

*Речь идет не о том, чтобы предвидеть будущее,  
а о том, чтобы творить его.*

Дени де Ружмон

# Орбитальное будущее инфокоммуникаций



**Александр ГОЛЫШКО,**  
ведущий аналитик АО «НПО РусБИТех»,  
кандидат технических наук

У спутниковой связи есть несколько рыночных ниш. В сегменте голосовой спутниковой связи работает Iridium, который в отличие от других аналогичных систем захватывает полярные районы планеты. Широкополосный доступ в интернет займут OneWeb и Starlink. Ну а третий сегмент – IoT. Этот сегмент предполагает успех, если предоставление услуг осуществляется по самой низкой цене, потому что перечисленные системы тоже будут оказывать такие услуги. Если их и можно победить, то только за счет демпинга, что требует жесточайшей оптимизации бизнес-процессов, технологических процедур, снижения стоимости спутников.

Нельзя сказать, что существовавшая до сих пор спутниковая

Пожалуй, только России приходится решать самую сложную задачу сплошного инфокоммуникационного обслуживания своей территории благодаря, собственно, уникальной территории, в значительной части находящейся в высоких широтах, на множестве часовых поясов и вне какого-либо транспортного доступа. Разумеется, без каналов связи и без космических аппаратов (КА) не обойтись. При этом актуальны и сопутствующие задачи: сильно возросший спрос инфокоммуникаций на скоростную передачу данных, дальнейшее развитие широкополосного доступа (ШПД) в интернет, а также Интернета вещей (Internet of Things – IoT), не говоря уже о повсеместном дистанционном зондировании Земли в самом высоком качестве.

группировка не выполняла свои функции, потому что VSAT-сети (в том числе морские), различные спутники связи, вещания и навигации, услуги спутникового ШПД – все росло и развивалось. Но в какой-то момент стало ясно, что этого для построения настоящего будущего явно недостаточно. Что касается желаемого и необходимого, то его оказалось достаточно много, в результате чего родился проект российской глобальной многофункциональной инфокоммуникационной спутниковой системы (ГМИС) «Сфера», куда были интегрированы различные локальные проекты спутниковых инфокоммуникаций.

Для создания проекта «Сфера» (впервые информация о нем появилась в 2018 г.) разработана и принята соответствующая Федеральная целевая программа, рассчитанная до 2030 г. К этому году «Сфера» должна насчитывать 638 космических аппаратов, в том числе 334 спутника связи, 55 спутников навигации, 249 аппаратов дистанционной съемки

Земли. Возможно, приведенные цифры отнюдь не окончательные, но сегодня это уже не столь важно, потому что государством активирована реализация действительно серьезного проекта, который должен преподнести всем нам новые возможности.

После нескольких этапов обсуждений и согласований в Правительстве Федеральный проект «Сфера» получил план развития, подкрепленный финансированием. В ближайшие годы акцент будет сделан на отработку технологий и создании первых образцов КА. Окончательное решение о численности и составе спутниковых группировок будет приниматься на основе показанных результатов.

В частности, реализация проекта «Сфера» позволит организовать в РФ массовое движение беспилотных летательных аппаратов (БЛА), а также наземных и морских. КА помогут отслеживать перемещение грузов и пассажиров по железной дороге, морским или автомобильным

транспортом, предоставят надежную связь пассажирам в пути. Тем компаниям, которые имеют сложную географию своих производственных активов, КА обеспечат удаленный мониторинг оборудования, инфраструктуры и работы персонала, а также помогут провести разведку природных ресурсов, будь то на Таймыре или на Дальнем Востоке. Проект «Сфера» также направлен на ликвидацию цифрового неравенства в особо удаленных населенных пунктах. Общий объем финансирования российской многоспутниковой группировки «Сфера» составит около 180 млрд руб.

Если взглянуть несколько шире, то проект «Сфера» представляет собой заявку на полную независимость РФ в вопросе обеспечения бизнеса и госорганов всеми сервисами космической связи.

Первые работы по непосредственному созданию многоспутниковой орбитальной группировки «Сфера» начаты в декабре 2021 г. В «Сферу» войдут пять спутниковых группировок связи – «Ямал», «Экспресс-РВ», «Экспресс», «Скиф», «Марафон» – и столько же спутниковых группировок дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): «Беркут-Х», «Беркут-О», «Беркут-ВД», «Беркут-С» и «Смотр».

