

Добрый день, уважаемые участники форума!

Тема доклада - на слайде. И в следующие 10 минут я постараюсь кратко представить Вам картину того, что происходит в области спутниковых телекоммуникаций.

Спутниковые системы делаются на два больших класса - ГСО и НГСО. Рассмотрим каждый из них.

Слайд 1 Российская орбитальная группировка на ГСО

По состоянию "на сегодня", на ГСО развернута вполне приличная группировка спутников типа "Экспресс" и "Ямал", прикрывающая территорию РФ в С-, Ku- и частично в Ka диапазонах частот. Все позиции РФ на ГСО загружены.

Но хотелось бы отметить следующее.

1. В ближайшие 3..4 года больше половины КА (8 штук) могут выйти за пределы срока активного существования (САС). Необходимо уже сейчас формировать ТЗ и запускать проектирование новых бортов.

2. Одна из главных задач, которая будет стоять перед проектировщиками новых бортов - это снижение себестоимости их пропускной способности. И в этом, как следует из докладов представителей НИИР (теперь НИЦ Телеком), могут помочь гибкие полезные нагрузки, позволяющие адаптировать пропускную способность бортов под конкретные текущие требования.

Слайд 2 Российские спутниковые НГСО телеком проекты

Теперь рассмотрим негеостационарные телеком проекты. В настоящее время здесь анонсировано больше десятка различных проектов. Попробуем с этим немного разобраться.

Прежде всего, зачем они нужны, если есть хорошие ГСО системы? У ГСО систем - две принципиальные проблемы. Это малые углы места на территории РФ и значительная задержка в прохождении сигнала.

Малые углы места не позволяют разворачивать в России системы сухопутной подвижной спутниковой радиосвязи. А большая задержка не позволяет выстраивать радиосистемы, которые требуют работы в режиме "почти реального времени".

Поэтому, основные сервисы НГСО систем направлены на предоставление услуг именно подвижным абонентам. Основной перечень услуг можно свернуть к следующему списку:

- широкополосный доступ;
- персональная голосовая спутниковая связь;
- интернет вещей;
- гибридные D2D системы.

Слайд 3 Российские спутниковые НГСО телеком проекты - "ГОНЕЦ"

Проще всего разобраться со вторым направлением: подвижная персональная связь. Здесь только один проект "Гонец-М".

Слайд 4 Проект «Гонец-М1»-ведомственная система ПСС в России и Арктике

Системы персональной голосовой спутниковой связи строятся как правило в отдельных полосах L и S диапазонов. Этот так называемый "золотой" диапазон для систем ПСС. Но этот частотный ресурс уже давно выбран. Поэтому перспективная система "Гонец-М" характеризуется крайне малой пропускной способностью - до 40 тыс пользователей. Это означает, что говорить о том, что она заменит систему IRIDIUM - не приходится. Это будет классическая ведомственная система подвижной персональной спутниковой связи. Все.

Слайд 5 Российские спутниковые НГСО телеком проекты - ШПД

Давайте теперь попробуем разобраться с проектами спутникового ШПД. Их три: "Экспресс-РВ", "СКИФ" и "Рассвет".

Слайд 6 «Экспресс-РВ»

"Экспресс-РВ" включает 4-е спутника на высокоэллиптической орбите типа "Молния"/"Кентавр". Эти 4- спутника формируют две позиции на широте около 60 град, с которых обеспечивается непрерывное обслуживание территории России и Арктики. Спутники практически неподвижны в своих позициях - угловой дрейф для абонентов составляет 12x2 град.

На каждом спутнике - 12 антенн зеркального типа, формирующих лучи шириной около 2 град. Пропускная способность одного луча на линии "вниз" составляет около 70 Мбит/с. Следовательно, 840 МБит/с на один спутник. Или 1,7 Гбит/с на систему. Это только линия "вниз". И эти 1,7 Гбит/с распределяются по территории России и Арктики.

Эквивалентный диаметр антенн абонентских станций равен примерно 60 см.

Система очень хорошо комбинируется с аналогичными системами на ГСО. Для развертывания космического сегмента достаточно 4-х запусков РН.

