного подсегмента не превышает суммы в 200 млн долл. США, что в настоящее время является незначимым для тех рынков, на которые ориентируются данные сервисы. Таким образом можно констатировать, что несмотря на то, что в данный сегмент ежегодно вкладываются суммы порядка 3 млрд долл. США со стороны инвесторов, в настоящее время рынок является не зрелым, а компании пока не генерируют достаточной выручки для развития. Однако темпы роста, которые составляют несколько десятков процентов в год дают возможность привлекать компаниям значительные суммы для развития собственных проектов.

Ситуация в России находится в ещё менее развитом состоянии. Прекращение деятельности компании Даурия Аэроспейс, слабые университетские проекты, которые заявляли 26 проектов по созданию спутников CubeSats, а выполнили в том или ином объёме 10 проектов, единичные запуски университетских МКА, а также компании Спутникс и планируемый запуск в декабре 2019 года МКА, созданного при участии компании НПЦ МКА, сделанных не на платформе CubeSats, отсутствие сервисов и инфраструктур на базе МКА говорит о том, что данного сегмента

в России практически не существует, а доля в мировом рынке составляет около 1% от общего числа производимых МКА.

На ряду с этим в мире перспективными направлениями применения КС на основе МКА относятся:

- отработка новых технологий;
- глобальный контроль в реальном масштабе времени движения гражданских судов и самолётов всех стран, оборудованных аппаратурой AIS и ADS-B, в том числе в перспективе и для БАС/БВС;
- обзорная съёмка заданных районов с высокой периодичностью в интересах экологического и сельскохозяйственного мониторинга, контроля чрезвычайных ситуаций и др.;
- глобальный мониторинг радиотехнической обстановки с локализацией и идентификацией источников и с передачей обработанной сжатой информации в близком к реальному масштабу времени;
- формирование сплошного радиолокационного поля с обнаружением целей с малой эффективной площадью рассеивания;
- связь и передача данных;
- гелиогеофизические исследования;
- мониторинг опасных объектов;
- дистанционный внешний контроль технического состояния пилотируемых и автоматических КА.

Именно исходя из такого большого перечня перспектив создаётся дополнительный приток инвестиций в данный сегмент, в том числе и от крупнейших корпораций мира. Так компания Джеффа Безоса Amazon в 2019 году объявила о старте проекта Kuiper по созданию КС из 3236 МКА на низкой околоземной орбите, которая обеспечит высокоскоростное широкополосное соединение с малой задержкой для доступа в сеть Интернет по всему миру. Правда характеристики самих МКА до настоящего момента не известны, как и на какой платформе они будут создаваться. Этот проект, проект компании OneWeb, а также проект StarLink от компании SpaceX, хотя

формально МКА в этом проекте и имеют массу 260 кг, что больше размерности рассматриваемой в настоящем отчёте, создают повышенное внимание и интерес к вложению средств и ресурсов в проекты создания МКА и сервисов на их базе.

В том числе и в России есть планы по созданию КС «Марафон – IoT», которая войдёт в проект Сфера и создаётся как инфраструктура для IoT. Помимо этого, в декабре 2019 года в рамках реализации НТИ был поддержан проект компании Спутникс по созданию универсальной платформы МКА массой до 200 кг.

2.1.3 Тренды

Рост рынка в сегменте МКА характеризуется следующими устойчивыми явлениями, наблюдаемыми в последнее десятилетие, которые оказывают наиболее значимое влияние:

- увеличение количества стартапов в области создания МКА в США. Так по сведениям ресурса Nanosats.eu за последние 5 лет с 2014 по 2018 годы основано 231 компании, ведущих деятельность в области наноспутников, а с 1990 по 2013 (24 года) всего 165, из них 80% компаний были основаны в США. Этот тренд возник за счёт существенного снижения стоимости входа на рынок, а именно: существенного удешевления ЭКБ, снижение административных барьеров, в первую очередь в США, доступность венчурного финансирования.

- увеличение количества устройств, подключённых к сети Интернет, в том числе промышленного (IoT), увеличение объёма трафика Интернета. Этот тренд создаёт запрос на создание новых беспроводных инфраструктур передачи данных, так как существующие технологии близки к пределу пропускной способности, за счёт растущих потребностей передачи данных. Так по анализу и прогнозу компании Cisco за период 2016—2021 гг. мировой объём IP-трафика вырастет втрое. К 2021 г. мировой объём IP-трафика достигнет 278 эксабайт в месяц (в 2016 г. аналогичный показатель составил 96 эксабайт). Годовой объём IP-трафика к 2021 г. может достигнуть 3,3

зеттабайт. Интернет-трафик в часы пик растёт быстрее усреднённого интернет-трафика: за рассматриваемый период он вырастет в 4,6 раза (среднегодовой прирост 35%) и к 2021 г. достигнет 4,3 Пбит/с. Усреднённый интернет-трафик за тот же период вырастет в 3,2 раза (среднегодовой прирост 26%) и к 2021 г. достигнет 717 Тбит/с.

- увеличение количества принимаемых политических и экономических решений в развитых странах с учётом экологического влияния, за счёт возросшей потребности населения к более качественной среде обитания. Данный тренд формируют запрос на изменяющиеся потребности людей в получение фактических и оперативных данных по текущему состоянию окружающей среды, которые нельзя фальсифицировать. Такие данные могут быть получены в том числе и из источников спутникового мониторинга ДЗЗ. В связи с этим и на дальнейшем усилении данного тренда, растёт внимание к создаваемым ресурсам и приложениям, которые могут обрабатывать такие данные и предоставлять аналитику по их интерпретации и обработке.

2.1.4 Желаемые результаты в долгосрочной перспективе

Исходя из текущих трендов и ситуации в России по сегменту МКА в долгосрочной перспективе до 2035 года могут быть достигнуты следующие результаты:

В подсегменте платформы МКА для различного назначения - создание собственной платформы класса Micro, которая будет унифицирована по ключевым служебным системам и способная работать с различными полезными нагрузками (связь, ДЗЗ, испытания приборов, различные датчики, в том числе для научных исследований), то есть должна быть универсальной. На базе такой платформы должны быть построены 2-3 КС различного назначения.

В подсегменте сервисы и (или) инфраструктуры на базе КС, созданных на основе МКА – создание 1-2 глобальных информационно-коммуникационных инфраструктур на базе многоспутниковой группировки МКА на низкой орбите, через которые оказываются услуги по

широкополосному доступу в сеть Интернет, обмену данными по интерфейсам M2M/IoT или сервисы по ДЗЗ.

Достижение таких долгосрочных результатов возможно путём реализации имеющегося (сохранившегося) задела в ГК «Роскосмос» и развитии университетских команд через решение следующих задач в горизонте ближайших 10 лет:

- разработка и принятие нормативно-правовых документов, учитывающих особенности частного инвестирования и способствующих быстрому и эффективному развитию и применению МКА как современного и массового сектора экономики. Снятие неактуальных административных барьеров, обеспечивающих массовое привлечение различных категорий частных инвестиций, что в конечном итоге должно привести к росту количества стартапов в России в области создания МКА;

- разработка и создание систем вывода и развертывания группировок и отдельных МКА на основе многоразовых и малых ракет-носителей, других возможных способов выведения МКА на орбиту для снижения порога выхода на рынок новых компаний способных создавать и подтверждать работоспособность платформ МКА;

- разработка концепций и эскизного проектирования КС на основе роёв и перепрограммируемых по целевым задачам группировок. Использование новых возможностей фрактальных группировок МКА для решения задач транспортной логистики, построения систем инспекции и обслуживания на орбите, для мониторинга космического пространства и борьбы с космическим мусором, решения задач безопасности космического движения с целью формирования задела для создания глобальных КС различного назначения;

- разработка, модульная унификация и подготовка к конвейерному производству элементов, платформ и в целом МКА отечественными производителями и на отечественных комплектующих. Создание высокопроизводительных прецизионных автоматических линий

производства элементов, деталей и узлов с использованием компьютерных, в т.ч. 3D-технологий для обеспечения массового производства МКА и возможности быстрого разворачивания многоспутниковых КС;

- внедрение мехатронных, микросистемных и нанотехнологий, обеспечивающих создание новых материалов, микро-миниатюризацию элементной базы, как основу для создания перспективных МКА;

- дальнейшее развитие и поддержка сообществ по таким программам как «Дежурный по Планете», реализуемым ФСИ, поддержка университетских команд по созданию МКА на базе платформы CubeSats с целью формирования кадрового потенциала для возникающей отрасли.

2.1.5 Стратегия достижения желаемого результата

Для получения желаемых результатов необходимо предпринять действия для создания условий появления стартап компаний, разрабатывающих платформы МКА и снижения административных и технологических барьеров входа таких компаний на рынок. При наборе достаточной «массы» стартапов обеспечить кооперацию таких компаний с ГК с целью создания КС, через которые будут предоставляться сервисы на глобальном рынке.

Данные действия включают в себя следующие этапы:

Этап 1 «Проб и ошибок» до 2030 года. Создание условий для возникновения стартап компаний и накопление ресурсов для создания глобальных продуктов через реализацию 1-2 метапроектов в области создания платформы МКА для различного применения и сервисов или инфраструктуры на базе КС, состоящей из МКА.

Этап 2 «Рывок на мировой рынок» до 2040 года. Создание консорциума, объединяющего стартап компании в области разработки МКА и ГК для создания глобального продукта в виде сервисов на основе КС, состоящей из МКА.

2.1.6 Программа развития сегмента на 3-5 лет

С целью реализации стратегии необходимо выполнить программу, состоящую из следующих этапов:

Этап 1 «Создание венчурного капитала и инициация создания стартапов» до 2021 года. Создание достаточного капитала для венчурного финансирования проектов в области создания МКА путём:

1. Перераспределения и увеличения объёма финансирования программ ФСИ, фонда Сколково, АО «РВК» и других институтов развития с целевым финансированием программ по созданию МКА, запуску МКА и развитию продуктов – сервисов, которые могут быть оказаны с использованием МКА на орбите.

2. Созданием венчурного фонда ГК «Роскосмос», который может обладать качественной экспертизой и источником финансирования проектов, иницируемых предприятиями ГК «Роскосмос».

3. Запуск специализированных акселерационных программ для проектов по созданию МКА.

Этап 2 «Снятие административных барьеров» до 2022 года. Разработка и корректировка законодательной, руководящей и нормативной базы, регламентирующей порядок создания, выведения и применения МКА, предусматривающей:

1. Возможность применения доступной ЭКБ некосмического исполнения отечественного и иностранного производства с упрощением порядка её выбора и применения.

2. Снижение объёма и упрощение порядка проведения наземной экспериментальной отработки МКА и испытаний перед пуском.

3. Порядок адаптации и запуска МКА.

4. Требования к параметрам рабочих орбит МКА.

5. Механизмы организации государственно-частного партнёрства в КД.

Этап 3 «Снятие основных технологических барьеров» до 2023 года. Организация производства приборного ряда для МКА, предусматривающая разработку:

1. Целевой аппаратуры, обеспечивающей решение задач ДЗЗ, связи и ретрансляции, гелиогеофизических исследований, науки и образования.
2. Приборного ряда служебных систем, обеспечивающих функционирование МКА в том числе в составе многоспутниковой системы (кластера) с различными принципами управления.

Этап 4 «Создание прорывного задела» до 2025. Отработка базовых технологий создания и управления многоспутниковыми КС на базе МКА в кооперации с ГК, предусматривающая:

1. Уточнение (обоснование) унифицированного ряда платформ служебных систем МКА.
2. Создание ряда унифицированных платформ служебных систем МКА.
3. Отработку технологий массового производства МКА.
4. Отработку сетевых технологий управления многоспутниковых (кластерных) систем.
5. Отработку технологий группового мультиагентного автономного управления и поддержания конфигурации орбитальной группировки.
6. Отработку технологий обработки на борту больших объемов данных в реальном масштабе времени.
7. Создание базового микроносителя для выведения МКА на орбиту.
8. Отработку технологий группового запуска МКА.
9. Создание наземной инфраструктуры для эксплуатации микроносителей и КС.

С целью выполнения этой программы необходимо предусмотреть реализацию плана мероприятий, который приведён в Приложении 3 данного отчёта.

2.1.7 Технологии, продукты, услуги и сервисы

Для достижения результатов по главным целям стратегии развития данного сегмента необходимо обеспечить создание и вывод на рынок следующий перечень продуктов, технологий и сервисов.

2.1.7.1 Технологии, на базе которых может вестись создание конкурентоспособных платформ МКА

С целью создания унифицированных и универсальных платформ МКА необходимо сделать качественный рывок в следующих группах технологий, с обязательной наземной отработкой в условиях приближенных к условиям низкой орбиты Земли и (или) получением лётного опыта:

1. Технологии проектирования и быстрого прототипирования, а также мелкосерийного выпуска российской ЭКБ в том числе и МЭМС, имеющей повышенную надёжность и корпусирование, выдерживающее ионизирующее излучение, характерное для низкой орбиты Земли. При этом стоимость такой российской ЭКБ должно быть на уровне (не выше) иностранных аналогов.

2. Технологии приборного производства, включающее возможность наземной отработки на уровне достаточном для подтверждения работоспособности на низкой орбите Земли.

3. Технологии проектирования и производства ВЧ и НЧ кабельной сети, в том числе и волноводов.

4. Технологии проектирования и создания энергопреобразующей аппаратуры мощностью до 200 Вт с удельной характеристикой до 100 Вт/кг.

5. Технологии проектирования и создания активной и пассивной системы ориентации с точностью по крену, тангажу и рысканию не хуже $\pm 0,05$ град.

6. Технологии проектирования и создания малогабаритных двигательных установок, различного типа действия, обеспечивающих тягу до 1 Н.

7. Технологии проектирования и создания систем передачи данных, включая антенные системы, по командной и целевой радиолиниям со скоростями до 10 Мбит/с и 100 Гбит/с соответственно.

8. Технологии проектирования и создания полезных нагрузок различного назначения, в том числе и для ДДЗ.

Уровень технологической готовности (TRL) по данным группам технологиям приведён в таблице 2.

Таблица 2. Уровень готовности технологий создания платформ МКА

№ п/п	Наименование группы технологий	Средний уровень TRL по группе (от 1 до 9)
1	ЭКБ и МЭМС	6
2	Приборное производство	5
3	Кабельная сеть	6
4	ЭПА	6
5	Системы ориентации	7
6	Двигательные установки	5
7	Системы передачи данных	7
8	Полезные нагрузки	4

На базе вышеперечисленных технологий должны быть разработаны и выпущены на рынок соответствующие приборы и системы. При этом стоит понимать, что правильной стратегией продвижения таких продуктов на рынок будет являться такая стратегия, которая предусматривает, что продукт обладающий исключительными конкурентоспособными техническими характеристиками, превышающие конкурентов на порядок, может продаваться только в составе платформы.