Начальная конфигурация «Сферы» предполагает запуск 137 КА (132 серийных и пять экспериментальных) группировки IoT «Марафон IoT», шести аппаратов «Скиф» для системы ШПД, четырех спутников связи «Экспресс-РВ», а также спутников дистанционного зондирования Земли. Среди них – аппараты «Беркут-О» (обзорная съемка, 84 КА), «Беркут-ВД» (высокоточная съемка) и «Беркут-Х» (радиолокационная съемка, 12 КА). Наибольшее внимание уделяется радиолокационным космическим аппаратам, работа которых не зависит от наличия облачности. Они полезны прежде всего там, где требуется круглосуточное всепогодное

наблюдение, например, в Арктике или Украине.

За персональный ШПД в «Сфере», особенно на высоких широтах и трассе Северного морского пути, будет отвечать группировка «Экспресс-РВ», а за коллективный доступ – группировка из 12 КА «Скиф», которые разместятся на средней круговой орбите высотой 8070 км с полярным наклоном 88,2 град. Выбор орбиты обусловлен возможностью обслуживания северных широт, недоступных для традиционных спутников на геостационарной орбите, в том числе районов Крайнего Севера, Арктики, Северного морского пути и кросс-полярных авиатрасс, а также оптимальным балансом между высотой орбиты, временем видимости КА для абонента РФ и количеством спутников, необходимых для обслуживания территории страны.

По сравнению с конкурентами OneWeb и Starlink орбита группировки «Скиф» значительно более высокая. КА Starlink находятся на низких орбитах: 300–600 км, а КА OneWeb – на 1100–1200 км. Низкая орбита Starlink, с одной стороны, позволяет снизить задержку при передаче сигнала и не требует особо мощных приемо-передающих устройств, с другой – такой системе необходимо значительно больше спутников. При полном развертывании Starlink в ней окажется почти в 100 раз больше КА, чем у «Скифа». Это также означает, что бюджет радиолинии у аппаратов «Скифа» будет хуже, чем у Starlink (т. е. мощность передатчика либо размер антенны необходимо увеличивать). В целом же «Скиф» не будет аналогом Starlink в плане дешевизны и простоты доступа, поскольку предназначен для коллективного стационарного использования.

Российские «Скифы» на роль глобальной системы не претендуют и призваны обеспечить услуги ШПД только территорию России, что ограничивает и количество спутников. Масса КА «Скиф» – до 900 кг (в четыре

раза тяжелее Starlink). Ожидаемый срок службы каждого «Скифа» – около 12 лет. Ну а логика работы проста, и КА – типичные ретрансляторы.

Планируется, что пропускная способность одного КА превысит 150 Гбит/с, и, соответственно, вся система может считаться группировкой терабитного класса. Запуск спутника-демонстратора «Скиф-Д» состоялся 22 октября 2022 г. с космодрома Восточный совместно с тремя КА связи «Гонец-М», также изготовленными в ИСС. 23 октября спутники вышли на свои орбиты. Так началась реализация федерального проекта «Сфера». Кстати, «Скиф-Д» стал первым за всю историю отечественного создания спутников КА, который выведен на среднюю круговую орбиту высотой 8070 км.

«Скиф» числится в Международном союзе электросвязи (ITU) как SKY-F. В 2015 г. «Зонд Холдинг» получил разрешение на создание спутниковой группировки на негеостационарной орбите с использованием частот Ка-диапазона (27600–28400 МГц (Земля – космос) и 17800–18600 МГц (космос – Земля)). Как видим, было выделено две полосы шириной 800 МГц и 600 МГц соответственно. В отличие от Starlink, где на спутник подается сигнал в Ка-диапазоне, а на наземный терминал уходит сигнал по Ku-диапазону, «Скиф» работает исключительно в Ка-диапазоне.

Первый этап развертывания спутниковой группировки «Скиф» подразумевает запуск шести КА к концу 2025 г. — середине 2026 г. Выводиться на орбиту они будут с помощью ракеты-носителя «Союз-2.1б» с разгонным блоком «Фрегат». Одна из задач, решаемых в рамках данной спутниковой группировки, – сделать стоимость передачи информации через спутниковую связь, которую обеспечат аппараты «Скиф», сопоставимой с ценами наземных операторов. Большим успехом, по словам разработчиков, является и то, что удалось

осуществить полную замену импортных комплектующих в заданных массово-габаритных параметрах.

В апреле 2023 г. ТАСС сообщало, что «Роскосмос» планирует приступить к формированию спутниковой системы, которая позволит подключать мобильные устройства к сети даже в условиях полного отсутствия сотовой инфраструктуры по технологии direct-to-cell (или satellite-to-cell, или direct-to-mobile), предусматривающей прямой доступ смартфонов к спутникам без дополнительного оборудования. Новая российская группировка спутников будет создаваться на базе КА «Беркут-С» с высотой орбиты около 2 тыс. км. В рамках данного проекта будет сформирована группировка из сотен спутников, что вместе со сроками будет уточнено в процессе проектирования.

