

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СПУТНИКОВОЙ ГРУППИРОВКИ «СФЕРА» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Л.А. Плотников, Московский технический университет связи и информатики,
leonidplotnikovv@yandex.ru.*

УДК 004.8:621.391

Аннотация. В статье представлен обзор спутниковой группировки «Сфера», рассмотрены принцип работы и ее характеристики. Представлены различные аспекты развития, внедрения данной системы, рассмотрены перспективы реализации спутниковой группировки «Сфера» для обеспечения достижений научно-технических целей в развитии Российской Федерации.

Ключевые слова: информационная система; космический аппарат; космос; технологии; спутниковая связь; *IoT*; связь; вещание.

PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SATELLITE CONSTELLATION «SPHERE» TO ENSURE THE ACHIEVEMENT OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL GOALS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION

L.A. Plotnikov, Moscow technical university of communications and informatics.

Annotation. The article presents an overview of the satellite constellation «Sphere», the principle of operation and its characteristics are considered. Various aspects of the development and implementation of this system are presented, the prospects for the implementation of the «Sphere» satellite constellation to ensure the achievement of scientific and technical goals in the development of the Russian Federation are considered.

Keywords: information system; spacecraft; space; technology; satellite communications; *IoT*; communications; broadcasting.

Введение

Космос является одной из самых перспективных отраслей развития, который обеспечивает нас спутниковой связью, системами навигации, различными службами и телевидением, достигших в наше время существенного развития.

Низкоорбитальные спутниковые системы связи являются информационными системами и требуют специальных мер защиты от возможных радиопомех. Поскольку радиоэлектронные средства (РЭС) спутниковой группировки «Сфера» относятся к аппаратуре, обеспечивающей безопасность и жизнедеятельность людей, к ней предъявляются требования по надежности и безотказной работе.

Стремительно растущее использование негеостационарных спутниковых орбит (НГСО) представляет собой прорыв в спутниковых технологиях и потенциал для тех, кто лишен связи в отдаленных районах, чтобы они тоже могли пользоваться преимуществами современных технологий. Возможность установления спутниковых соединений очень важна для авиационного и морского секторов, где используются воздушные и морские суда, которые на своих маршрутах могут быть вне зоны досягаемости наземных сетей. Также возможность установления спутниковых соединений помогает сделать «умное» общество

реальностью (дистанционное образование, электронное здравоохранение, электронная логистика, «умная» энергетика и «умное» сельское хозяйство) как в развитых, так и в развивающихся странах, в особенности в сельских и отдаленных районах.

Принцип работы и характеристики спутниковой группировки «Сфера»

Федеральный проект «Комплексное развитие космических информационных технологий» («Сфера») – проект российской глобальной многофункциональной инфокоммуникационной спутниковой системы, является федеральной целевой программой комплексного развития космических информационных технологий на период до 2030 г., включающей в себя космические проекты в различных областях [3].

Проектируемая спутниковая группировка «Сфера», разрабатываемая корпорацией «Роскосмос», будет предоставлять услуги высокоскоростного беспроводного многостанционного доступа в любой точке земной поверхности, а также объектам, находящимся в околоземных слоях (гражданская авиация, метеозонды и т.д.).

С использованием инфраструктуры низкоорбитальной спутниковой системы, которая включает в себя основные компоненты: спутниковую группировку, развернутую на высотах от 500 до 900 км; сеть шлюзовых станций, терминирующих поступающие от космических аппаратов (КА) и обратно абонентские данные и позволяющих производить маршрутизацию последних с использованием наземной инфраструктуры глобальных проводных сетей и абонентских терминалов, представляющих собой компактные земные станции, с помощью которых осуществляется связь с КА. Будут расширены возможности наземных сетей беспроводной связи, а именно обеспечение глобального покрытия и предоставления как коммерческих, так и социально-значимых услуг для потребителей в сфере бизнеса, образования, социального обеспечения и т.д. в удаленных и труднодоступных районах, где развертывание наземной инфраструктуры связи технически и экономически невозможно [5]. Зона обслуживания низкоорбитальной спутниковой системы – территория Российской Федерации с возможным расширением до глобальной. Общее количество КА – 620. Предполагаемые сроки развертывания группировки – 2024-2030 гг. [4].