2.1.7.2 Технологии, на базе которых может быть создана КС

В условиях, когда появится конкурентоспособная платформа МКА можно будет вести создание на её базе КС, с необходимостью разработки следующих технологий:

1. Создание системы массового проектирования и производства МКА.
2. Группового запуска МКА и разведения по низкой орбите Земли.
3. Организация управления группировкой (роем) МКА, включая разработку бортовой и наземной аппаратуры, протоколов взаимодействия, логистики (перемещения по орбите) и др.

Уровень готовности данных технологий находится на ником уровне и не превышает TRL 4.

На базе созданных КС можно запустить сервисы, которые в настоящий момент могут представлять два типа:

1. на базе предоставления ДЗЗ;
2. как инфраструктура передачи данных (IoT, Интернет).

2.1.8. Ключевые потребители

Ключевые потребители сегмента будут меняться по мере зрелости и развития технологий. В первоначальный этап развития сегмента ключевыми потребителями будут малые инновационных компании (стартапы), ведущие разработки в области создания МКА, которые будут иметь потребность в различных системах и приборах входящих в состав платформ.

На среднем этапе развития, ключевыми потребителями станут крупные компании на рынке, которые будут испытывать потребность в глобальных инфраструктурах для передачи данных, например такие, у которых бизнес связан с логистикой на несколько десятков тысяч километров или с мониторингом больших пространств и протяжённых линейных объектов.

На этапе максимального развития сегмента ключевыми потребителями сегмента станут домохозяйства, которые могут с помощью сервисов решать в том числе и повседневные свои задачи, связанные с доступом в сеть

Интернет, функционированием систем подключенных к IoT, таких как «умный дом», получением достоверной информации из данных ДЗЗ, в том числе при планировании путешествий и получения информации о климатической и экологической ситуации.

2.1.9 Ключевые заказчики

Ключевым заказчиком сегмента со стороны государства является министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, которое может решить задачу с созданием инфраструктур доступа в сеть Интернет в труднодоступных регионах, развитию технологий IoT и применению цифровых технологий на основе ДЗЗ в органах государственной власти.

Со стороны бизнеса в развитие сегмента роль заказчика будет за телеком-операторами и компаниями-провайдерами спутниковых снимков и сервисов на их базе, которые могут расширить ассортимент предлагаемых продуктов и улучшить качество услуг. В решениях КС для IoT заказчиком могут выступить крупные компании, реализующие глобальные проекты по созданию современных автоматизированных заводов, которые смогут решить задачу высоких инвестиционных издержек при строительстве и создании ИТ-инфраструктуры в удалённых и труднодоступных регионах, например, такие как проведение сети на нефтяные скважины в тундре и тайге или нефтяные платформы на шельфе и в океане.

2.1.10 Барьеры

В настоящее время технологические барьеры имеют локальный характер, не препятствующий к началу развития сегмента и преодоление которых будет приводить не к существенному, но поступательному росту качества продуктов и значимыми в развитии сегмента являются следующее:

1. Отсутствие достаточного количества людей, обладающих нужными навыками и компетенциями, способных запустить стартап в области МКА.
2. Недостаток венчурного финансирования в России в проекты, связанные с разработкой продуктов в области МКА.

3. Отсутствие нормативно-технической базы (в т.ч. регламентов) производства космической техники с минимальными требованиями, характерными для создания МКА для низкой орбиты Земли. Существующая нормативная база носит одинаковый характер как для маленьких проектов, так и для крупномасштабных.

4. Нет доступности к регулярным запускам МКА.

5. Нет доступной испытательной базы и специальных методик проведения испытаний для МКА, в объеме необходимом для низкой орбиты Земли.

Преодоление вышеперечисленных барьеров может способствовать качественному развитию сегмента МКА.

2.1.11 Меры государственной поддержки

Перечень существующих мер поддержки для сегмента из федеральных программ (с привязкой к министерствам), институтов развития, фондов (частных и государственных), региональных инициатив, др.

Ввести в Федеральную космическую программу 2016-2025 годов отдельным пунктом развития направления создания платформ и КС на базе МКА с кратным увеличением количества, запускаемых КА с десятков до сотен.

В институтах развития предусмотреть возможность, сквозной поддержки различных этапов при создании продуктов сегмента МКА, без прохождения дополнительных экспертиз и конкурсов, если на предыдущем этапе были достигнуты заявленные результаты. Например, если по гранту ФСИ по программе «Развитие НТИ» были получены средства на создание эскизного облика платформы МКА и работы были сданы в полном объеме и без замечаний, то по программе АО «РВК» «Технологический прорыв» необходимо выделить грантовые средства вне конкурса на создание МКА, с целью подтверждения работоспособности платформы и возможности создания на её базе продукта.

2.1.12 Дефициты

Дефициты, которые можно закрыть с привлечением других сегментов и рынков НТИ (из расчета оказания услуг или поставку продуктов/оборудования в соседние сегменты) для достижения синергии и избегания дублирования.

Основные дефициты, которые могут быть получены в рамках реализации дорожных карт НТИ следующие:

1. Кадровый дефицит, необходимый для создания нужного количества стартапов в области МКА, который может быть закрыт по результатам деятельности кружкового движения в реализации таких проектов, как «Дежурный по планете», «Олимпиада НТИ», детского центра «Сириус» в г. Сочи, космоквантумах сети «Кванториумов».

Дефицит новых передовых производственных технологий, которые могут стать основой для массового производства МКА, ракетоносителей для вывода их на орбиту и создания КС. Такие технологии создаются в рамках дорожной карты «Технет НТИ».

2.2 Сегмент спутниковые системы и услуги дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)

Направления подсегмента спутниковые системы:

1. спутниковые группировки;
2. наземная космическая инфраструктура для принятия данных.

Направление подсегмента услуги ДЗЗ:

1. космофотофиксация;
2. оперативный мониторинг.

2.2.1 Определение сегмента/подсегмента

Сегмент спутниковые системы и услуги ДЗЗ является частью рынка Спейснет и определяет взаимоотношения участников рынка по созданию продуктов и услуг, основанных на использовании данных, полученных с активных или пассивных датчиков, в том числе в режиме реального времени

и в различных диапазонах, переданных с космических аппаратов. Сегмент состоит из двух подсегментов: космическая составляющая – спутниковые системы и сервисная составляющая – услуги по обработке данных ДЗЗ.

Спутниковые системы предназначены для изучения поверхности Земли с помощью активных или пассивных датчиков в различных радиодиапазонах и передачи данных об исследованиях на наземную космическую инфраструктуру, где они размещаются в центрах обработки данных и могут быть доступны для последующей обработки в достаточный промежуток времени неограниченному кругу потребителей.

Полученные данные со спутниковых систем позволяют оказывать услуги по их обработке в двух направлениях. Первое направление – космофотофиксация, то есть фиксация текущего, в определенный момент времени состояния земной поверхности и объектов на ней. Примером этого может служить фиксация фактически зарегистрированных и реальных границ использования земельных участков, лицензионных границ и фактическое использование природных ресурсов. Второе направление – оперативный мониторинг, в том числе в режиме реального времени процессов происходящих во времени на поверхности Земли. Примеры мониторинга широко известны, такие как прогноз погодных явлений, распространение стихийных бедствий, контроль популяции животного мира, процессы техногенного воздействия человека на природу (сельское хозяйство, строительство, загрязнения и т.п.).

2.2.2 Описание ситуации на мировом рынке и в России

Рынок услуг по обработке данных ДЗЗ является быстрорастущим. С точки зрения среднесрочных перспектив его развития существующие оценки предусматривают, что к 2025 году его объем будет составлять от 8 до 15 млрд долл. США в год. В России объём рынка может составить до 1 млрд долл. США в год.

В части подсегмента спутниковые системы рынок показывает уверенный рост по созданию космических систем (КС).

По данным консалтингового агентства Forecast International Inc. (FI) ежегодные поставки спутников дистанционного зондирования растут высокими темпами. Если в 2013 году было запущено только 18 спутников дистанционного зондирования, то в 2017 году было запущено 177 космических аппаратов.

При этом по прогнозу «Рынок гражданских и коммерческих спутников дистанционного зондирования» агентства FI следует, что эта тенденция будет продолжена. В течение прогнозируемого периода 2018-2032 гг. гражданские и коммерческие спутниковые операторы выведут на орбиту 3997 спутников ДЗЗ, что в стоимостном выражении составит примерно 39 млрд долл. США.

Согласно данным годового отчёта за 2016 год ГК «Роскосмос» по состоянию на 1 января 2017 г. группировка КА ДЗЗ состояла из 8 КА, в том числе: 3 КА – природоресурсного назначения, 4 КА – гидрометеорологического и 1 КА для мониторинга чрезвычайных ситуаций.

Согласно Федеральной космической программе России на 2016 – 2025 годы к 2025 году планируется увеличить орбитальную группировку с 8 КА (в 2015 году) до 23 КА. Орбитальная группировка средств ДЗЗ позволит значительно снизить зависимость РФ от использования зарубежной космической информации и одновременно выполнить международные обязательства в области глобального гидрометеорологического наблюдения.

2.2.3 Тренды

Основными трендами в подсегменте спутниковых систем являются:

- снижение массы выводимого на орбиту КА;
- увеличение разрешающей способности и повышение функциональности полезной нагрузки;
- снижение себестоимости производства космических аппаратов предназначенных для получения данных дистанционного зондирования Земли.

Основными трендами в подсегменте услуг обработки данных ДЗЗ являются:

- увеличение использования компаниями технологий машинного обучения для обеспечения автоматической обработки снимков;
- рост числа сервисов, в которых происходит использование не только космических снимков, но и снимков полученных с помощью беспилотных авиационных систем;
- увеличение решений с гибридизацией, объединением данных дистанционного зондирования с телематическими задачами (M2M), технологиями интернета вещей (IoT), системами управления сложными комплексами;
- рост числа малых компаний, которые оказывают услуги по обработке данных дистанционного зондирования Земли.

2.2.4 Желаемые результаты в долгосрочной перспективе

Развитие сегмента спутниковых систем и услуг по обработке данных ДЗЗ рынка Спейснет в России позволят создать 2-3 российских глобальные компании, которые будут иметь в управлении спутниковую систему, наземную космическую инфраструктуру, включая центры обработки данных, позволяющие оказывать услуги на основе данных ДЗЗ, занимая при этом не менее 20% мирового рынка.

В горизонте 10 лет будет развёрнута группировка спутников, состоящая не менее чем из 30 КА, имеющие полезную нагрузку, позволяющую получать данные высокого и сверхвысокого пространственного разрешения 80% территории России не менее, чем 1 раз в сутки. Для приёма данных со спутников будет развёрнута наземная космическая инфраструктура, в том числе станции, позволяющие принимать данные в режиме реального времени.

Для массового производства космических аппаратов ДЗЗ будут преодолены технологические барьеры в области создания унифицированных систем бортовых комплексов управления космических аппаратов,

волноводных компонент приёма-передающей аппаратуры, полезной нагрузки, в том числе камер в оптическом диапазоне сверхвысокого разрешения.

Данные, получаемые со спутниковых систем, будут храниться и обрабатываться в российских центрах обработки данных, на инфраструктуре которых будут развёрнуты геосервисы для широкого круга потребителей, в том числе с целью исполнения государственных услуг.

Федеральные и региональные органы исполнительной власти будут использовать в своей деятельности данные ДЗЗ при принятии решений о выделении тех или иных природных ресурсов контроль которых возможен с помощью космофотофиксации. Существенным образом снизится незаконное использование природных ресурсов, усилится контроль над исполнением условий выданных лицензий.

Будет функционировать не менее 2-3 экосистем геосервисов с объёмом рынка услуг по обработке данных ДЗЗ в России не менее 1 млрд долл. США, с выручкой по экспорту данных услуг не менее 3 млрд долл. США. Основными агентами экосистем геосервисов станут компании, представляющие космические снимки, снимки с беспилотных авиационных систем, услуги по автоматизированной обработке снимков на базе технологий машинного обучения, аналитики и систем принятия решений. Основными компаниями потребителями геосервисов станут сельхозпроизводители, предприятия нефтегазового сектора, страховые компании, строительные компании, предприятия лесозаготовительной отрасли, транспортно-логистические компании, компании имеющие протяжённые линейные объекты: нефтяные и газовые трубопроводы, электрические сети, железные и автомобильные дороги.

Впервые будут протестированы продукты, реализующие концепцию гибридизации данных ДЗЗ с телематическими задачами (M2M), технологиями интернета вещей (IoT), системами управления сложными комплексами, в том числе в реальном времени.

В горизонте 20 лет российскими компаниями будет развёрнута спутниковая система, позволяющая в режиме реального времени получать данные ДЗЗ высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, сопряженная с другими космическими системами ретрансляции, что позволит принимать данные вне зависимости от наличия на территории других стран наземной космической инфраструктуры и оказывать услуги любому потребителю на планете.

Отработанные технологии по обработки данных ДЗЗ с помощью машинного обучения позволят существенным образом снизить стоимость данных услуг и сделать экосистему геосервисов доступной для домохозяйств.

Технология получения данных с помощью космических аппаратов и беспилотных авиационных систем будет интегрирована и станет основой для создания базовой инфраструктуры Интернета вещей (IoT).

2.2.5 Стратегия достижения желаемого результата

Для достижения желаемого результата на первом этапе до 2025 необходимо снизить порог вхождения частным компаниям в подсегмент создания спутниковых систем за счёт кратного удешевления комплектующих космических аппаратов за счёт их унификации и массового производства, а также снизить стоимость вывода КА на орбиту.

Развернуть до 2025 года наземную космическую инфраструктуру для приёма, хранения и обработки данных, в том числе в режиме реального времени.

Стимулировать до 2025 года развитие экосистемы геосервисов путем создания программного обеспечения с открытым исходным кодом обработки данных ДЗЗ на основе машинного обучения.

До 2025 года запустить популярные образовательные программы на уровне общего среднего образования, в том числе в сети Кванториумов и образовательных центров типа Сириус и профессиональные на уровне высшего образования.

На втором этапе до 2035 года развития сегмента необходимо поддержать создание спутниковых систем, в том числе за счёт увеличения государственного заказа на запуск космических систем ДЗЗ.

В части развития подсегмента услуг до 2035 года поддержать экспорт услуг по обработке данных ДЗЗ, в том числе за счёт субсидирования издержек на хранение и обработку данных в центрах обработки данных и использования программного обеспечения на базе технологий машинного обучения.