За рубежом спутниковую связь для обычных смартфонов будут совместно тестировать компании SpaceX и T-Mobile.

На конец 2025 г. запланирован запуск первого спутника высокоэллиптической системы связи «Экспресс-РВ». Развертывание полной орбитальной группировки произойдет в 2026 г. В нее войдут четыре одноименных КА на высокоэллиптической орбите, предназначенных для организации услуг фиксированной и подвижной связи. Они будут оснащены оборудованием для работы в диапазонах частот С, Ku и L. Гарантированный срок активной жизни спутников составит десять лет. Группировка «Экспресс-РВ» обеспечит предоставление услуг связи, включая ШПД, на всей территории России и акватории Северного Ледовитого океана.

Кстати, использование спутников на высокоэллиптических орбитах (ВЭО), по мнению специалистов, – наиболее экономичный и приемлемый с точки зрения электромагнитной совместимости (ЭМС) способ охвата услугами связи. Геоостационарная орбита (ГСО) имеет два серьезных

недостатка: с нее не обеспечивается обслуживание территорий выше 76–78 град. с. ш. и в целом относительно малы углы видимости спутника с российской территории, что затрудняет организацию связи с подвижными объектами.

Негеостационарные системы со спутниками на средних и низких круговых орбитах, также способные решить задачу связи в Арктике, требуют колоссальных инвестиций (особенно низкоорбитальные системы), при этом вероятность возврата затраченных средств крайне мала. Также не вполне понятно, как обеспечить ЭМС с ГСО-системами. Система связи со спутниками на ВЭО способна обеспечить связь арктической зоны, связь с подвижными объектами и решить ряд других важных государственных задач. При этом капитальные затраты на создание системы в разы ниже, чем для низкоорбитальных систем, а ЭМС с КА на ГСО гарантированно обеспечивается без принятия каких-либо дополнительных мер.

В 2023 г. АО «ИСС» заключило госконтракт с «Роскосмосом» на изготовление КА для глобальной низкоорбитальной многоспутниковой системы передачи данных «Марафон IoT», которая предназначена для предоставления услуг IoT. Развитие системы «Марафон IoT» для глобального обслуживания запланировано на 2025–2028 гг., восполнение спутниковой группировки – на 2028–2030 гг. Будут разработаны и изготовлены пять опытных КА «Марафон», а затем поэтапно 132 штатных спутника, что составит половину орбитальной группировки системы «Марафон IoT». Также по условиям контракта на предприятии будет организован участок для их серийной сборки.

Первая партия из пяти спутников должна быть выведена на орбиту в 2025 г. Помимо этого предприятие произведет и подготовит к запуску экспериментальный космический аппарат

«Марафон» – негерметичный спутник микрокласса массой менее 100 кг, оснащенный полезной нагрузкой для передачи данных в интересах IoT. В настоящее время завершается изготовление составных частей данного КА, развернуты процессы отладки взаимодействия бортовой аппаратуры, разрабатывается программное обеспечение.

Спутники массой всего 45–50 кг планируют выпускать на конвейере. На предприятии «ИСС имени Решетнёва» (АО «ИСС») в Красноярском крае готовятся к массовой сборке спутников. С 2024 г. объемы производства должны возрасти до ежемесячного выпуска 10–15 малых спутников массой до 100 кг. Для этого уже создана новая линия поточной сборки и завершается создание линейки новых КА проекта «Сфера».

Человек, попавший в беду где-нибудь в районе Северного морского пути, может с помощью малогабаритного гаджета подать сигнал бедствия. Пока это устройство под наименованием «Кнопка жизни» является индивидуальным аналогом автомобильной «ЭРА-ГЛОНАСС». Работать «Кнопка жизни» будет без телефона и громоздкой системы энергообеспечения, и орбита «Марафона» это позволяет. О высокоскоростной передаче информации речь не идет: спутник используется как ретранслятор несложных сигналов от устройств IoT.

Если рассматривать гражданскую миссию данной системы, то в первую очередь «Марафоны» будут транслировать информацию от морских и речных судов, а также самолетов из самых отдаленных районов России. Кроме того, они будут способны решать массу других задач: от мониторинга провисания и нагрева линий электропередачи до предупреждения о паводках и землетрясениях. Спутниковая группировка «Марафон» будет предоставлять услуги по поиску людей, в том числе в горах. Информация будет

поступать напрямую в МЧС или поисковым службам. Задержка при передаче сигналов через орбиту 8000 км составляет 150 мс, что является допустимым пределом для голосовой связи, однако для сигналов устройств IoT, где в большом количестве случаев передается телеметрия, это вообще некритично.