В основе организации глобального радиочастотного покрытия лежит принцип разделения земной поверхности на ячейки, область внутри которой является номинальной зоной обслуживания КА, а границы области являются границами смежных зон обслуживания КА. Размер и конфигурация номинальной зоны обслуживания КА вычисляется из общего орбитального построения многоэшелонной группировки и зависит от текущего положения КА на рабочей орбите, количества сетей, развернутых в данный момент времени и радиотехнического обеспечения КА. В пределах зоны обслуживания КА радиочастотное покрытие обеспечивается многоантенной системой бортового радиокomплекса КА, формирующего пространственно-разделенные неперекрывающиеся лучи и вписанные в границы зоны обслуживания КА.

Потенциальное число обслуживаемых АТ, приходящихся на один КА, равно 500, в то время как количество одновременно обслуживаемых абонентов (в один и тот же момент времени) равно 50.

КА будет нести на своем борту следующие радиотехнические средства:

- Бортовой радиокomплекс абонентской радиолинии.

- Многоантенная система БРТК абонентской радиолинии, реализованная в виде передающей и приемной АФАР.
- Бортовой радиокomплекс радиолинии связи со шлюзовыми земными станциями, также включающий в себя блоки цифровой обработки и две пространственно-следающие антенны.

Стационарные терминалы индивидуального и коллективного пользования будут использоваться на различных неподвижных объектах личных домохозяйств, муниципальных государственных учреждений, коммерческой недвижимости и специальных стационарных объектах на местах добычи полезных ископаемых, а также как стационарный терминал беспроводной точки доступа на линиях федеральных автострад, железнодорожных путей, где отсутствует возможность подключения к мобильным сетям широкополосной передачи данных стандартов *LTE* и *5G* [3]. Терминал для базовой станции *LTE* и *5G* будет непосредственно расположен и развернут в месте расположения базовых станций сетей *5G* и *LTE*. Подвижный терминал индивидуального пользования будет устанавливаться на подвижные объекты наземного и воздушного транспорта (личный автомобиль, автобус, самолет и т.д.).

Каждый КА формирует до 20 независимых электронно-управляемых пользовательских лучей *Ki*-диапазона на передачу информации и до 20 лучей на прием информации абонентскими терминалами, которые формируют номинальную зону обслуживания КА. Максимизация пропускной способности КА и предоставление беспроводных услуг надлежащего качества являются приоритетными и в параметрах обслуживающих лучей таких как:

- Коэффициент усиления луча.
- Ширина полосы, приходящаяся на один обслуживающий луч.
- Излучаемая мощность, приходящаяся на один обслуживающий луч.

Минимальное значение рабочего угла обслуживания АТ (абонентский терминал) спутниковой группировки составляет 45 градусов (значение угла отчитывается от плоскости тангенциальной точки расположения АТ на земной поверхности).

Земная станция может содержать в своем составе до 20 антенных систем (постов), каждая из которых осуществляет беспроводной сеанс связи с КА, находящимся в зоне работы шлюзовой станции. Антенные системы будут иметь пространственное разнесение порядка нескольких десятков метров. Часть антенных постов осуществляет слежение и сопровождение КА, другая часть ориентируется в направлении предположительного появления следующих КА, ожидая передачи активного радиосоединения с другой обслуживающей ЗС.

Космический аппарат спутниковой группировки «Сфера» оборудован двумя зеркальными антеннами для работы с земными станциями шлюзовой радиолинии. Пока одна из антенн КА производит сеанс связи с ЗС, находящейся в диапазоне рабочих углов радиолинии, другая антенна КА ориентируется и отслеживает следующую ЗС.

На сегодняшний день активно проходят исследования, касающиеся применения спутниковой группировки «Сфера» в сферах деятельности человека. К сожалению, по большей части все эксперименты являются закрытыми. Доступа к их результатам практически нет. Опираясь на информацию в открытых источниках, был сделан вывод, что данная спутниковая группировка наилучшим образом могла бы быть применена на различных неподвижных объектах личных

домохозяйств, муниципальных государственных учреждений, коммерческой недвижимости и специальных стационарных объектах на местах добычи полезных ископаемых, а также как стационарный терминал беспроводной точки доступа на линиях федеральных автострад, железнодорожных путей, где отсутствует возможность подключения к мобильным сетям широкополосной передачи данных.