2.2.6 Программа развития сегмента на 3-5 лет

С целью реализации стратегии снижения порога входа на рынок производства спутниковых систем частным компаниям, в срок до 2023 года поддержать проекты, в том числе за счёт грантового финансирования, по разработке унифицированных комплектов оборудования космических аппаратов (бортовые комплексы управления, системы ориентации и стабилизации, системы электропитания, волноводные тракты и кабельная сеть, полезные нагрузки) и ракет легкого класса.

Для достижения результатов по созданию инфраструктуры приёма, хранению и обработке данных ДЗЗ до 2021 года предложить Правительству РФ снизить или субсидировать тарифы на электроэнергию для центров обработки данных (ЦОД), которые будут вести деятельность в области обработки данных ДЗЗ. Предусмотреть возможность размещения рядом с такими ЦОД наземной космической инфраструктуры для приёма данных ДЗЗ за счёт средств федерального бюджета.

Провести анализ нормативно-правовой базы Российской Федерации на предмет определения возможности использования данных ДЗЗ при принятии решений органами исполнительной власти. До 2021 года принять Федеральный Закон, регламентирующий принятие решений органами исполнительной власти по отдельным вопросам исключительно на основе данных ДЗЗ.

С целью развития экосистем геосервисов до 2023 года поддержать три пилотных проекта по сегментам B2G, B2B, B2B2C, как это описано ниже в разделе 2.2.7.

Для запуска образовательных программ и популяризации деятельности в области обработки данных ДЗЗ до 2021 года дооснастить за счёт средств федерального бюджета центры Кванториумов и Сириусов станциями приёма данных со спутников ДЗЗ в режиме реального времени, создав таким образом сеть таких станций и масштабировать проект «Дежурный по планете» с включением всех регионов страны. Обеспечить бесплатный доступ к работе с данными полученными через вышеуказанные станции университетских команд - разработчиков геосервисов.

Для реализации программы развития сегмента необходимо выполнить план мероприятий, приведённый в *Приложении 3* данного отчёта.

2.2.7 Технологии, продукты, услуги и сервисы

В рамках стратегии развития сегмента необходимо разработать следующие ключевые технологии:

1. В части спутниковых систем: унифицированные комплекты оборудования космических аппаратов, таких систем, как бортовые комплексы управления, системы ориентации и стабилизации, системы электропитания, волноводные тракты и кабельная сеть, полезные нагрузки.
2. Средства вывода на орбиту легкого класса для МКА.
3. Технологии машинного обучения и искусственного интеллекта для автоматической обработки изображений.
4. Приёма спутникового сигнала в режиме реального времени.

Для запуска экосистем геосервисов необходимо запустить три платформы:

1. Космофотофиксация (B2G).

Целевая аудитория: федеральные органы исполнительной власти, региональные органы исполнительной власти.

Цель: контроль использования территории, взимание штрафов с использованием концессионной модели участия геопространственного бизнеса.

Краткое описание: создание актуального геопортала, фиксирующего фактически зарегистрированные и реальные границы использования земельных участков, лицензионные границы и фактическое использование природных ресурсов и т.п.

2. Инвестиционный геостандарт (B2B).

Целевая аудитория: инвесторы, предприниматели, органы местного самоуправления, региональные органы исполнительной власти.

Цель: привлечение частной инициативы, бизнеса к развитию территории и производственных ресурсов; развитие экономики и социокультурной базы района.

Краткое описание: создание публичного портала принятых документов и пространственных ограничений (планы территориального развития, генпланы, водоохраных зоны, охранные зоны линейных сооружений и пр.), связанных с размещением бизнеса на территории; социальных и экономических показателей района. Оказание юридической и организационной поддержки для создания новых бизнес-структур.

3. Бюро геопространственной экспертизы (B2B2C).

Целевая аудитория: предприниматели, домохозяйства.

Цель: скорейшее разрешение конфликтов и споров с целью ускоренного развития частной и предпринимательской инициативы.

Краткое описание: создание геоинформационного портала, направленного на максимальное обеспечение досудебных решений и конфликтов в области использования земельных ресурсов, налогов на недвижимость, страховки и т.п., юридическая поддержка.

2.2.8 Ключевые потребители

Ключевыми потребителями в подсегменте спутниковых систем будут компании, оказывающие сервисы на основе обработки данных ДЗЗ, которые

заинтересованы в снижении издержек (более низкой стоимости съемки 1 кв. км) и высокой скорости получения данных с КА. Эта группа потребителей приобретает данные со спутниковых систем для последующей обработки.

В подсегменте услуг по обработке данных ДЗЗ ключевыми потребителями будут являться органы государственной власти, крупные корпорации и предприниматели, имеющие потребность в мониторинге и анализе данных ДЗЗ для принятия управленческих и инвестиционных решений. Данная группа потребителей приобретает услуги по обработке данных о фактическом состоянии объектов, находящихся на поверхности Земли. Потребители сегментируются по отраслям: нефтегазовая отрасль и энергетика, страховые компании, сельхозпроизводители, лесозаготовители, домохозяйства, органы исполнительной власти всех уровней. В зависимости от задач в сегменте потребители получают разные виды услуг, но базовым остаётся зависимость стоимости конечной услуги от себестоимости полученного снимка 1 кв. км территории, скорости и периодичности получения данных.

2.2.9 Ключевые заказчики

Ключевыми заказчиками развития данного сегмента со стороны государства являются:

- Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России);
- Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России);
- Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России);
- Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства (Минстрой России);
- Министерство транспорта Российской Федерации (Минтранс России);

- Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации;
- Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России);
- Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России);
- Региональные органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации;
- Органы местного самоуправления.

Для заказчиков, представляющих интересы государства, могут быть решены задачи по фиксации фактического исполнения принятых ими решений по вопросам их непосредственной деятельности, увеличение прозрачности деятельности и снижения коррупции, снижение издержек для принятия управленческих решений и проведения фактического контроля, повышение инвестиционной привлекательности территорий.

Со стороны бизнеса, в том числе с 100% государственным участием основными заказчиками развития данного сегмента являются:

1. ГК «Роскосмос»;
2. Операторы по обработке данных спутниковых снимков, такие как ГК «Сканекс», компания «Совзонд».
3. Компании, осуществляющие разработку программного обеспечения с использованием технологии машинного обучения и искусственного интеллекта.

Для бизнес-заказчиков будет решена ключевая задачей по увеличению объёма рынка.

2.2.10 Барьеры

Главным технологическим барьером для развития сегмента является получение снимков земной поверхности сверхвысокого разрешения менее 1 м, шириной полосы съёмки более 100 км в различных спектральных каналах и возможностями видео и стереосъёмки.

Административно-правовой барьер для развития данного сегмента заключается в отсутствии обязательств использования данных ДЗЗ при их экономической целесообразности и полной прозрачности при принятии решений органами государственной власти.

Ключевым образовательным барьером и проблемой в популяризации использования данных ДЗЗ в хозяйственной деятельности, в том числе и домохозяйств является отсутствие доступной инфраструктуры к получению снимков со спутниковых систем ДЗЗ.

2.2.11 Меры государственной поддержки

Для развития сегмента могут быть использованы существующие механизмы поддержки проектов НТИ и программы «Цифровая экономика», в том числе грантовое финансирование через Фонд содействия инновациям.

Существенный эффект в развитии сегмента произойдёт, если будет принят Федеральный Закон, регламентирующий принятие решений органами исполнительной власти по отдельным вопросам исключительно на основе данных ДЗЗ.

2.2.12 Дефициты

Дефициты в развитии сегмента могут быть компенсированы за счёт мероприятий дорожной карты НТИ «Технет», в части взаимодействия по разработкам систем искусственного интеллекта.

3. СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ И ВЕЩАНИЕ

3.1. Определение сегмента

Сегмент «Спутниковая связь и вещание» направлен на создание, развитие и использование российских технологий спутниковой связи, и расширение возможностей российских спутниковых систем связи.

В рамках сегмента «Спутниковая связь и вещание» планируется проводить планомерную работу по реализации системных решений, направленных на развитие российских технологий спутниковой связи, и более эффективное внедрение результатов космической деятельности в различные отрасли национальной экономики.

Основными задачами сегмента «Спутниковая связь и вещание» являются:

- цифровая трансформация общества через внедрение спутникового широкополосного доступа в Интернет;
- развитие SMART возможностей подвижных транспортных средств с использованием спутниковой связи;
- развитие интеллектуальных транспортных систем и инфраструктуры;
- использование технологий спутниковой связи для IoT, M2M и V2V, внедрение спутниковых технологий при решении задачи «Умный город», «Умный дом»;
- создание современного спутникового абонентского оборудования, отвечающего последним мировым тенденциям;
- развертывание VSAT сетей, обеспечивающих организацию мультимедийных услуг и приложений.

Обеспечение связью транспортных средств и объектов, расположенных в труднодоступных местах позволит решить задачи цифровой трансформации России, которые определены Указом Президента Российской

Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.», в том числе:

1) обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере;

2) создание сквозных цифровых технологий преимущественно на основе отечественных разработок;

3) создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок;

4) создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объёмов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств;

5) снижение количества мест концентрации дорожно-транспортных происшествий (аварийно-опасных участков) на дорожной сети в два раза по сравнению с 2017 годом;

6) внедрение новых технических требований и стандартов обустройства автомобильных дорог, в том числе на основе цифровых технологий, направленных на устранение мест концентрации дорожно-транспортных происшествий;

7) внедрения интеллектуальных систем управления электросетевым хозяйством на базе цифровых технологий.

8) обеспечение информационной безопасности на основе отечественных разработок при передаче, обработке и хранении данных, гарантирующей защиту интересов личности, бизнеса и государства;

9) внедрение цифровых технологий и платформенных решений, включающей в себя венчурное финансирование и иные институты развития.

3.2 Описание ситуации на мировом рынке и в России

Информационные космические системы являются важным элементом обеспечения национальной безопасности, развития ряда высокотехнологичных отраслей и секторов экономики государства, эффективного управления развитием регионов государства и реализации программ цифровой экономики. Космическая связь- стратегическое звено геополитики любого государства, ставящего цель сохранения суверенитета, технологической независимости и инновационного развития.

Отрасль спутниковой связи и вещания динамично развивалась и оставалась коммерчески выгодным видом космической деятельности на протяжении многих лет. Отрасль включает несколько типов деятельности:

- разработку и производство космических аппаратов связи и вещания;
- пусковые услуги;
- предоставление телекоммуникационных услуг конечным пользователям;
- производство и продажу наземного приемо-передающего оборудования.

В соответствии с Регламентом радиосвязи Международного Союза Электросвязи (МСЭ) (The International Telecommunication Union- ITU) спутниковые телекоммуникационные сервисы, предоставляемые конечным пользователям, делятся на три основных службы:

- фиксированную спутниковую службу (fixed satellite service, FSS);
- подвижную спутниковую службу (mobile satellite service MSS);
- радиовещательную спутниковую службу (broadcasting satellite service, BSS).

Операторы FSS предоставляют спутниковую ёмкость (Transponder agreements) для радиовещания (Broadcasting) и телекоммуникаций (Telecommunication). В свою очередь радиовещание включает телевизионное и звуковое вещание.

Наличие большого числа игроков на ограниченной площадке естественным образом привело к тому, что эпоха высокой доходности спутниковой отрасли закончилась. Инвестиционные фонды, частные инвесторы и банки начали искать другие варианты вложения средств и, начиная с 2015 г., стали выводить средства из отрасли спутниковой связи по причинам:

- избыточности предложения емкости на рынке спутниковой связи и снижения стоимости акций операторов;

- появления у большого количества потребителей альтернативных (в основном наземных) способов получения данных, телевизионных и звуковых сигналов;

- обострения конкуренции и ценовой войны между старыми и новыми операторами во всех регионах мира, что негативно влияет на объемы выручки;

- замедления спроса на спутниковую связь на развивающихся рынках Азии, Южной Америки, Африки и Восточной Европы ввиду экономического кризиса и падения курса национальных валют;

- появления полностью электрических спутников, что снижает издержки операторов и, как следствие, ведет к снижению тарифов на емкость;

- сокращения заказов со стороны государственных и военных структур.

Рынок отреагировал на эти причины падением стоимости спутниковой емкости. Известно, что стоимость услуг спутниковой связи с 2010 г. падала со скоростью от 2 до 3% в год.

Темпы роста спутниковой индустрии замедляются. Динамика, структура и тенденции развития телекоммуникационного рынка зависят от экономического состояния мировой экономики в целом, экономического состояния отдельных регионов и ряда других факторов. Существовали опасения, что наземные волоконно-оптические и беспроводные технологии вытеснят спутниковую связь. Однако спутниковая отрасль устояла благодаря

разработке и развитию новых технологий, которые позволили внедрить новые услуги (спутниковое цифровое телевизионное и звуковое вещание, телевидение высокого разрешения, спутниковый широкополосный доступ и т.п.). Сегодня все операторы спутниковой связи используют вместо стандартной телефонии видео и мультимедийные виды сервисов.

Спрос на услуги спутниковой связи и вещания, обусловлен следующими факторами:

- наличие коммуникационного пространства и наличие возможности широкополосного доступа являются существенными элементами инфраструктуры, без которой невозможен экономический рост в любой стране;

- глобализация экономической активности приводит к расширению географической зоны деятельности крупных компаний и их сетевой инфраструктуры;

- рост объема контента и разработка новых форматов и стандартов его передачи приводит к повышению требований к ширине занимаемой полосы частот, с учетом того, что производители контента заинтересованы в максимальном охвате потенциальной аудитории на основе различных технологий передачи видео и ТВ. Примерами таких технологий являются HDTV, 3DTV, IPTV (распространение через Интернет и другие IP сети телевизионных каналов), вещание видео на мобильные терминалы, другие устройства;

- расширение ассортимента мобильных приложений, включая беспроводные услуги передачи данных, морскую связь, связь в самолетах, а также различные голосовые услуги и услуги доступа в Интернет на рынках с низким уровнем проникновения фиксированной телефонии.

Рост рынка телекоммуникационных услуг ограничивает дефицит орбитальных позиций на ГСО, использование которых регулируется Международным союзом электросвязи. Получение прав на орбитальную позицию в МСЭ – длительная и затратная процедура, поэтому многие

операторы арендуют чужие позиции или покупают региональных операторов.

Доходы операторов систем спутниковой связи (ССС) определяются используемым спектром частот, излучаемой мощностью, орбитальной позицией, целевой «специализацией» спутников, длительностью их аренды, видом предоставляемых услуг, региональным размещением потребителей и другими факторами.