Стоимость самых простых датчиков вместе с модемом в «Марафон IoT» не превысит 400 руб., а срок работы на одном аккумуляторе достигает десяти лет. Средняя стоимость полноценного персонального устройства связи составит примерно 1,5 тыс. руб. Кстати, «Марафонами» планируют закрыть всю планету. Полностью группировка «Марафон IoT» будет состоять из 264 спутников, включая 12 резервных КА, по одному в каждой плоскости, и охватит услугами всю планету. Ожидается, что со временем этих КА будут тысячи.

Спутники «Марафон» будут работать на низкой круговой орбите высотой 750 км, где распределяются по 12 плоскостям с приполярным наклонением. «Марафон IoT» считается аналогом группировки Starlink. Аппараты предполагается изготавливать серийно с периодичностью выпуска изделий – один спутник в два дня. Для этого в ИСС создаются новые рабочие места поточной сборки и испытаний. Для формирования полномасштабной орбитальной группировки предусмотрены групповые запуски по 33–44 аппарата одной ракетой-носителем типа «Ангар 1.2»

Предполагается, что половину спутников из состава группировки «Марафон» для обслуживания регионов, расположенных выше 50 град. с. ш., будет запущена в третьем квартале 2024 г. В такой же срок намечено ввести в эксплуатацию наземный сегмент системы.

Система «Марафон IoT» научится автоматически корректировать сигналы спутников геопозиционирования ГЛОНАСС. «Марафоны» займут место самых низкоорбитальных систем

русской космической группировки, и в перспективе они будут работать в связке с системой «Гонец», аппараты которой вращаются на высоте 1500 км. Логика следующая – наземное устройство транслирует сигнал на один из «Марафонов», который может ретранслировать информацию на высокостоящий «Гонец». Последний через наземного оператора передает сигнал абоненту. Но «Марафоны» смогут работать и без посредников.

Развитие системы «Марафон IoT» для глобального обслуживания запланировано на 2025–2028 гг., восполнение спутниковой группировки – на 2028–2030 гг. Срок активного существования спутников составит четыре-пять лет с возможностью увеличения до семи (т. е. конвейер АО «ИСС» простаивать не будет). По завершении эксплуатации аппараты «Марафон» будут сведены с орбиты и затоплены. Появление спутников «Марафон» на орбите станет для нашей страны таким же важным этапом развития, как система ГЛОНАСС.

Коммерческая эксплуатация начинается по мере развертывания орбитальной группировки и создания земного сегмента для предоставления услуги. Задача – не просто производить спутники, а создать устойчивую кооперацию для их серийного производства и крупносерийного производства оконечных устройств потребителей: в общем, для всех составных частей системы. Система – это не только спутники. Пока планируются опытно-конструкторские работы, которые лишь косвенно затрагивают вопросы серийного производства составных частей и эксплуатации многоспутниковой низкоорбитальной системы передачи данных «Марафон IoT» с целевой функцией прямого доступа в диапазонах 868/915 МГц на линиях АТ-КА (абонентский терминал – космический аппарат) и КА-АТ (космический аппарат – абонентский терминал) к оконечным устройствам любых видов сервисов в сфере IoT, в том числе и при их работе в движении.

Предварительные расчеты показывают, что максимальная эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (ЭИИМ – произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на абсолютный коэффициент усиления антенны) должна составлять 36 дБм на линии КА-АТ и 18 дБм – на линии АТ-КА.

Системы персональной спутниковой связи и передачи данных, в том числе и модернизируемые, не имеют будущего на рынке IoT из-за высокой стоимости абонентского оборудования (сотни долларов) и трафика, а также неудовлетворительных эксплуатационных параметров этого оборудования (энергопотребление, масса, габариты). Как считают специалисты, для конкурентного предложения услуг IoT необходимо достичь параметров, сопоставимых с предложениями наземных сотовых сетей и наземных сетей IoT LPWAN или NB-IoT. Это подразумевает, что себестоимость абонентского устройства должна быть в пределах 10–30 долл., ежемесячная плата – около 2 долл. в месяц для типовых режимов работы offline и 8 долл. – для работы online. Срок службы абонентского устройства от стандартных батарей должен составлять не менее пяти – десяти лет. Рынку необходимы новые спутниковые системы IoT, которые интегрированы с наземными сетями в части технологий, протоколов и абонентского оборудования. Такие системы заинтересуют многих в нашей стране.

В теории «Сфера» обеспечит идеальную мобильную связь, полностью беспилотное управление и отличный доступ в Интернет даже в глухой тайге. Разработчики настроены оптимистично: если «Сфера» будет успешна, Россия может выйти в лидеры во многих сферах, о которых упоминалось выше. Главное – не растратить инвестиции на бизнес-процессы между чиновниками, а направить их на получение результата, создаваемого инженерами, чтобы в указанные сроки были запущены все заявленные КА. ■