Перспективы реализации спутниковой группировки «Сфера»

Рассматривая перспективы реализации спутниковой группировки «Сфера» для научного и технического обеспечения достижений приоритетных целей развития Российской Федерации (РФ), стоит отметить не только рост внешних угроз безопасности Российской Федерации, но и необходимость расширения сфер влияния Российской Федерации в мире, увеличение затрат на ликвидацию последствий опасных природных явлений. Спутниковые данные могут эффективно использоваться как инструмент экологического мониторинга, природного надзора и технологического контроля.

Основными задачами, поставленными перед спутниковой группировкой «Сфера», являются:

- обеспечение потребителей во всех секторах экономики информацией и услугами спутниковых систем;
- устойчивое развитие и повышение эффективности российских спутниковых технологий;
- расширение присутствия отечественных космических продуктов и услуг на мировом рынке.

Необходимость реализации спутниковой группировки «Сфера» обусловлена повышением уровня жизни и ожиданием общества новых доступных решений в сфере науки и бизнеса, особенно для транспортно-логистического комплекса, телемедицины и образования. Космический мониторинг является одним из эффективных инструментов для объективного и оперативного удаленного контроля, а услуги позиционирования и связи в реальном времени являются катализатором развития экономики и промышленности России. Стоит отметить, что современные технические платформы для глобального сервиса в сфере транспортно-логистических услуг, интегрируют наземные и космические информационные технологии в востребованные на мировом рынке высокотехнологичные продукты. Синергия для научного и бизнес окружения от объединения ресурсов космических аппаратов, наземной космической инфраструктуры, корпоративных терминалов, приборов и оборудования на микро- и наноэлектронной компонентной базе, нанодатчиков и маршрутизаторов, персональных вычислительных устройств и абонентских терминалов ясен, поскольку космические технологии навигации, связи и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в совместном действии с наземными системами позволят сформировать устойчивую орбитальную и наземную космическую инфраструктуру. Реализация спутниковой группировки «Сфера» позволит обеспечить цифровое телевизионное вещание с КА на геостационарной орбите и цифровое радиовещание с КА на высокоэллиптической орбите на всей территории Российской Федерации. Проектом спутниковой группировки «Сфера» предусмотрено обеспечение телекоммуникационными услугами президентской, правительственной и специальной связи, министерств и ведомств РФ на всей территории России услугами персональной связи для корпораций и частных лиц на всей территории Российской Федерации, включая Арктический регион.

Успешная реализация спутниковой группировки «Сфера» позволит повысить эффективность функционирования научно-образовательных и промышленных предприятий и организаций различных отраслей, включая сельское и лесное хозяйство, рыболовство, строительство и добычу полезных ископаемых, государственное управление и обеспечение безопасности, производство ЭВМ и электронных изделий, деятельность в области информации и связи, транспортировку и хранение, строительство и разработку программного обеспечения.



Рисунок 1

Комплексное обслуживание судов по маршруту Северного морского пути будет возможно благодаря системам «Экспресс-РВ», «Марафон IoT» и «Беркут-Х, СМОТР», которые должны обеспечить высокое качество цифрового телевизионного и радиовещания, высокоскоростной передачи данных, мониторинг ледовой обстановки с формированием карт льдов и услуг высокоточной навигации для беспилотных проводок. Данный комплекс систем обеспечит надежными услугами связи, позиционирования и мониторинга в Арктической зоне РФ на подвижных и стационарных объектах, в том числе, беспилотных [3]. Реализация спутниковой группировки «Сфера» по маршруту Северного морского пути представлена на рис. 1.

В 2021 г. начаты работы спутниковой группировки «Сфера». Так многоспутниковая система IoT «Марафон IoT» предполагает сбор и передачу данных с устройств IoT с контролем беспилотных и роботизированных систем: запуск опытного образца космического аппарата «Марафон IoT» запланирован в 2024 г., проводится разработка унифицированных платформ малых КА ДЗЗ и связи. Система широкополосного доступа в интернет «СКИФ» для предоставления высокоскоростного доступа была запущена 22 октября 2022 г. Спутниковая группировка «Сфера» будет автоматизировать проводку судов по Северному