Наиболее выгодна аренда транспондеров для телевидения. Провайдеры ТВ-услуг, которым требуются гарантированные видимость спутника, продолжительность и непрерывность трансляции, заключают долгосрочные контракты (как правило, до конца эксплуатации КА) с требованиями по резервированию сигнала, а пользователей ориентируют на определённую орбитальную позицию. Смена оператора ССС для ТВ-провайдера связана с риском потери аудитории.

Стоимость аренды транспондеров для других услуг ниже, поскольку операторам, обслуживающим меньшее, по сравнению с ТВ-провайдерами, количество пользовательских антенн, легче сменить поставщика услуг и/или спутник. Такая возможность выбора повышает конкуренцию и снижает цены на спутниковые ресурсы.

Наиболее доходны спутники, специализированные под конкретную услугу. Их используют операторы спутникового вещания (DirecTV, DISH Network, Sirius XM Radio) и мобильной связи (Inmarsat, Thuraya, Iridium, Globalstar и др.). Менее доходны универсальные спутники, позволяющие предоставлять определённый спектр услуг. Такие спутники заказывают, как правило, региональные операторы. Это позволяет расширить клиентскую базу и снизить риски при прогнозировании спроса по видам услуг в конкретном регионе. Но это также ограничивает эффективность применения спутника в интересах некоторых потребителей. Например, крупным корпоративным клиентам (VSAT-операторам) требуется высокая пропускная способность в глобальных лучах, а для сервис-провайдеров (Internet, СНВ и

т.п.) необходим спутник с зональными лучами, размещаемый в конкретной орбитальной позиции и для определённых услуг.

Новые системы связи на основе многолучевых геостационарных спутников, которые получили обобщенное название HTS (High Throughput Satellite— спутник с высокой пропускной способностью), существенным образом изменяют ситуацию на рынке спутниковой связи и вещания. Начиная с 2013г. года появилось много проектов, идея которых основана на использовании группировок негеостационарных спутников HTS. Основное техническое преимущество таких систем по отношению к геостационарным системам HTS – низкая задержка распространения сигнала. Все проектируемые системы предполагают многолучевое формирование глобальной рабочей зоны и широкие лучи широкие в Ka- или Ku-диапазонах частот. Примером успешно развивающихся перспективных систем спутниковой связи могут служить зарубежные проекты OneWeb и SpaceX.

Российский государственный оператор спутниковой связи ФГУП «Космическая связь» (ГПКС) предоставляет полный спектр услуг связи и вещания: телерадиовещание, в том числе трансляция цифровых пакетов федеральных, региональных и коммерческих телерадиопрограмм, непосредственное спутниковое вещание, передачу ТВ-репортажей, президентскую и правительственную связь, широкополосную передачу данных и доступ к сети Интернет, магистральные каналы связи, связь на морских судах и других подвижных объектах. Предприятие занимает ~51% регионального рынка ФСС. С использованием орбитальных ресурсов ГПКС оказываются телекоммуникационные услуги пользователям 52 стран. По оценке Euroconsult соответствует 8 месту среди 38 спутниковых операторов на мировом рынке. Перспективными направлениями деятельности компании являются предоставление услуг ШПД, включая обслуживание мобильных пользователей, а также укрепление позиций на мировом рынке.

Вторым по объему спутникового ресурса в России является ПАО «Газпром космические системы» — дочерняя компания ПАО «Газпром»,

которое осуществляет космическую деятельность в области создания и эксплуатации телекоммуникационных и геоинформационных систем в интересах компаний Группы Газпром и других потребителей. АО «Газпром космические системы», эксплуатирует и развивает систему спутниковой связи и вещания «Ямал». Среди клиентов «Газпром космические системы» — государственные структуры, телевизионные компании, российские и зарубежные коммерческие сервис-провайдеры.

В России также существует многофункциональная система персональной спутниковой связи (МСПСС) «Гонец-Д1М», предоставляющая каналы подвижной спутниковой связи для мобильных и стационарных абонентов на базе группировки низкоорбитальных космических аппаратов. Однако скорость передачи данных, а также задержки между сеансами связи не позволяют использовать ее для предоставления современных услуг и доступа в Интернет.

Недавно руководству страны был представлен перспективный масштабный проект Роскосмоса «Сфера». Эта новая космическая группировка должна быть эффективно использована в сфере навигации, связи, дистанционного зондирования Земли. В настоящий момент разрабатывается общая концепция проекта.

3.3 Тренды

В настоящее время возникают новые сферы применения информационных космических технологий. Прежде всего, в направлениях, где космические средства имеют явные преимущества перед наземными.

Количество мобильных Интернет соединений продолжает глобальный рост. Количество персональных и M2M устройств и их Интернет-соединений к 2021 году вырастет до 11,6 млрд. Ожидается экспоненциальный рост трафика генерируемого мобильными устройствами, который, по прогнозам Cisco, в 2019 году составит 47% от всей передаваемой информации (Cisco VNI Mobile Report, 2015).

Технологии спутников с высокой пропускной способностью (HTS) изменяют структуру стоимости спутниковых услуг. Исходя из резко возрастающей доступности спутникового ресурса, средняя стоимость за переданный мегабит информации будет уменьшаться. Такая ситуация создаст новые бизнес возможности и значительно повлияет на экономику спутниковых операторов.

Космической отрасли отводится существенная роль в создании современной инновационной экономики, повышении конкурентоспособности России, укреплении безопасности страны. Трансфер создаваемых в отрасли технологий обеспечивает повышение конкурентоспособности многих отраслей промышленности, что позволяет считать ее одним из «локомотивов» в экономике России.

В последние годы огромное развитие получили системы, способные предоставлять конечному пользователю широкий набор услуг на основе широкополосного доступа: Интернет, просмотр потокового видео, электронная почта, обмен «тяжелыми» файлами (фото и видео), общение в социальных сетях и мессенджерах. Все чаще пользователи используют мобильные устройства для решения этих задач. Это приводит к экспоненциальному росту потребностей в информационном обмене, что требует адекватного увеличения емкости каналов связи. Требуется высокоскоростная передача информации между источниками генерации и потребителями такой информации.

Покрытие сотовых сетей во многих местах России – фрагментарное, что особенно важно при нахождении пользователя в пути. Особенно в районах, где оператор посчитал нецелесообразным размещать вышку базовой станции. Проблема отсутствия связи в транспорте особенно актуальна для России: большая протяженность территорий, низкая плотность населения, ограниченное развитие инфраструктуры мобильных операторов вдоль автомобильных и железных дорог. Пассажиры, путешествующие на дальние расстояния, находятся в ограниченной инфокоммуникационной среде и

имеют свободное время. Для них особенно актуальны современные инфокоммуникационные услуги.

Проекты по оснащению Wi-Fi и доступом в Интернет активно внедряются во всем мире и в России, в том числе на всех видах пассажирского транспорта: автомобильный, железнодорожный, воздушный, морской и речной транспорт.

Для предоставления широкополосных услуг на подвижном транспорте через геостационарные спутники связи используется технология спутниковой связи в движении SOTM (Satcom on the move) на базе VSAT Ku или Ka-диапазона частот.

В настоящее время на территории Российской Федерации услуги подвижной спутниковой связи в различных вариантах предоставляют ряд успешных, в настоящее время, зарубежных операторов, которые имеют планы развития бизнеса в соответствии с растущими требованиями и новыми тенденциями развития рынка. Такими успешными операторами являются Inmarsat, Iridium, Thuraya, Orbcomm, Globalstar, которые обеспечивают более 80% поставляемых услуг. Тарифы на услуги передачи данных в подвижной спутниковой связи на порядок выше тарифов по технологии VSAT, поскольку в L диапазоне доступна относительно узкая полоса частот. Данный факт также накладывает ограничения на скорость передачи данных. Используемые технологии подвижного VSAT:

- 1) гиостабилизированные антенные системы (ГСА), позволяющие удерживать направление антенной системы с заданной точностью на спутник связи на геостационарной орбите;

- 2) модемы, позволяющие работать при более низких уровнях радиочастотного сигнала по сравнению со стационарным VSAT и поддерживать тактовую синхронизацию в каналах связи при передвижении объекта в пространстве;

- 3) система автоматизированного переключения подвижного VSAT с одного спутника связи на другой, и с одного HUB на другой.

Оборудование для подвижных VSAT должно быть адаптировано для применения на сухопутных подвижных объектах, таких как автомобильный и железнодорожный транспорт. Оно отличается относительно небольшими антенными системами различного исполнения.

Опыт реализации проектов спутниковой связи в движении на железнодорожном транспорте на базе VSAT технологии показал следующие недостатки:

- 1) срок амортизации превышает ресурс оборудования;
- 2) спутниковый канал обеспечивал низкую скорость передачи данных;
- 3) низкая эффективность использования спутникового ресурса (малый эквивалентный диаметр антенны);
- 4) спутниковый трафик имеет высокую стоимость, что не позволяет предложить пассажирам доступные тарифы;
- 5) мобильная связь не развита вдоль железнодорожных путей и работает не устойчиво;
- 6) проекты, использующие данную технологию, не могут окупаться от генерируемой выручки, и поэтому не состоятельны с коммерческой точки зрения.

Современная тенденция состоит в преодолении вышеуказанных проблем и направлена на оказание качественных услуг связи и вещания с высокой пропускной способностью при адекватной стоимости абонентских устройств.

3.4 Спутниковое непосредственное телевизионное вещание

Эксперты полагают, что в России спутниковое непосредственное вещание является одним из главных факторов роста вещательного рынка в последние годы.

Основным фактором развития спутникового вещания в мире остаётся расширение Ultra High Definition (UHD) вещания, а главным трендом этого развития в ближайшие годы станет внедрение нового EGT формата телевизионного вещания UHD.

3.5 Системы спутникового цифрового непосредственного звукового вещания и обслуживания (CH3B; Satellite Digital Audio Radio Services, SDARS) базируются на использовании одной и той же полосы частот спутниковыми и наземными системами звукового вещания. Это позволяет создавать массовое производство простых радиоприёмников и экономически выгодные решения для покрытия всей территории страны звуковым вещанием.

Все системы спутникового непосредственного звукового вещания в основном ориентированы на потребительский автомобильный рынок и автомобильные приёмные устройства должны быть недорогими. Одна из серьезных проблем российского радио сегодня состоит в том, что система государственного звукового вещания практически прекратила своё существование, так как инфраструктура наземной передающей наземной сети в диапазоне длинных, средних и коротких волн (АМ вещание) сильно изношена и не соответствует современным требованиям. Государственное звуковое вещание не в состоянии конкурировать с местными УКВ-станциями (FM-вещание). Смысла в восстановлении устаревшей наземной инфраструктуры нет, потому что в мире успешно развивается спутниковое звуковое вещание.

3.6 Системы спутниковой связи Ka-диапазона

Основным драйвером мирового рынка спутниковой связи в настоящее время является услуга высокоскоростного (широкополосного) доступа (ШПД, broadband access) в Интернет. Основными коммерческими достоинствами использования Ka-диапазона по сравнению с Ku-диапазоном являются: более низкая удельная стоимость спутникового ресурса при более высокой энергетике лучей; меньшая стоимость комплекта оборудования и более высокая пропускная способность каналов связи. Это позволяет применять современные системы адаптивного кодирования, повышающие эффективность использования спектра, а также многократное повторное использование частот, за счет формирования узких лучей.

Спутниковые услуги широкополосного доступа в Интернет для массового потребительского рынка делятся на:

- 1) гибридные услуги с прямым спутниковым каналом (каналом доставки информации) и обратным (запросным) наземным каналом;
- 2) услуги с двусторонней активной спутниковой связью.

При разработке новых спутников HTS операторы смещают акцент развития на применение спутников с высокой энергетикой и полезной нагрузкой, оптимизированной под планируемые сервисы. В бортовых ретрансляторах используются либо активные фазированные антенные решетки (АФАР), формирующие большое количество узконаправленных лучей (spot beam) с нацеливанием луча на нужную точку на поверхности Земли, либо антенны с облучающей системой типа матрица. Технология АФАР позволяет реализовать временное мультиплексирование сигналов. Активно обсуждается технология обработки сигналов на борту КА (продвигается вендорами и разработчиками спутников). Эта технология, позволяет не только ретранслировать сигнал через спутник, но и коммутировать несколько сигналов в один поток. При этом более эффективно используется спутниковая ёмкость, и маршрутизируются, минуя центральную земную станцию, информационные потоки через межспутниковые связи на другие терминалы наземной сети. Таким образом, удастся избежать двойного скачка при связи между отдельными терминалами.

В настоящее время у спутниковых операторов нет четко устоявшегося мнения о целесообразности использования системы бортовой обработки сигнала. Данная система требует дорогостоящих бортовых ресурсов – массы и электроэнергии, отнимая их у транспондеров.

HTS-системы второго поколения позволят оптимизировать соотношение емкость/цена и снизить цены на ВСД при обеспечении высокого качества обслуживания, необходимого для конкуренции с

наземными сетями широкополосного доступа, в первую очередь построенными по технологии DSL.

Исследовательская компания Northern Sky Research (NSR) прогнозирует, что в ближайшие восемь лет, благодаря своим высоким емкостям и скоростям передачи данных, HTS-системы перевернут рынок спутниковой связи. NSR полагает, что повышенный спрос на спутниковый ШПД сохранится довольно долго и только спутники с пропускной способностью 400 Гбит/с смогут его удовлетворить.

В настоящее время глобальными трендами отрасли телекоммуникаций в целом, оказывающими влияние на рынок спутниковой связи, являются:

- спад спроса на услуги космической связи во всем мире;
- увеличение спроса на ТВ сервисы и контентные услуги;
- резкое возрастание трафика в сетях передачи данных, вызванное развитием Интернет технологий;
- интеграция наземных сетей GSM и спутниковых сетей связи в «прозрачную» для пользователя гибридную глобальную систему связи.

Эффективность новых сверхинформативных глобальных систем LEO/ MEO-HTS оценивается выше, чем систем HTS на ГСО. Преимуществом LEO/ MEO-HTS систем являются: глобальность обслуживания; существенно меньшая задержка сигнала по сравнению со спутниками на ГСО; более низкая стоимость создания и выведения на орбиту, чем геостационарного спутника, и заявленная низкая стоимость абонентских терминалов (ФАР), в связи с высокой серийностью производства фазированных антенных решеток. Снижение стоимости абонентских терминалов является одним из наиболее существенных факторов коммерческого успеха проектов LEO/ MEO-HTS.

Согласно данным компании J'son & Partners Consulting переизбыток емкости спутников HTS сегодня составляет примерно 75% и к 2023 году неиспользуемый спутниковый ресурс составит 50%. Использование ресурса будет расширяться за счет разнообразия предоставляемых сервисов и

обслуживания абонентов на подвижных средствах, в первую очередь воздушного и морского направлений, а также беспилотных средств. В этом плане системы LEO / MEO-HTS являются более гибкими и эффективными.

