

**ДОКЛАД**  
на семинаре Бюро развития электросвязи МСЭ  
«Переход от аналогового к цифровому вещанию» на тему:  
«Развитие спутниковых систем вещания»  
(11 декабря 2008 года)

**(Слайд 1)**

Уважаемые коллеги, доброе утро.

В первую очередь выражаю признательность организаторам за возможность принять участие в семинаре, посвященном чрезвычайно актуальной для нас теме перехода к цифровому вещанию. В своем выступлении я освещу вопросы посвященные одному из путей внедрения цифрового вещания - развитию спутниковых систем.

**(Слайд 2)**

На семинаре я представляю научно-исследовательский институт радио.  
Это:

- головной институт Минкомсвязи России в области создания спутниковых и наземных систем связи и вещания.
- разработчик Программы развития государственной орбитальной группировки спутников связи и вещания на период до 2015 года;
- участник более 15 программ по созданию систем связи;
- в разные годы институт осуществлял создание и серийную поставку земных станций спутниковой связи Орбита, Интерспутник, Экран, Москва – Глобальная, Марс;
- институт имеет большой опыт создания бортовых спутниковых ретрансляторов.

**(Слайд 3)**

Первые ретрансляторы космических аппаратов «Радуга», «Экран» были созданы на заре развития космонавтики – в начале 70-х годов. Так как в то время срок активного существования космического аппарата на орбите составлял 9 месяцев, то в институте было организовано и их серийное производство.

В 80-е годы были разработаны бортовые ретрансляторы космических аппаратов «Экран-М» со сроком активного существования 3 года. Один из тех еще аппаратов и в настоящее время осуществляет телевизионное и радиовещание на Урал и Сибирь с позиции 99° в.д. геостационарной орбиты (уже превзойдя почти в 3 раза гарантийный срок работы на орбите).

В настоящее время ведем разработку ретранслятора передачи метеорологической информации и сигналов системы КОСПАС-САРСАТ для космического аппарата «Луч».

**(Слайд 4)**

В ходе проработки проектов мы всегда придерживаемся идеологии, при которой тенденции развития спутниковых систем определяем по результатам анализа взаимосвязанных показателей:

- **востребованности услуг связи и вещания;**

- **состава орбитальной группировки;**
- **облика спутников;**
- **характеристик наземного сегмента системы.**

Данный подход является конструктивным. Полагаю целесообразным именно в этом порядке рассмотреть вопросы и нам.

**(Слайд 5)**

Истории развития спутниковых систем показывает, что недостаточная проработка какой-либо из указанных составляющих может привести к убыточности всего проекта. Примером может явиться банкротство в 1998 году системы спутниковой связи Иридиум, состоящей из 66 низкоорбитальных космических аппаратов. Основная причина банкротства - ошибочное прогнозирование тенденций развития услуг связи.

Маркетинговая стратегия компании была нацелена, в основном, на привлечение в качестве абонентов бизнес-персонала, осуществляющего частые деловые командировки по миру. Но стремительный рост сотовых сетей привел к серьезному сокращению этой части рынка потенциальных пользователей системы. Недостатками системы также явились значительные, по сравнению с сотовыми системами, габариты абонентского оборудования и низкая скорость в канале.

Для реанимации данной системы понадобились усилия Министерства обороны США, но коммерчески доходной данная система видимо уже никогда не станет.

Иллюстрацию, наиболее близкую к изложенной ситуации, вы видите на экране.

**(Слайд 6)**

### **Итак, какие же нам нужны услуги связи и вещания?**

Анализ тенденций развития рынка услуг спутниковой связи и вещания является отправной точкой построения высокоэффективных систем. Особенностью спутниковых систем является то, что они требуют многомиллиардных инвестиций на этапе создания космических аппаратов, выводе их на орбиту, строительства наземной инфраструктуры. Кроме того, принимаемые маркетинговые решения должны быть настолько дальновидными, чтобы обеспечить окупаемость системы в течении срока активного существования спутника на орбите, который в настоящее время уже достиг 15 лет.

**(Слайд 7)**

В целом мировая спутниковая отрасль показывает устойчивый рост дохода, составляющий за последние 6 лет в среднем 11,5% и составивший в 2007 году 123 млрд. \$. При этом ведущую роль в росте доходов составляют доходы от предоставления услуг, которые составили в среднем 18% в год.

**(Слайд 8)**

При этом до 2005 года был рост доли услуг в общей структуре доходов, которые затем стабильно составляют 60%. По прогнозам экспертов в 2008 году данная тенденция сохранится.

**(Слайд 9)**

В структуре доходов от услуг связи обращаю внимание на рост более чем в 2 раза дохода от спутникового непосредственного телевизионного вещания и появление новой услуги – непосредственное звуковое вещание на мобильные абонентские терминальные устройства. Доходы от широкополосного доступа в Интернет пока стабильно незначительны, но это обусловлено причинами, связанными с недостаточностью частотного ресурса в освоенных диапазонах частот.

**(Слайд 10)**

Производитель наземного оборудования традиционно наибольший доход получают от оборудования для приема спутникового телевидения и на второе место по объемам вышли производители для приема спутникового радио.

**(Слайд 11)**

Отмечается стремительный рост спутниковых телевизионных каналов, соответствующих стандарту HD: с 67 в 2005 году до более 1300 в мае 2008 года. По прогнозам количество каналов HD к 2013 году вырастет еще на 350% и к этому есть предпосылки, т.к. в настоящее время менее 5% от числа спутниковых телевизионных каналов являются HDTV.