морскому пути с обеспечением высокоскоростным интернетом всех пассажиров, повысит эффективность перевозок и мониторинга местоположения и технического состояния, как автомобильного транспорта, так и железнодорожного, морских и воздушных судов, экологического мониторинга и контроля лесных пожаров и вырубки леса. Спутниковая группировка «Сфера» повысит уровень контроля над состоянием земель и логистических операций, оптимизирует автоматизацию управленческих задач и мониторинга состояния животных, в промышленности и строительстве обеспечит круглосуточный надзор за строительными объектами с оценкой уровня промышленной безопасности, а также территорий и подъездных путей. Для логистической инфраструктуры «Сфера» ускорит предоставление данных ледовой разведки, повысит обмен данными между беспилотными транспортными средствами, сформирует карты местности и оптимизирует работу транспорта в труднодоступных регионах [5].

Экологический и энергетический мониторинг инфраструктуры предполагает обеспечение возможности контроля и защиты различных объектов и систем, включая транспорт и логистику, в реальном времени. Спутниковая группировка «Сфера» позволяет активно развивать беспилотный транспорт на федеральном и региональных уровнях, предоставляя дополнительные возможности для создания глобальных платформ услуг коммерции, доставки, транспорта и на базе навигационных и телекоммуникационных сервисов. Дополнительные направления применения спутниковой группировки «Сфера» – углеродный мониторинг для инвентаризации способных поглощать углерод всех природных активов и ресурсов, а также мониторинг чрезвычайных ситуаций (ЧС) для предотвращения и контроля развития природных и техногенных катастроф [5].

Заключение

Развитие спутниковой группировки «Сфера» продолжается и в ближайшие годы планируется улучшение и увеличение ее функциональности. Кроме того, Роскосмос также работает над созданием новых спутниковых систем связи и навигации, которые будут использоваться для различных целей – от обеспечения безопасности и экстренных ситуаций до улучшения качества услуг связи в различных отраслях.

На сегодняшний день спутниковая группировка «Сфера» является одной из самых надежных и развитых систем экстренной связи в мире. Система позволяет оперативно передавать информацию и контролировать работу различных объектов, что обеспечивает безопасность и стабильность в различных областях деятельности. В целом, спутниковая группировка «Сфера» является высокотехнологичной системой, которая обеспечивает множество возможностей для улучшения качества жизни людей и общественной безопасности, как в России, так и в мире в целом. Наконец, стоит отметить, что на сегодняшний день «Сфера» является одной из наиболее развитых систем связи и навигации в мире. Российские ученые и инженеры внесли огромный вклад в ее создание и развитие, и продолжают работать над ее совершенствованием и улучшением функциональности.

Спутниковая группировка «Сфера» – это не только технологический проект, но и проект общественной безопасности, который важен не только для России, но и для всего мирового сообщества.

Литература

1. Spectrum database for coexistence of terrestrial fs and fss satellite systems in the 17.7-19.7 GHZ BAND/ Marko Höyhty, Aarne Mämmelä Conference: Ka and Broadband Communications Conference At: Bologna Volume: 21st
2. Раткин Л.С. Инновационные технологии XXI века на примере перспектив реализации космического проекта «Сфера» для научно-технологического обеспечения достижения приоритетных целей социально-экономического развития России // Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. XXII Национальная научная конференция с международным участием. Москва, 2023. – С. 363-367.
3. URL: <https://www.roskosmos.ru/37274/> (дата обращения: 18.06.2023).
4. URL:https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:%D0%A1%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0_%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%88%D0%B5%D0%BC(дата обращения: 18.06.2023).
5. URL:<https://trends.rbc.ru/trends/innovation/60e5820b9a794780092fd979#:~:text=%C2%AB%D0%A1%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0C2%BB%20E2%80%94%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%20C2%AB%D0%A0%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%BE%D1%81%D0%B0C2%BB%2C%20%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%8F,%D1%81%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%B8%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B%20%D0%B4%D0%BE%20430%20%D0%93%D0%B1%D0%B8%D1%82%2F%D1%81> (дата обращения: 18.06.2023)
6. URL: <https://vz.ru/society/2022/10/23/1183399.html> (дата обращения: 18.06.2023).
7. URL: <https://life.ru/p/1352127> (дата обращения: 18.06.2023).
8. URL: <https://lenta.ru/news/2022/10/23/sferaorbita/> (дата обращения: 18.06.2023).