Но, пример объединения крупнейшего оператора спутниковой связи Intelsat и компании OneWeb говорит не о конкуренции, а о взаимодополнении низкоорбитальных и геостационарных систем спутниковой связи и вещания.

Ограничением использования группировок КА LEO / MEO-HTS является тот факт, что системы на основе спутников на негеостационарных орбитах всегда вторичны по отношению к системам на основе ГСО спутников. Спутники LEO-HTS создают помехи для земных станций, особенно в Ku диапазоне частот. Допустимые значения помех для земных станций установлены регламентом радиосвязи.

3.7 Желаемые результаты в долгосрочной перспективе

1. Развертывание системы широкополосного доступа в Интернет на всей территории РФ, включая северные регионы и Арктику, и решение задачи цифровой трансформации общества

2. Развитие SMART возможностей подвижных транспортных средств, интеллектуальных транспортных систем и инфраструктуры с использованием спутниковой связи;

3. Внедрение спутниковых технологий при решении задачи «Умный город», «Умный дом»; «Умный автомобиль». Использование технологий спутниковой связи для IoT, M2M и V2V-организация сети передачи данных.

4. Создание современного спутникового абонентского оборудования, отвечающего последним мировым тенденциям и адекватной стоимостью для массового потребителя;

5. Развертывание VSAT сетей, обеспечивающих организацию мультимедийных услуг и приложений.

6. Обеспечение связью транспортных средств и объектов, расположенных в труднодоступных местах

7. Расширение российского рынка В2В путем создания малых космических аппаратов с ярко выраженной специализацией, под конкретную конечную услугу и ориентацией на массовый потребительский рынок.

8. Обеспечение конкурентоспособности российской космической техники за счет создания спутников по модульному принципу, унификация космических платформ и бортового оборудования. Создание семейства космических платформ. Создание производств критических комплектующих (бортовая аппаратура, волноводные тракты, электрорадиоизделия космической квалификации и компонент системы электропитания, таких как аккумуляторные батареи и фотопреобразующие элементы).

3.8 Стратегия достижения желаемого результата

1. Развитие производства отечественной элементной базы, новых материалов.

2. Широкое внедрение методов проектного управления и анализа рисков проектов.

3. Вовлечение более широкого круга участников из смежных отраслей, коммерческих организаций, организаций РАН и высших учебных заведений.

4. Привлечение в сферу космической деятельности частных инвесторов. Разработка и принятие нормативно-правовых документов, способствующих этому процессу.

5. Внедрение мероприятий по повышению экономической эффективности космической деятельности: внедрение на производстве средств контроля критически важных элементов, цифровизации разработки и производства, снижение сроков разработки за счет использования модульных систем построения КА и ПН и увеличения доли процессов моделирования.

3.9 Программа развития сегмента на 3-5 лет

1. Разработка, модульная унификация и организация производства бортового спутникового оборудования с использованием современных цифровых технологий и автоматизированных методов проектирования.

2. Разработка малых унифицированных платформ КА и оптимизация средств выведения под групповые запуски ПН.

3. Развитие производства отечественных полезных грузов.

4. При проведении наземных испытаний широкое применение моделирования процессов, постепенный уход от натуральных моделей КА, и как следствие, снижение стоимости ОКР.

3.10 Технологии, продукты, услуги и сервисы

3.10.1 Технологии

В области создания космических систем связи (орбитальный и наземный сегменты) наиболее перспективными технологиями являются:

1. Высокая пропускная способность каналов связи.

2. Применение в составе полезной нагрузки космических аппаратов и наземных абонентских терминалов в качестве приемных и передающих антенн фазированных антенных решеток (ФАР и АФАР), что обеспечивает существенное повышение энергетического потенциала радиолиний.

3. Построение бортового ретрансляционного комплекса на основе многолучевой структуры с формированием независимо перенацеливаемых узких лучей, реализующих многозональный метод обслуживания.

4. Наложение нескольких зон радиоосвещенности друг на друга в местах с большим количеством пользователей.

5. Повторное использование частот.

3.10.2 Продукты

1. Унифицированные космические платформы.

2. Бортовое оборудование (новые двигатели, источники энергопитания, полезная нагрузка с АФАР, элементы конструкции КА из новых материалов, в том числе углеродных, бортовые комплексы управления, системы ориентации и стабилизации, энергопреобразующие системы, кабельные сети и волноводные тракты).

3. Наземные абонентские терминалы, позволяющие работать со спутниками на разных орбитах.

4. Земные станции наземного комплекса управления и автоматизированной системы мониторинга связи многодиапазонные с пьедесталом типа гексапод.

5. Системы управления для опорно-поворотных устройств земных станций на основе унифицированных частотно-регулируемых электроприводов с векторным управлением асинхронными электродвигателями.

3.10.3 Услуги

1. Интернет.
2. Передача данных (M2M, V2V, IoT).
3. OTT сервисы.
4. Спутниковое радио.
5. Спутниковое телевидение формата UHD.

3.11 Ключевые потребители

1. B2B.
2. B2B2C.
3. M2M, IoT, V2V.

3.12 Ключевые заказчики

1. Крупные провайдеры коммерческого контента.
2. Корпоративные структуры.

3.13 Барьеры

Рынок ФСС также характеризуется определенными барьерами для своего дальнейшего ускоренного развития, а также для входа на рынок новых участников. Одним из основных барьеров является необходимость очень высоких капитальных затрат и инвестиций. Кроме того, точка безубыточности (BEP) для таких инвестиций составляет 8-10 лет.

Поэтому важным является разработка модульных решений и унифицированного оборудования спутников, позволяющие снизить затраты на создание спутников, а также обеспечить выведение малых КА на РН среднего класса или кластерно на тяжелых РН.

Еще одной ключевой тенденцией является все большее число слияний и поглощений. Эффективность коммерческой деятельности во многом определяется соответствием технических средств, комплексов и систем спутниковой связи предприятия технологическому уровню основных конкурентов на рынке услуг и продуктов.

С целью обеспечения конкурентных преимуществ отрасли и осваивания новых сегментов рынка телекоммуникационных услуг необходимо проводить работу по созданию инновационных продуктов и услуг по следующим направлениям:

- исследование и экспериментальная отработка решений для внедрения в России сервисов спутниковой связи и вещания в С-, Ku- и Ka-диапазонах частот для наземных транспортных средств, морских и воздушных судов («Подвижный VSAT»);

- исследование и оценка возможностей создания отечественных систем подвижного широкополосного доступа, с использованием существующего научного потенциала и наработок российских ВУЗов и предприятий ВПК;

- видеонаблюдение за удаленными объектами с использованием VSAT;

- разработка технических решений и компонентов АЗС, изготовление и испытание опытного образца АЗС в рамках проекта создания отечественных абонентских спутниковых терминалов для обеспечения услуг подвижной и фиксированной спутниковой связи и вещания;

- предоставление услуг В2В в Ka-диапазоне и расширенном Ku-диапазоне частот.

Для рынка спутниковой связи в движении (Satcominthemove) можно выделить барьеры, относящиеся к сомнению перевозчика, на транспорте которых планируется установка абонентских земных станций и сомнения пользователей при покупке услуги в транспорте.

Поскольку увеличение тарифа на перевозку в условиях высокой конкуренции не является оптимальным способом увеличения выручки, а в ряде случаев невозможно по причине регулировки государством,

перевозчики вынуждены искать альтернативные источники повышения рентабельности перевозки и получение дополнительных доходов, несвязанных напрямую с перевозкой. Одним из возможных способов получения дополнительных доходов перевозчиков может являться предоставление инфокоммуникационных услуг в транспорте. Возможные барьеры при работе с перевозчиками характеризуют сложившиеся стереотипы и типичные барьеры при работе с перевозчиками.

Привыкнув к качественному Интернету в городе, большинство пользователей надеется получить доступ к контенту в сети Интернет непосредственно при нахождении в транспорте.

Наиболее востребованными сервисами при нахождении в транспорте (социальные сети, поисковые системы, видеоконтент, e-mail и мессенджеры) пассажиры не могут пользоваться по причине низкой скорости, либо отсутствию связи на большей части пути.

Возможные барьеры у потенциальных покупателей при покупке услуги характеризуются стереотипными возражениями о дороговизне, низкой скорости и др.

С целью выполнения программы развития сегмента необходимо предусмотреть реализацию плана мероприятий (см. *Приложение 4* данного отчёта).

4. НАЗЕМНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

4.1 Состав наземной космической инфраструктуры

Наземная космическая инфраструктура является неотъемлемым элементом космической деятельности и включает:

- космодромы;
- наземный комплекс управления;
- наземный специальный комплекс.

4.2 Космодром - район местности, оборудованный в инженерном и топогеодезическом отношении, с размещенными на нем сооружениями, коммуникациями, силами и средствами, осуществляющими и обеспечивающими хранение, содержание в установленных готовностях, подготовку к пуску, пуск и контроль полета ракет космического назначения на участке выведения.

Для обеспечения запуска создается **ракетно-космический комплекс (РКК)**: Совокупность ракеты или ракет космического назначения с функционально взаимосвязанными техническими средствами и сооружениями, предназначенными для обеспечения транспортирования, хранения, приведения и содержания в готовности, технического обслуживания, подготовки, пуска и контроля полета ракет космического назначения на участке выведения. Является более смысловым элементом, чем космодром.

4.3 Наземный комплекс управления (НКУ) -совокупность технических средств и сооружений, предназначенных для управления функционированием орбитальных средств с момента их выведения на орбиту. Состоит как правило из:

- **центра управления полетами космических аппаратов (ЦУП КА)**:
Сооружения с техническими системами и технологическими средствами

командно-программного, телеметрического и баллистико-навигационного обеспечения, внешних информационных обменов, магистральных и специальных связей, отображения, предназначенными для обеспечения деятельности обслуживающего персонала по формированию, передаче, приему, обработке, хранению, документированию информации при непрерывном процессе управления полетами космических аппаратов в период проведения летных испытаний и эксплуатации космических систем.

- командно-измерительной системы космического комплекса (КИС КК): Радиотехническое средство наземного комплекса управления в совокупности с бортовой аппаратурой космического аппарата или разгонного блока, предназначенное для измерения параметров движения космических аппаратов и разгонных блоков, приема и передачи различных видов информации, формирования и передачи на космические аппараты и разгонные блоки команд и программ управления, стандартных частот и сигналов времени для синхронизации работы бортового комплекса управления.

4.4 Наземный специальный комплекс предназначен для работы с целевой информации КА и включает:

специальный комплекс космической системы (СпККС) - совокупность взаимосвязанных технических средств или аппаратуры приема и передачи информации с программным обеспечением, сооружений, предназначенных для приема специальной информации космических аппаратов, ее регистрации, обработки, хранения и представления потребителям;

наземный специальный комплекс космической системы (НСпККС) - специальный комплекс космической системы, технические средства которого размещаются на поверхности Земли в стационарных сооружениях или на мобильных средствах, предназначенный для обеспечения заказчика и его потребителей целевой информацией, проведения ее обработки с целью дешифрирования и интерпретации;

наземный комплекс приема, обработки и распределения информации (НКПОР) - совокупность взаимосвязанных технических средств с программным обеспечением, расположенных на Земле и предназначенных для обеспечения заказчика и его потребителей целевой информацией, полученной на основе космических данных.

4.5 Описание ситуации на мировом рынке и в России

Всего в мире 31 место в разное время именовалось космодромом, а также 5 мобильных. Из них 6 в настоящее время официально закрыты. Однако фактически только 20 площадок, включая 1 мобильную, являются космодромами.

В РФ имеется 2 космодрома: Плесецк и Восточный, а также арендуемый Байконур и плавучий космодром «Морской старт». Имеются также космодром Капустин Яр, но с него запуски в космическое пространство не осуществляются в настоящее время, по причине окончания изготовления РН «Космос», а также пусковая база «Ясный», с которой также нет пусков с 2015 г. Также российская РН «Союз-СТ» запускается с космодрома в Куру.

В целом в мире и в РФ достаточно площадок для запуска РН. Возможно появление новых космодромов у стран, взявших курс на самостоятельный доступ в космическое пространство. Но сообщений о желающих пока нет.

Наземные комплексы управления – необходимая и неотъемлемая часть в любой космической системе и для любого КА. Существуют различные варианты их построения:

- полностью автономные и самостоятельные в рамках космических систем;
- с заимствованием технических средств, как правило наземные измерительные приборы (НИПы) или контрольно-измерительные комплексы (КИКи);
- полностью с применением всех заимствованных средств.

За рубежом распространена схема привлечения НИПов через специализированные компании эксплуатирующие их. В РФ существует сеть НИПов, входящих в НАКУ и отдельные сети операторов (ГПКС, ГКС) и технические средства отдельных предприятий изготовителей космической техники (ИСС, РКК, РКС, НИЛАКТ и т.п). В составе НКУ применяются также мобильные средства, для ответственных операций. Современные НИПы являются дистанционно управляемыми и не требуют, постоянного присутствия на них персонала для обслуживания.

Тем не менее, с существенным упрощением и снижением стоимости технических средств управления полетом КА (НИПы, ЦУПы и прочее) и доступность каналов связи для коммерческих пользователей более предпочтительный вариант, по которому идут спутниковые коммерческие операторы это создание собственных и автономных НКУ.

Наземные специальные комплексы предназначены для работы в составе той или иной космической системы. Владелец или эксплуатирующая организация, имеет как правило собственные средства. Разработчики космических систем предоставляют подобные технические средства. Вариантов довольно много. Существуют государственные, региональные, университетские, ведомственные и прочее центры.

4.6 Тренды

4.6.1. Космодромов в настоящее время существует значительное количество. Основное для появления космодромов - это необходимость независимого доступа в космическое пространство. Не менее важны для строительства космодромов требования по наличию трасс выведения (баллистика выведения) и связанных с ними полей падения. Видимо поэтому в Китае 4 космодрома. Есть специфические требования в части сейсмической обстановки, климатические факторы и прочие. Инфраструктурные требования также существенно влияют на размещение космодрома.

Технически на космодром оказывает влияние конкретная РН, которая будет с него запускаться. Но в любом случае состав технических средств очень близкий и включает:

- стартовый комплекс (СК);
- технический комплекс (ТК) РН, РБ и КА;
- заправочную станцию и т.п.

Для РН сегодня характерно применение «безлюдных» стартовых комплексов, т.е. на СК не выполняются ручные операции и все стыковки, проверки, заправки автоматизированы. Поэтому СК упрощаются конструктивно и технологически. Также РН и связанные с ними технические средства подготовке на космодроме можно подразделить по технологии сборки на горизонтальные (была принята в СССР и РФ) и вертикальные (применяется за рубежом). При вертикальной технологии сборки имеются некоторые преимущества, приводящие к упрощению оборудования СК и ТК.