Система прорабатывалась более 10 лет. Очевидно, что она просто адаптирована к обслуживанию России и Арктики. Почему она до сих пор не развернута - это загадка. Сроки начала развертывания все время сдвигаются. На слайде показано - с 2025 г. Но уже известно, что срок сдвинут на 2026 г. У меня рука не поднялась исправить эту дату....

Слайд 7 «СКИФ»

Система "СКИФ" включает 12 спутников массой 1480 кг, которые должны быть развернуты на средневысотной орбите (это примерно 8 тыс км). Используется Ка диапазон частот. Диаметр антенн абонентских станций - 1,8 и 2,4 м. Использование таких антенн в системах подвижной сухопутной связи - проблематично. А где тогда еще ее можно использовать? В чем смысл этой системы?

Наверное, пока можно утверждать, что приоритет развертывания системы "СКИФ" - самый низкий.

Слайд 8 «РАССВЕТ»

Низкоорбитальная спутниковая система ШПД "Рассвет". По определению - самая технологически сложная и соответственно самая дорогая. Но при этом самая неизвестная, таинственная и загадочная.

Согласно данным, поданным в БР МСЭ, а другие данные разработчиком системы практически не освещаются, система будет включать два эшелона: один на приполярных орбитах высотой 800 км, другой на наклонных высотой 600 км. Заявлено, что будет обеспечена скорость передачи данных на терминал до 1 Гбит/с с очень малой задержкой.

Но что мы знаем о ней в настоящее время?

Слайд 9 «РАССВЕТ»

Что к концу 2027 г для обслуживания России будет развернуто 292 спутника на орбитах высотой 800 км. То есть это будет эшелон на приполярных орбитах.

Почему 292? Обычно структуру группировки задают так: N плоскостей по M спутников в каждой плоскости. При этом N и M - это естественно целые числа. Так вот Вы не сможете подобрать такие M и N, чтобы получить 292 спутника.

У нас есть специальное программное обеспечение для проведения моделирования работы различных спутниковых систем. Это САПР "Альбатрос". И мы промоделировали работу этого сегмента для оценки его качественных характеристик. Приняли, что структура группировки включает 11 плоскостей по 26 спутников в каждой. Всего 286 спутников.

На рисунке 1 показана структура орбитальной группировки, а также мгновенные зоны радиовидимости и зона обслуживания территории России и Арктики. Эта зона обозначена светло-синим цветом.

Вопрос: сколько спутников (из этих 286) одновременно будет находиться над территорией России для обслуживания абонентов? Ведь какие то спутники "заходят" в зону обслуживания (в данном случае в зону радиовидимости станций сопряжения), какие то выходят.

Результаты моделирования показаны на рис.2, где представлен график числа таких спутников. Видим, что их число колеблется в диапазоне от 44 до 51.

Следовательно, только 15% спутников орбитальной группировки будут использоваться по назначению. То есть КПД системы «Рассвет» по доступности космического сегмента из зоны обслуживания составляет около 15%. Это к слову означает, что при массе спутника 370 кг - почти 90 т спутникового "железа" будет болтаться в космосе как балласт.

И это еще оптимистичная оценка.

На рис.3. показаны графики минимального и максимального числа наблюдаемых на углах места более 25 град спутников. Видим, что большая часть из этих 15% спутников будет располагаться выше широтной отметки 70 град, где их полная загрузка трафиком маловероятна.

На рис.2б. видно, что система в принципе может быть использована и за пределами России. И ведь действительно, для увеличения КПД необходимо, чтобы коммерческие услуги предоставлялись и за пределами России. Но где? В Китае? Но у них свои проекты. Может быть в Африке? Одним словом, не очевидно, что существует спрос на услуги такой системы за пределами России. Не очевидно и возможность окупаемости такого проекта. Или такие данные по каким то причинам не публикуются.

Одним словом, технико-экономические параметры проекта не известны. Экспертные заключения об рациональности и эффективности принятых решений - отсутствуют. Стоимость проекта очень велика. Риски коммерческой реализации - значительны. Возможно, необходимо уточнение заложенных технических решений, которые практически не известны.

Какие приоритеты мы можем расставить между проектами "Экспресс-РВ", "СКИФ" и "Рассвет"? На мой взгляд, необходимо в первую очередь максимально оперативно развернуть систему "Экспресс-РВ".