Тенденция автоматизации операций подготовки на космодроме и сокращения технологических операций в обеспечении пуска характерна как для РН, РБ так и для КА. Поэтому ТК также упрощается и уменьшается. Имеется тенденция по передаче функций КСИТО с наземных технических средств на спутниковый контур. Ряд других задач решаемыми составными частями космодромов в прошлом и настоящем, передается на внешние организации (заправка, содержание сооружений и т.п.).

Поскольку в РФ есть космодром на юге страны и еще один арендуется на длительный срок, есть космодром на севере для пусков на высоко-эллиптические, полярные и солнечно-синхронные орбиты, а также мобильный космодром удобный для пусков на геостационарные орбиты, то крайне маловероятна необходимость в построении новых космодромов. Для всех перспективных РН планируемых к разработке в ближайшие 10-15 лет космодромы также запланированы.

Весьма показателен опыт эксплуатации космодромов в США. Когда новые РН запускались с существенным заимствованием инфраструктуры космодромов с предыдущих проектов.

4.6.2. Наземные комплексы управления. Для коммерческих операторов спутниковых систем при естественной замене орбитальных средств, проводится модернизация и дооснащение наземных средств управления. При этом помимо только наземного контура, все активней продвигаются предложения по реализации управления через спутники-ретрансляторы, например системы TDRSS. Таким образом, НКУ становится однопунктным и реализуется цепочка ЦУП-НИП-СР-КА.

Перспективным, но в несколько отдаленной перспективе следует признать направление создания космических систем с функцией межспутникового обмена и наземных пунктов (спутниково-наземная сеть), состоящая из однотипных узлов (с точки зрения передачи информации) и функционирующая по принципам самоорганизации и роевого интеллекта, в том числе допускающая функционирование, перестроение и компенсирование вызовов (таких как временный либо окончательный выход из строя части спутников и/или наземных пунктов, возникновение дополнительных сообщений для передачи и возмущающие воздействия внешних факторов) без участия управляющего центра.

Отдельная тенденция, частично опробованная на практике, реализация спутникового контура управления через коммерческие низкоорбитальные системы типа «Глобалстар».

4.6.3 НКПОИ. В последние 5-7 лет появились предложения и реализованы земные станции (НИПы или КИКи) с совмещением различных частотных диапазонов (до 3-х на одной антенной системе). Это позволяет реализовать многофункциональный центр, решающий задачи и управления полетом и прием целевой информации. С учетом применения стандартного оборудования потенциально можно рассматривать создание подобных центров для различных КА и космических систем на принципах

«аутсорсинга». Т.е. для короткоживущих, однократных полетов КА удаленно привлекаются существующие технические средства.

4.7 Желаемые результаты в долгосрочной перспективе

4.7.1 Космодромы. Для РФ перспектива создания новых космодромов в ближайшие 10 лет отсутствует. Через 20 лет возможна смена государственной политики и частично возможно создание РН с возможностью запуска из различных регионов Земли в зависимости от оптимальной траектории выведения с точки зрения энергетических возможностей РН. Но это в большей степени зависит от появления проектов перспективных РН, в основном создаваемых на иных принципах («гибкая структура» и т.п.).

4.7.2 НКУ. Создание многофункционального НКУ для университетских проектов КА, разовых научных, образовательных КА. При этом технические средства задействуются, в том числе для приема и обработки целевой информации. Подобный НКУ может привлекаться для пользователей удаленным образом. Работы по созданию проводятся на базе ФКИ МГУ. Проведена подготовительная фаза. Есть поддержка со стороны администрации МГУ.

4.8 Стратегия достижения желаемого результата

4.8.1 Крайне маловероятно, но потенциально возможно появление необходимости в космодроме при наличии нового проекта по созданию РН, дающей новые возможности по доставке грузов на орбиту.

4.8.2 Реализация на базе ФКИ МГУ проекта по созданию многофункционального центра предназначенного для решения широкого круга задач баллистико-навигационного обеспечения космических полетов в околоземном пространстве и в дальнем космосе в целях подготовки студентов ФКИ, а также проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках развития космической программы МГУ и сторонних научных и образовательных учреждений.

4.9 Программа развития сегмента на 3-5 лет

4.9.1 Космодромы в этот период не появятся.

4.9.2 НКУ. Малозатратные, многофункциональные.

4.10 Технологии, продукты, услуги и сервисы

Для НКУ и НКПОИ стандартизация решений в части:

- диапазоны частот линии «Земля-КА»;
- протокола радиолиний «Земля –КА»;
- обработка и сжатие данных;
- интерфейсов обмена данными на объектах НКУ и НКПОИ;
- аппаратные средства.

4.11 Ключевые потребители

4.11.1 В отдаленной перспективе возможно будет созданы частные РН для которых потребуется космодром. Но на практике РН, ТК и СК создаются параллельно.

4.11.2 Потребителями многофункциональных НКУ могут быть университетские команды, научные институты, отдельные предприятия.

4.11.3 НКПОИ тоже что и для НКУ.

4.12 Ключевые заказчики

4.12.1 Ключевой заказчик для космодрома - государство в лице Роскосмоса. Со стороны бизнеса маловероятно, т.к. уже имеется некоторое кол-во мест (космодромов), а капитальные затраты велики.

4.12.2 НКУ и НКПОИ университетские команды, научные институты, отдельные предприятия, в частности ГКС давно заинтересован в подобном. Организации, обеспечивающие северный завоз и навигацию по северному морскому пути.

4.13 Барьеры

Аналогичные перечисленным в подразделе «космический транспорт» и дополнительно необходимости согласования полей падения РН по новым трассам.

Для НКУ и НКПОИ существенных барьеров нет.

4.14 Меры государственной поддержки

Отсутствуют.

4.15 Дефициты

Дефициты, которые можно закрыть с привлечением других сегментов и рынков НТИ (из расчета оказания услуг или поставку продуктов / оборудования в соседние сегменты) для достижения синергии и исключения дублирования.

С целью выполнения программы развития сегмента необходимо предусмотреть реализацию плана мероприятий (см. *Приложение 5* данного отчёта).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проделанной работы по анализу существующих и возникающих космических рынков, которые могут рассматриваться как перспективные для зарождающейся частной космонавтики в России, были определены её наиболее перспективные направления, идентифицированы основные актуальные технологические барьеры и даны рекомендации по развитию частной космонавтики в России на ближайшие 3 – 5 лет.

Главные результаты работы и выводы по данному проекту:

1. Основные факторы изменений в космической деятельности:

- бум в развитии коммерческой космонавтики стал, с одной стороны, самовоспроизводящимся, за счет привлечения частных капиталов, в том числе «некосмических» компаний, таких как Google, Ali-Baba, Amazon и другие, а с другой – основой для решения чисто государственных задач;

- происходит и, видимо, будет происходить дальше коммерциализация космической деятельности. Сегодня она охватывает, в основном, деятельность на низких околоземных орбитах – причем (для США) в логике «низкая орбита – частная», в рамках обеспечения основ для долгосрочной конкурентоспособности на долгосрочную перспективу. В отдаленной перспективе можно ожидать распространение коммерческой деятельности на добычу полезных ископаемых в космосе, развития космической энергетики и отдельных видов производств.

- государство и частный космический бизнес находятся в состоянии синергии; государство выступает для бизнеса значимым заказчиком и источником ресурсов развития – бизнес для государства становится важным партнёром в частности, и в выполнении государственных функций (включая решение задач в сфере национальной безопасности и обороны), включая

обеспечение связи, навигации, дистанционного зондирования Земли в различных диапазонах, предоставление интернет-услуг.

Развитие частной космонавтики позволяет снять с государств (конкретно – соответствующих государственных космических агентств, Министерств обороны и т.д.) нагрузку по созданию универсальных космических инфраструктур «общего пользования» и, одновременно, перейти от позиции «создателя инфраструктур» к позиции «пользователя, выбирающего нужную услугу на конкурентном рынке», что позволяет (в отдельных случаях – радикально) – снизить издержки. Это позволяет сосредоточить ограниченные ресурсы государств на решение действительно крупномасштабных задач в области исследования Космоса (включая продвижение на небесные тела – Луну и Марс) и, во все большей степени, – задач в сфере обороны.

Несомненно, этот тренд будет лишь нарастать, по мере становления рынков глобального интернета (необходимого, в том числе, для развития роботизированных транспортных и оборонных систем), развития технологий инспекции космических объектов, имеющих очевидное двойное назначение, а в перспективе 10-15 лет – и постоянной деятельности наших стратегических конкурентов на небесных телах, включая отработку добычи на них природных ресурсов.

Вне зависимости от социально-экономических особенностей той или иной страны, о чём говорят примеры США и Китая, государство проводит целенаправленную политику поддержки новых частных космических компаний, используя механизмы государственно-частного партнерства. Эти процессы обусловлены не только намерением стимулировать предпринимательскую активность, но и стремлением использовать потенциал и предпринимательскую инициативу для решения государственных задач.

Сегодня она охватывает, в основном, деятельность на низких околоземных орбитах – причем (для США) в логике «низкая орбита –

частная», в рамках обеспечения основ для долгосрочной конкурентоспособности на долгосрочную перспективу. В отдаленной перспективе можно ожидать распространение коммерческой деятельности на добычу полезных ископаемых в космосе, развитие космической энергетики и отдельных видов производств.

2. Важнейшими технологическими компетенциями, с точки зрения развития частной космонавтики, являются:

- разработка специализированных программных продуктов, используемых для моделирования и инженерного анализа основных этапов создания РН и суборбитальных систем, программного обеспечения для проектирования и просчёта миссий малых КА и орбитальных буксиров с ионными ракетными двигателями малой тяги. Программы и методики проведения наземной экспериментальной отработки для малых КА. Сейчас есть только для больших КА.

- создание гибридных ракетных двигателей, использующих твёрдое топливо и жидкий окислитель;

- применение аддитивных технологий для 3Д-печати ракетных двигателей (включая такие их компоненты, как турбонасосы и топливные форсунки), а также силовых элементов конструкции;

- применение композитных материалов для изготовления силовых и несущих конструкций для РН и суборбитальных систем, а также криогенных топливных баков;

- создание и лётная отработка адаптивных алгоритмов формирования и оптимизации траекторий для сверхлёгких РН и суборбитальных аппаратов, необходимых для придания этим системам возможности многоразового использования;

- создание компактного разгонного блока небольшой массы для разведения по орбитам малых КА, способного запускаться в качестве 3-ей ступени на лёгких РН;

- создание двигателей малой тяги для поддержания орбиты малых КА;

- создание отказоустойчивой системы энергоснабжения для малых КА, устойчивая к факторам космического полета, включая защиту от тиристорного эффекта;

- создание и практическая отработка цифровых полезных нагрузок для коммуникационных КА;

- создание ионных двигателей с регулируемой в широких пределах удельным импульсом и мощностью.

3. Стратегической целью развития «Спейснет» является формирование экосистемы российской частной космонавтики, обеспечивающей её эффективное развитие, капитализацию, включение в российскую и глобальную технологическую кооперацию, включая растущие и возникающие сегменты космических рынков.

Достижение этой цели происходит за счет одновременных и взаимосвязанных действий по следующим направлениям:

- институционального развития, имеющего целью обеспечить возникновение в России 2-3 частных космических компаний международного масштаба с оборотом не менее 1 млрд долл. и 4-7 крупных частных компаний национального масштаба («национальных чемпионов»), с оборотом не менее 1 млрд руб. каждая;

- развития ключевых рынков: космических транспортных систем, прежде всего, ракет-носителей легкого класса (в перспективе также – суборбитальных и частично-орбитальных средств) и легких разгонных блоков/орбитальных буксиров; малых космических аппаратов (в том числе многофункциональные платформы) и их компонентов и программного обеспечения; рынков услуг, включая телекоммуникационные и услуги дистанционного зондирования Земли.

- формирование эффективной сети кооперации, в том числе с ГК Роскосмос;

- создание современной правовой и финансовой инфраструктуры, включая обеспечение «бесшовного» финансирования инновационных проектов.

4. Описаны и систематизированы технологические барьеры частной космонавтики, которые необходимо учитывать и преодолевать (см. *Приложение 1*).

5. Разработаны планы мероприятий по программам развития 4-х основных сегментов частной космонавтики России, их ключевых технологий на ближайшие 3-5 лет и на период до 2035 года (см. *Приложения 2-5*).

6. Реализация результатов исследования будет способствовать максимально эффективному формированию российского сектора частной космонавтики.

7. Целесообразно продолжить исследования для анализа ситуации, мирового и отечественного опыта, проблем и перспектив развития частной космонавтики в новых политических и технологических реалиях в России и мире [15], в том числе с охватом новых актуальных вопросов и направлений. Среди них выделим важность и необходимость:

- 1) издания «Белой книги частной космонавтики России»;
- 2) экологизации космических технологий, техники и деятельности с использованием новых знаний и опыта (например, Clean Space initiative, реализуемой ЕСА с 2012-2013 гг. [16, 17]) для разработки и активного внедрения экологичных, чистых технологий и проектов в целях очистки околоземного космоса от старого «космического мусора» [18], предотвращения и минимизации загрязнений окружающей среды на полном жизненном цикле космической деятельности, особенно в связи бурным ростом количества МКА, наноспутников (сотни и тысячи) на низких орбитах в ближайшие годы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mims, K. (2012). Are Ross Perot Jr. and Google's Founders Launching a New Asteroid Mining Operation? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.technologyreview.com/s/427624/are-ross-perot-jr-and-googles-founders-launching-a-new-asteroid-mining-operation/> (Дата обращения: 10.12.2019).
2. Смирнов, С. (2016). Основатель Amazon объявил о создании тяжелой космической ракеты. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2016/09/12/656623-amazon-raketi> (Дата обращения: 10.12.2019).
3. Кузнецов, А. (2015). Ричард Брэнсон достроит новый космический корабль до конца года. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/business/20/04/2015/55350ef09a79472c162495c4> (Дата обращения: 10.12.2019).
4. Private Investment in Space Blasts Off. (2019). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/chart/15654/private-investment-in-space-blasts-off/> (Дата обращения: 10.12.2019).
5. Garside, M. (2019). Statista: Value of six year space venture investments worldwide from 2000 to 2018 by type. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/666159/total-value-of-investments-in-space-ventures-five-year-periods/> (Дата обращения: 10.12.2019).
6. Железняков А. Б., Кораблев В. В. (2016). Частная космонавтика: тенденции и перспективы // Инновации. 2016. №7 (213). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chastnaya-kosmonavtika-tendentsii-i-perspektivy> (Дата обращения: 10.12.2019).
7. Коробушин Д. В., Вейко А. В., Дадашян А. Е. (2018). Частный космос в США: тенденции развития // Проблемы экономики и юридической практики. 2018. №. 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chastnyu-kosmos-v-ssha-tendentsii-razvitiya> (Дата обращения: 10.12.2019).

8. Кирилина Е. В. (2017). Особенности и перспективы развития частной космонавтики в России // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2017. Т. 8. №3. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-i-perspektivy-razvitiya-chastnoy-kosmonavtiki-v-rossii> (Дата обращения: 10.12.2019).
9. Макарова Д. Ю. (2017). Частная предпринимательская инициатива в российской космической индустрии: институциональные условия развития // Вопросы инновационной экономики. 2017. Т. 7. №1. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chastnaya-predprinimatelskaya-initsiativa-v-rossiyskoj-kosmicheskoy-industrii-institutsionalnye-usloviya-razvitiya> (Дата обращения: 10.12.2019).
10. Мониторинг и анализ технологического развития России и мира. 2019. № 20. 4 кв. [Электронный ресурс]. URL: http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/HT_Mons/2019/2019_qIV.pdf (Дата обращения: 10.12.2019).
11. Bank of America Merrill Lynch Thematic Research “To Infinity and Beyond – Global Space Primer”, October 2017.
12. The Tauri Group “Suborbital Reusable Vehicle: A 10-year Forecast of Market Demand”, August 2012.
13. BRYCE Space and Technology “State of the Satellite Industry Report”, June 2017.
14. Morgan Stanley Research “Space: Investment Implications of the Final Frontier”, October 2017.
15. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.».
16. Clean Space // ESA. [Электронный ресурс]. URL: http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Clean_Space (Дата обращения: 10.12.2019).

17. Кричевский, С. В. (2018). Экологичные аэрокосмические технологии и проекты: методология, история, перспективы // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 3. С. 78-85. DOI: 10.30981/2587-7992-2018-96-3-78-85
18. Ключников, В. Ю. (2019). Как очистить околоземное пространство от космического мусора? // Воздушно-космическая сфера. 2019. №1. С. 96-107. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-98-1-96-107
19. Основные положения Федеральной космической программы 2016-2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (Дата обращения: 10.12.2019).
20. Сайт ГК Роскосмос [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/> (Дата обращения: 10.12.2019).
21. Сайт НАСА (США) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/> (Дата обращения: 10.12.2019).
22. Сайт компании Planet Labs Inc. (б.д.). Портал предоставления спутниковых данных ДЗЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.planet.com/> (Дата обращения: 10.12.2019).
23. CrunchBase Inc. (б.д.). Информация о компании Planet Labs Inc. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/planet-labs#section-patents-and-trademarks-by-ipqwery> (Дата обращения: 10.12.2019).
24. Federal Aviation Administration. (2019). Ежегодный отчёт. The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018.
25. Kulu, E. (2019). Database nanosats.eu URL: <https://airtable.com/shrafcwXODMMKeRgU/tbldJoOBP5wINOJQY?blocks=hide>
26. Spare Global. (2019). Spire OS: Orbital Services. [Электронный ресурс]. URL: <https://spire.com/en/product-suite/orbital-services> (Дата обращения: 10.12.2019).
27. What We Do // Сайт компании OneWeb. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oneweb.world/what-we-do> (Дата обращения: 10.12.2019).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1

Технологические барьеры частной космонавтики

Программные продукты

1. Разработка специализированных программных продуктов, используемых для моделирования и инженерного анализа основных этапов создания РН и суборбитальных систем, включая оптимизацию их траекторий, аэро- и термодинамический анализ, вычислительную газодинамику, прочностной и статистический анализы.

2. Главное отличие от западных программных продуктов, имеющих сниженный из-за экспортных ограничений функционал и крайне дорогостоящие лицензии, будет заключаться в том, что владея исходными кодами, мы будем в состоянии наращивать и совершенствовать эти программные продукты и интегрировать их между собой. Это принципиальное условие для повышения на порядок производительности труда в отечественной космонавтике и для создания российских космических стартапов, которые будут в состоянии производить сверхлёгкие РН, суборбитальные системы и малые КА, конкурентоспособные на мировом рынке.

3. Программное обеспечение для проектирования и расчёта миссий малых КА и орбитальных буксиров с ионными ракетными двигателями малой тяги. Программы и методики проведения наземной экспериментальной отработки для малых КА. Сейчас есть только для больших КА.

Гибридные ракетные двигатели

1. Гибридные ракетные двигатели, использующие твёрдое топливо и жидкий окислитель. Менее сложны, чем ЖРД, но более безопасны чем твердотопливные РД, с удельным импульсом, вплоть до 350 с.

2. Гибридные РД удешевят производство лёгких РН и суборбитальных аппаратов, и позволят получить эксплуатационные преимущества по сравнению с обычными ЖРД, а также повысят уровень безопасности пилотируемых суборбитальных систем.

Аддитивные технологии для 3Д-печати

1. Применение технологии 3Д-печати для изготовления ракетных двигателей, включая такие их компоненты, как турбонасосы и топливные форсунки, позволит резко ускорить и удешевить их производство.

2. Использование 3Д-печати для производства силовых элементов конструкции позволит значительно снизить их массу и производить кастомизацию узлов и систем лёгких РН и суборбитальных аппаратов, в соответствии с потребностями конкретной миссии или заказчика.

Композиционные материалы с заданными свойствами

Изготовление силовых и несущих конструкций для РН и суборбитальных систем, а также криогенных топливных баков из композиционных материалов без необходимости использования технологии многослойной намотки синтетических волокон. Тем самым будет достигнуто существенное удешевление и ускорение изготовления до 80% от общего числа их конструктивных элементов и создана возможность формования различных конструктивных узлов сложной 3-х мерной формы, а не только тел вращения, как при изготовлении методом многослойной намотки.

Адаптивные алгоритмы предикторно-корректорного типа для управления движением РН и КА

1. Создание и лётная отработка адаптивных алгоритмов формирования и оптимизации траекторий для сверхлёгких РН и суборбитальных аппаратов,

необходимых для придания этим системам возможности многоразового использования.

2. Алгоритмы управления движением предикторно-корректорного типа сэмпляют траекторию аппарата с короткими интервалами (менее 1 с) и осуществляют её оптимизацию в реальном масштабе времени для парирования текущих отклонений траектории от её желаемых значений. Такие алгоритмы способны привести 1-ую ступень РН или последнюю ступень суборбитальной системы в район непосредственной близости к месту их запуска или посадки.

Разгонный блок для разведения малых КА

Компактный разгонный блок небольшой массы для разведения по орбитам малых КА. Может быть запущен в качестве 3-ей ступени на лёгких РН. Радикально повысит точность довыведения малых КА до заданных орбитальных параметров, тем самым обеспечив эффективное выполнение поставленных перед ними задач.

Двигатели малой тяги для поддержания орбиты малых КА

Компактные, лёгкие двигатели малой тяги (могут быть на основе абляционных импульсных плазменных двигателей или с использованием других принципов) необходимы для фазирования орбиты малых КА, поддержания их на заданной орбите и сведения их с орбиты.

Отказоустойчивая система энергоснабжения для малых КА

Недорогая, отказоустойчивая система энергоснабжения малых КА со способностью парирования тиристорного эффекта, в результате которого может произойти выход из строя бортовой электроники. Должна иметь релейные команды, которые подаются напрямую, минуя БЦВМ (бортовой цифровой компьютер).

Полезные нагрузки на цифровой основе для малых КА

1. Цифровые реконфигурируемые телекоммуникационные полезные нагрузки (ЦРПН), в том числе для сетей 5G. В отличие от современных ПН на аналоговой основе, ЦРПН позволят на порядок увеличить пропускную

способность малого коммуникационного КА, имеют меньшую массу и практически неограниченные возможности для комплексирования с другими цифровыми ПН.

2. Разработка и изготовление технологического демонстратора ЦРПН для малого КА.

3. Разработка и изготовление образца ЦРПН для опытной эксплуатации в составе малого КА.

Ионные РД Холла с возможностью дросселирования тяги, удельного импульса и мощности

1. Электрические ионные РД основанные на эффекте Холла (по отечественной терминологии - ионные двигатели с анодным слоем), позволяющие менять создаваемые ими тягу, удельный импульс и мощность в широких пределах - 60 до +30 % от номинальных значений, что даст возможность изменять профиль миссии в полёте и создаст потенциал их использования для миссий в глубокий космос и для пилотируемых полётов к другим небесным телам.

2. Электрические ионные РД Холла, имеющие схему с несколькими коаксиальными анодными излучателями для увеличения тяги, повышения эффективности, уменьшения массы и габаритов.

Система магнитного экранирования для ионных РД Холла

Система магнитного экранирования для ионных РД Холла. Магнитная изоляция анодных излучателей позволит повысить рабочий ресурс РД Холла с нескольких сотен часов сегодня, до нескольких лет в будущем, делая возможным создание автономных орбитальных буксиров для выполнения различных задач в космосе, включая уборку космического мусора и их применение для беспилотных и пилотируемых миссий в глубокий космос, к Луне, Марсу и астероидам.

**План мероприятий по программе развития сегмента
«Космический транспорт»**

Таблица 3.

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
Создание, развитие и продвижение передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих передовые позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках космических и суборбитальных перевозок						
<i>Ракеты-носители</i>						
1	Разработка и создание линейки СЛРН для коммерческого применения, со значительно сниженной стоимостью запуска за 1 кг ПН (10 - 15 тыс. долл.), с возможностью запуска по требованию (в течении 24 часов с момента поступления заказа)	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Создана СЛРН с низкой стоимостью запуска и способностью запуска по требованию	Формирование внутреннего рынка запуска малых КА, экспорт пусковых услуг	Отраслевая организация Аэронет ¹ , РВК, АСИ, компания Лин Индастриал, ГК Роскосмос
1.1	Создание двигателя второй ступени СЛРН с напечатанной 3D-принтингом камерой, электронасосной подачей топлива,	I квартал 2020 г.	IV квартал 2023 г.	Продемонстрирована надёжная работа ЖРД 2-ой ступени с новыми техническими решениями	а) возникновение коммерческого предложения ЖРД малой тяги; б) формирование сети кооперации для последующей	Отраслевая организация Аэронет, компания Лин Индаст-

¹ Отраслевая организация Аэронет - организация НТИ по направлению Аэронет, осуществляет стратегическое планирование, координацию и мониторинг реализации плана мероприятий ("дорожной карты") и обеспечение согласованного взаимодействия участников Рабочей группы НТИ по направлению "Аэронет" с применением наилучших международных практик - системы стадий и контрольных точек ("гейтов") и системы критериев оценки степени технологической, производственной и рыночной готовности проектов и др.

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
	тягой порядка 500 кг, постройка испытательных стендов для него, полная отработка ЖРД				разработки ракетной техники нового поколения; в) начало продвижения проекта РН будущим пользователям	риал, профильные организации ГК Роскосмос
1.2	Создание суборбитальной ракеты с разработанными ЖРД и начало её коммерческой эксплуатации. Отработка алгоритмов управления и контроля и демонстрация посадки в конце суборбитальной траектории. Отработка многоразового применения	I квартал 2022 г.	IV квартал 2025 г.	Отработаны алгоритмы управления ракетой, продемонстрирована управляемая посадка в конце её суборбитальной траектории	а) возникновение рынка "быстрых" запусков малых суборбитальных аппаратов; б) формирование сетей кооперации новых и традиционных компаний отрасли	Отраслевая организация Аэронет, компания Лин Индастриал, профильные организации ГК Роскосмос
1.3	Создание двигателя 1-ой ступени орбитальной РН с напечатанной 3D-принтингом камерой, электронасосной подачей топлива, и тягой порядка 2500 кг, постройка испытательных стендов для него, полная отработка ЖРД	I квартал 2024 г.	IV квартал 2027 г.	Продemonстрирована надёжная работа ЖРД 1-ой ступени с новыми техническими решениями	Созданы предпосылки для начала разработки собственной СЛРН	Отраслевая организация Аэронет, компания Лин Индастриал, профильные организации ГК Роскосмос

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
1.4	Стендовая и полигонная отработка основных подсистем СЛРН, её интеграция для динамических, электротехнических и огневых испытаний всех двигателей 1-ой ступени в сборке. Отработка заправочных и стартовых процедур на специализированной стартовой площадке или мобильной пусковой установке	I квартал 2026 г.	IV квартал 2030 г.	Подтверждены расчётные характеристики подсистем орбитальной СЛРН в ходе натурных испытаний	Созданы предпосылки для завершения разработки собственной СЛРН	Отраслевая организация Аэронет, компания Лин Индастриал, профильные организации ГК Роскосмос
1.5	Создание СЛРН для малоразмерных аппаратов с массой до 200-250 кг с двигателями тягой 2500 кг на первой и 500 кг на второй ступени, разработанные на предыдущих этапах, а также технологический задел, полученный при создании суборбитальной ракеты. Летная отработка РН.	I квартал 2027 г.	IV квартал 2034 г.	Создана коммерчески конкурентоспособная СЛРН для запуска малых КА с массой до 250 кг.	Вывод на мировой рынок собственной СЛРН	Отраслевая организация Аэронет, компания Лин Индастриал, профильные организации ГК Роскосмос
<i>Суборбитальные аппараты</i>						
2	Создание суборбитальных беспилотных и	I квартал	IV квартал	Перспективные ракето- и аэродинамические	Открытие коммерческого суборбитального	Отраслевая организация