Слайд 10 «РАССВЕТ»

На этом слайде показана текущая ситуация с проектом. В 2023 и 2024 были развернуты две группы по три спутника в каждой. Одна на полярных орбитах, вторая на наклонных. Ну и были анонсированы сроки развертывания орбитальной группировки.

Слайд 10 НГСО - Интернет вещей и D2D

Давайте вернемся к основной схеме проектов. Сейчас фокус здесь смещен на спутниковые проекты интернета вещей и D2D.

Нужно отметить, что в большинстве случаев под D2D поднимаются гибридные системы. Что такое "гибридная система"?

Если Вы свяжете изоляцией два телефона - спутниковый и наземный, то это не гибридная связь. Это комбинирование разных радиосистем.

Если Вы приобретете двухрежимный спутниковый терминал Iridium, у которого две СИМ-карты, одна для работы в наземной сети, другая в спутниковой - это тоже не гибридная система.

К «гибридным» относятся системы, включающие как минимум две компоненты (например, наземная + спутниковая), причем работающие в ЕДИНОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ. Это значит у них единая система управления. Это значит, что выполнена глубокая интеграция двух подсистем. И в этом случае обеспечивается основное свойство гибридной сети – «бесшовность». Это значит что абонентское устройство

даже не знает, с какой базовой станцией оно работает - с наземной или размещенной в космосе.

И еще один очень важный момент применительно к гибридной сети - парк абонентских станций уже готов, отработан и находится в эксплуатации. Не надо тратить время и средства на его разработку.

К наиболее сложным гибридным системам можно отнести D2D 5/6G, где абонентским терминалом выступает обычный немодифицированный смартфон. По состоянию "на сегодня" известно о начальной проработке таких систем со стороны АО "Газпром СПКА" и АО "Решетнев" - система "Беркут". Но о проработанных технических решениях здесь наверное говорить еще рано.

Но вот о D2D системах IoT - говорить можно и нужно. Дело в том, что у России есть проект первой гибридной системы IoT - это проект "Марафон". Все остальные спутниковые проекты IoT требуют разработки абонентских устройств. И в этом смысле они менее интересны. Поэтому рассмотрим более детально проект "Марафон".

Слайд 11 «МАРАФОН»

Проект "Марафон IoT" - это спутниковая компонента гибридной сети, поддерживающая технологию LoRa Wan. Задача - обеспечить услуги по передаче данных для формирования сервисов «Интернет вещей» на основе глобально-распределённой сетевой инфраструктуры, а также передачи управляющих команд на беспилотники и АЗН-В.

Орбитальная группировка включает 264 спутника. На первом этапе планируется развернуть только половину. Спутники не имеют межспутниковых линий, поэтому для организации зоны обслуживания необходимо развернуть станции сопряжения. Абонентские же устройства - уже готовы.

Система крайне привлекательна для отдельных министерств и ведомств. Например, АО "РЖД" вложившись в несколько своих станций сопряжения получает выделенную систему мониторинга и управления. Это может быть контроль за движением контейнеров по всей территории России и даже за ее пределами. АО "Газпром" может выстроить систему мониторинга за своими инфраструктурными объектами.

Более того, свои сегменты могут развернуть отдельные государства и страны. Для этого достаточно просто установить станцию сопряжения на "своей" территории. И затраты на развертывание и использование системы достаточно малы, что может быть актуально и для стран Африки или БРИКС. А абонентские устройства уже используются во всем мире.

Кроме того, возможность сохранения на борту для последующей передачи на станцию сопряжения пакетов данных позволяет использовать ее в том числе как дополнение в системе спасения на море - "Коспас-Сарсат".

То есть система "Марафон" обладает достаточно мощным экспортным потенциалом. При этом технические риски минимальны, а вероятность окупаемости достаточно велика.

Слайд 12 Выводы

В заключении хотел бы отметить, что для обеспечения комплексного подхода и экспертной оценки спутниковых проектов, финансируемых (даже частично) из государственного бюджета, необходимо формирование единого межведомственного специального экспертного совета (возможно на базе Академии наук), который бы мог объективно проводить анализ реализуемости и технической эффективности заявляемых проектов. Это позволило бы повысить эффективность использования финансовых средств.

Спасибо за внимание!