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
	пилотируемых аппаратов и ракет, осуществляющих старт с Земли или с воздушного носителя, с максимальной высотой параболической траектории превышающей 80 км, и осуществляющих мягкую посадку на Землю ракетодинамически или с помощью устройств, создающих подъёмную силу (парашют, крыло, ротор)	2020 г.	2034 г.	технологий внедрены при создании суборбитальных систем	рынка в России, включая туризм и быструю транспортировку лёгких грузов	Аэронет, компания Космокурс, профильные организации ГК Роскосмос
2.1	Конструктивная проработка подсистем суборбитального носителя и пилотируемой капсулы, оптимизация конструкции всей системы	I квартал 2020 г.	IV квартал 2023 г.	Создана проектная документация подсистем суборбитального носителя и пилотируемой капсулы	Разработаны подсистемы суборбитального носителя и пилотируемой капсулы	Отраслевая организация Аэронет, компания Космокурс, профильные организации и ГК Роскосмос
2.2	Стендовые испытания ЖРД, интеграция и отработка подсистем первой ступени и пилотируемой капсулы, сборка 1-ой ступени и пилотируемой	I квартал 2024 г.	IV квартал 2025 г.	Проведены стендовые испытания ЖРД	Подтверждены расчётные характеристики ЖРД с напечатанной камерой сгорания в ходе стендовых испытаний	Отраслевая организация Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
	капсулы					
2.3	Огневые испытания всех ЖРД в пакете, соответствующей схеме их установки на первой ступени, статические и динамические испытания первой ступени, сброс пилотируемой капсулы с транспортного самолёта и отработка системы её парашютно-реактивной посадки	I квартал 2026 г.	IV квартал 2028 г.	Проведены огневые испытания многоцветной пилотируемой суборбитальной системы	Проверены технические решения, заложенные в конструкцию 1-ой ступени и пилотируемой капсулы	Отраслевая организация Аэронет, компания Космокурс, профильные организации ГК Роскосмос
2.4	Полигонная отработка суборбитальной системы в сборе, отработка предстартовых операций и интеграция со стартовой позицией и оборудованием, запуск первой ступени на высоту до 5 км и демонстрация её успешной ракетодинамической посадки	I квартал 2029 г.	IV квартал 2030 г.	Проведены полигонные испытания многоцветной пилотируемой суборбитальной системы	Подтверждена расчётная работа многоцветной первой ступени суборбитальной системы	Отраслевая организация Аэронет, компания Космокурс, профильные организации ГК Роскосмос
2.5	Летные испытания полностью многоцветной пилотируемой суборбитальной системы для	I квартал 2031 г.	IV квартал 2034 г.	Проведены летные испытания многоцветной пилотируемой суборбитальной	Проверены технические решения, и подтверждены расчётные характеристики	Отраслевая организация Аэронет, компания Космокурс,

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
	космического туризма на 5-6 человек, максимальной высотой параболической траектории 60-150 км и длительностью пребывания в невесомости 3-5 минут. По завершению полёта, первая ступень осуществляет ракетодинамическую посадку, пилотируемая капсула садится при помощи парашютно-реактивной системы.			системы	суборбитальной системы	профильные организации ГК Роскосмос
<i>Орбитальные буксиры</i>						
3	Разработка и совершенствование технологий, необходимых для широкомасштабного использования электро-ракетных (плазменных) двигателей (ЭРД) в околоземном пространстве и в системе Земля-Луна для перевода ПН на различные орбиты, а в перспективе, как основной тип ДУ для межпланетных перелетов и для	I квартал 2020 г.	IV квартал 2034 г.	Создан лёгкий (до 1000 кг) многоразовый межорбитальный буксир с ЭРД и энергоснабжением от солнечных батарей	Создание нового рынка межорбитальной транспортировки грузов в околоземном пространстве	Отраслевая организация Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
	дальнего космоса					
3.1	Стендовая отработка плазменных импульсных ЭРД для поддержания орбиты микро-спутников, летающих на высотах до 250 км, и увеличения их активного срока службы	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Подтверждены расчётные характеристики импульсных ЭРД в ходе стендовых испытаний	Создание предпосылок для коммерциализации и импульсных ЭРД	Отраслевая организация Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос
3.2	Создание демонстрационного образца ЭРД для орбитального буксира, его стендовая отработка и ресурсные испытания	I квартал 2026 г.	IV квартал 2028 г.	В ходе стендовых испытаний подтверждены расчётные характеристики всех систем орбитального буксира с ЭРД увеличенной мощности	Обеспечены технические предпосылки для создания полноценного ЭРБ	Отраслевая организация Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос
3.3	Создание лёгкого орбитального буксира с ЭРД высокой тяги, использующими солнечные батареи в качестве источника для доставки ПН с орбиты высотой 200 км до орбит высотой 500-600 км	I квартал 2029 г.	IV квартал 2034 г.	Доказана эффективность многоразового орбитального буксира с ЭРД и солнечными батареями	Создание рынка межорбитальной транспортировки грузов в околоземном пространстве	Отраслевая организация Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос

План мероприятий по программе развития сегмента «МКА»

Таблица 4.

№ п/ п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
Создание, развитие и продвижение универсальных низкоорбитальных спутниковых платформ, обеспечивающих передовые позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках						
1	Создание системы посевного и венчурного финансирования малых технологических компаний	I квартал 2020 г	IV квартал 2025 г	Повышена доступность посевного и венчурного финансирования. Создана система институтов, обеспечивающих финансирование разработок МКА командами, имеющими разное происхождение и находящимися на разных этапах разработок.	Обеспечено финансирование проектов по созданию и развитию МКА	Отраслевая организация Аэронет, ФСИ, фонд Сколково, АО «РВК», ГК Роскосмос
1.1	Создание системы финансирования в рамках институтов развития вне ГК Роскосмос	I квартал 2020 г	IV квартал 2021 г	Увеличен объём финансирования программ ФСИ, фонда Сколково, АО «РВК» и других институтов развития с целевым финансированием программ по созданию МКА, запуску МКА и развитию продуктов – сервисов которые могут быть оказаны с использованием	Обеспечено финансирование проектов по созданию и развитию МКА за счёт средств институтов развития	Отраслевая организация Аэронет, ФСИ, фонд Сколково, АО «РВК», ГК

№ п/ п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
				МКА на орбите. Запущены специализированные акселерационные программы для проектов по созданию МКА.		
1.2	Создание системы венчурного финансирования в рамках ГК Роскосмос	I квартал 2020 г	IV квартал 2025 г	Создан венчурный фонд ГК «Роскосмос», который будет обладать качественной экспертизой и станет источником финансирования проектов, инициируемых сотрудниками ГК Роскосмос.	Обеспечено финансирование проектов по созданию и развитию МКА инициативными группами внутри ГК Роскосмос	ГК Роскосмос
2	Снятие административных барьеров	I квартал 2020 г	IV квартал 2022 г	Приняты НПА, открывающие возможность применения доступной ЭКБ некосмического исполнения отечественного и иностранного производства с упрощением порядка ее выбора и применения. Приняты НПА, упрощающие порядок проведения наземной экспериментальной отработки МКА и испытаний перед пуском;	Сняты избыточные административные барьеры для ведения бизнеса в сфере КД	Отраслевая организация Аэронет, ГК Роскосмос, участники рынка Аэронет

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
				<p>Приняты НПА, упрощающие порядок адаптации и запуска МКА;</p> <p>Приняты НПА, упрощающие доступ частных компаний к рабочим орбитам;</p> <p>Приняты НПА, регламентирующие механизмы государственно-частного партнёрства в КД.</p>		
3	Снятие основных технологических барьеров	I квартал 2020 г	IV квартал 2023 г	Начата опытная эксплуатация приборного ряда для МКА	Обеспечены технологические возможности для быстрой разработки и поточного производства новых МКА	Отраслевая организация Аэронет, фонд Сколково, Минпромторг России, участники рынка Аэронет, ГК Роскосмос
3.1	Разработка целевой аппаратуры для МКА	I квартал 2020 г	IV квартал 2023 г	Получение летных сертификатов для целевой аппаратуры, обеспечивающей решение задач ДЗЗ, связи и ретрансляции, гелиогеофизических исследований, науки и образования.	Обеспечена возможность установки стандартной целевой аппаратуры на создаваемые МКА	Отраслевая организация Аэронет, фонд Сколково, участники рынка Аэронет, Минпромторг России, ГК Роскосмос
3.2	Разработка служебных систем МКА	I квартал	IV квартал	Получение летных сертификатов для ряда служебных	Обеспечена возможность использования	Отраслевая организация Аэронет,

№ п/ п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
		2020 г .	2023 г .	систем, обеспечивающих функционирование МКА, в том числе в составе многоспутниковой системы (кластера) с различными принципами управления.	стандартных служебных систем МКА	фонд Сколково, участники рынка Аэронет, Минпромторг России, ГК Роскосмос
4	Создание прорывного задела в развитии МКА	I квартал 2024 г .	IV квартал 2025 г .	<p>Отработка базовых технологий создания и управления многоспутниковыми КС на базе МКА в кооперации с ГК, предусматривающая:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уточнение (обоснование) унифицированно-го ряда платформ служебных систем МКА; 2. Создание ряда унифицированных платформ служебных систем МКА; 3. Отработку технологий массового производства МКА; 4. Отработку сетевых технологий управления многоспутниковых (кластерных) 	Созданы предпосылки для массового применения МКА и создания орбитальных КС	Отраслевая организация Аэронет, фонд Сколково, участники рынка Аэронет, Минпромторг России, ГК Роскосмос

№ п/ п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
				<p>систем;</p> <p>5. Отработку технологий группового мультиагентного автономного управления и поддержания конфигурации орбитальной группировки;</p> <p>6. Отработку технологий обработки на борту больших объемов данных в реальном масштабе времени;</p> <p>7. Создание базового микроносителя для выведения МКА на орбиту;</p> <p>8. Отработку технологий группового запуска МКА;</p> <p>9. Создание наземной инфраструктуры для эксплуатации микроносителей и КС.</p>		

**План мероприятий по программе развития сегмента
«Спутниковые системы и ДЗЗ»**

Таблица 5.

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
Создание, развитие и продвижение передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках спутниковых систем и ДЗЗ						
<i>Подсегмент «Спутниковые системы»</i>						
1	Создание системы финансирования проектов по развитию спутниковых систем и инфраструктуры управления ими	I квартал 2020 г.	IV квартал 2023 г.	Создание системы финансирования проектов по разработке унифицированных комплектов оборудования КА	Снижение порога вхождения в отрасль	Отраслевая организация Аэронет, фонд Сколково, ГК Роскосмос
2	Разворачивание наземной космической инфраструктуры	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Создана наземная инфраструктура для приёма, хранения и обработки данных, в том числе в режиме реального времени.	Обеспечена возможность приёма и обработки данных	Отраслевая организация Аэронет, участники рынка Аэронет, ГК Роскосмос
3	Создание технологий разворачивания и управления спутниковыми группировками	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Созданы технологии разворачивания и управления спутниковыми группировками	Обеспечена возможность разворачивания и управления спутниковыми группировками	Отраслевая организация Аэронет, участники рынка Аэронет, ГК Роскосмос

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
<i>Подсегмент «Услуги ДЗЗ»</i>						
4	Разработка мер поддержки развития экосистемы услуг на основе данных ДЗЗ	I квартал 2020 г.	IV квартал 2023 г.	Создана система мер поддержки компаний и стартапов, занимающихся обработкой данных ДЗЗ и оказанием услуг на основе данных ДЗЗ	Приняты меры по стимулированию коммерциализации данных ДЗЗ	Отраслевая организация Аэронет, фонд Сколково, участники рынка Аэронет
5	Создание инфраструктуры для получения, хранения обработки и передачи данных, полученных с КА ДЗЗ	I квартал 2020 г.	IV квартал 2023 г.	Введена в эксплуатацию инфраструктура для получения, хранения, обработки и передачи данных ДЗЗ	Обеспечено получение, хранение и обработка данных получаемых с КА ДЗЗ	Отраслевая организация Аэронет, участники рынка Аэронет, ГК Роскосмос
6	Запуск информационных платформ (сегментов) по использованию данных с КА ДЗЗ, развитие системы геосервисов с открытым исходным кодом обработки данных ДЗЗ на основе машинного обучения	I квартал 2024 г.	IV квартал 2025 г.	Запущены пилотные проекты информационных платформ по сегментам B2G, B2B, B2B2C	Созданы сервисы на базе которых органы государственного управления, бизнес и население могут принимать управленческие решения на базе геоданных с КА ДЗЗ	Отраслевая организация Аэронет, участники рынка Аэронет

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
7	Принятие НПА об использовании данных ДЗЗ при принятии решений государственными и муниципальными органами	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Регламентирован порядок использования данных ДЗЗ при принятии решений государственными и муниципальными органами	Обеспечен спрос на данные ДЗЗ со стороны государственных и муниципальных органов	Отраслевая организация Аэронет, ФОИВы
8	Запуск образовательных программ по использованию данных ДЗЗ	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Запущены образовательные программы по использованию данных ДЗЗ	Началась подготовка пользователей данных ДЗЗ	Отраслевая организация Аэронет, Министерство просвещения России, Министерство науки и высшего образования России, участники рынка Аэронет
8.1	Запуск образовательных программ на основе общего среднего образования в т.ч. совместно с сетью Кванториумов и участниками рынка Спейснет	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Запущены образовательные программы, предполагающие освоение базовых навыков	Поставлена на поток подготовка специалистов, которые умеют принимать решения на основе анализа данных ДЗЗ	Отраслевая организация Аэронет, Министерство просвещения России, участники рынка Аэронет
8.2	Запуск образовательных программ по подготовке	I квартал 2020 г.	IV квартал 2025 г.	Запущены образовательные программы профессионального	Организована подготовка профессиональных пользователей	Отраслевая организация Аэронет, Министерство науки и

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
	преподавателей и разворачивание системы обучения студентов ВУЗов различных профилей по использованию данных ДЗЗ в различных сферах экономики			применения данных ДЗЗ в конкретных сферах	для различных сфер экономики	высшего образования России, участники рынка Аэронет

**План мероприятий по программе развития сегмента
«Наземная инфраструктура»**

Таблица 6.

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
Создание, развитие и предоставление доступа компаниям к наземной инфраструктуре, обеспечивающей вывод продуктов и работу российских компаний на формируемые глобальные рынки						
1	Создание частного космодрома для запуска суборбитальных аппаратов	I квартал 2020 г.	IV квартал 2034 г.	Космодром введен в эксплуатацию; Запущены первые суборбитальные аппараты.	Обеспечена инфраструктура для запуска суборбитальных аппаратов	Отраслевая организация Аэронет, компания Космокурс.
2	Создание наземных комплексов управления	I квартал 2020 г.	IV квартал 2034 г.	Выделены диапазоны частот линии «Земля-КА»; Утверждены протоколы радиолинии «Земля-КА»; Утверждён порядок доступа участников рынка Спейснет к наземному комплексу управления; Сертифицирован и введен в эксплуатацию наземный комплекс управления; Начал	Для всех участников рынка Спейснет открыт доступ к наземному комплексу управления по доступным ценам и без бюрократических проволочек	Отраслевая организация Аэронет, участники рынка Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос.

№ п/п	Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
				реализовываться пилотный проект.		
3	Создание наземных специальных комплексов	I квартал 2020 г.	IV квартал 2034 г.	<p>Утверждён порядок доступа участников рынка Спейснет к наземному специальному комплексу;</p> <p>Сертифицирован и введён в эксплуатацию частный наземный специальный комплекс;</p> <p>Начал реализовываться пилотный проект.</p>	Для всех участников рынка Спейснет открыт доступ к наземному специальному комплексу по доступным ценам и без бюрократических проволочек	Отраслевая организация Аэронет, участники рынка Аэронет, профильные организации ГК Роскосмос.