**(Слайд 12)**

Одной из мировых тенденций развития систем спутникового вещания последних лет является доведение услуг до конечного пользователя на мобильные терминалы. При этом речь идет не только о радио, но и о мобильном телевидении, которое в настоящее время получило широкое применения в Японии и Корее. Данная тенденция приводит к неизбежной интеграции спутниковых и наземных систем. Хотя принятие решений о внедрении данных технологий требуют дополнительных маркетинговых исследований с учетом менталитета населения региона и его финансовых возможностей.

**(Слайд 13)**

Загрузка российской орбитальной группировки в настоящее время характеризуется преимущественно телефонным трафиком и передачей данных, теле- и радиовещание занимает 16% от ее емкости. Более половины стволов в Ku диапазоне, при отсутствии рабочих стволов в миллиметровом диапазоне Ka.

**(Слайд 14)**

По оценкам специалистов прогнозируется дальнейший рост потребности в спутниковом ресурсе, который определяется:

- дальнейшим ростом потребности в спутниковых телевизионных каналах;
- внедрением телевидения HD;
- обеспечением населению доступа к Интернет;
- возрастанием требований коммерческих структур;
- обеспечением связи в интересах государственного сектора и
- реализацией национальных проектов «Образование» и «Медицина».

В целом, ситуацию можно характеризовать, как «переполнение» орбитальной группировки потребностями в предоставлении услуг связи и вещания.

(Слайд 15)

### **Какой должна быть орбитальная группировка?**

Определяющими показателями качества орбитальной группировки являются:

- полнота удовлетворения потребностей в связи и вещании;
- экономическая эффективность и конкурентоспособность систем, созданных на базе орбитальной группировки, при выполнении условий по:
  - наличию и достаточности орбитально-частотного ресурса,
  - соответствии действующим нормам и рекомендациям Международного союза электросвязи;
  - обеспечении резервирования космических аппаратов на орбите;
  - технической реализуемости;
  - минимизации расходов на эксплуатацию группировки.

(Слайд 16)

В настоящее время Российская орбитальная группировка состоит из:

- 11 космических аппаратов государственного оператора «Космическая связь». Это аппараты «Экспресс», «Бонум», «Экран» (гарантированный срок активного существования на орбите указан в скобках); при этом на спутнике Eutelsat W4 арендуется 40% ресурса;
- 3 космических аппарата оператора «Газпром»;
- одна орбитальная позиция (145° в.д.) после выключения космического аппарата «Горизонт» временно не занята.

На космическом аппарате «Экспресс-АМ2» (80° в.д.) в результате нештатной ситуации работоспособность транспондеров ограничена и составляет около 6 – 8 часов в сутки. Это требует незамедлительной замены спутника, и на время подготовки и запуска нового космического аппарата достигнута договоренность о перемещении на орбите космических аппаратов Eutelsat W2 и Sesat.

(Слайд 17)

Плановая загрузка космических аппаратов типа «Экспресс-АМ» приближается к 100%, на этот же уровень выйдет и «Экспресс-АМ33», запущенный на орбиту в 2008 году. Даже аварийный космический аппарат «Экспресс-АМ2» загружен более 60% емкости.

(Слайд 18)

Непосредственное телевизионное вещание в орбитальной группировке обеспечивают 2 космических аппарата: «Eutelsat W4» и «Бонум-1», с августа текущего года их загрузка составляет 100%. Остальные космические аппараты обеспечивают распределение программ на 5 зон вещания России и стран СНГ.

По группам телевизионные каналы, 48% составляют коммерческие, 29% - федеральные и 17% - региональные, что составляет свыше 40 программ.

**(Слайд 19)**

Подключение учебных заведений к сети Интернет в рамках национального проекта «Образование» и реализация проекта Минкомсвязи по «Универсальной услуге связи» для населения обеспечило в последние годы резкий рост сектора услуг на базе малогабаритных спутниковых терминалов стандарта VSAT.

Распределение терминалов по космическим аппаратам приведено на слайде, при этом под государственные проекты занято 89% емкости VSAT.

В следующем году государственный оператор планирует выйти на рынок выделенных и виртуальных корпоративных сетей.

**(Слайд 20)**

В целях развития и восполнения государственной орбитальной группировки спланированы следующие запуски:

по предварительным данным 11 февраля 2009 года одним запуском будут выведены на орбиту «Экспресс-АМ44» в позицию 11° з.д. на плановую замену выработавшего ресурс космического аппарата «Экспресс-А3» и малый аппарат «Экспресс-МД1» для временной установки в аварийную позицию 80° в.д.

Затем будет выведен на орбиту аппарат «Экспресс-МД2» для занятия пустующей позиции 145° в.д.

Дальнейшие запуски будут производиться в соответствии с приведенной таблицей, причем следует отметить, что аппараты «Экспресс-АТ» предназначены для предоставления услуг непосредственного телевизионного вещания на замену «Eutelsat W4» и «Бонум-1», а аппараты «Экспресс-РВ» выводятся на высокоэллиптическую орбиту.

**(Слайд 21)**

Что из себя представляют космические аппараты, которые будут запускаться в ближайшие годы?

«Экспресс-АМ44» обеспечит телерадиовещание, телефонию, передачу данных, доступ к сети Интернет, видеоконференцсвязь и другие услуги связи в позиции 11° з.д. Аппарат совместного производства ОАО «Информационные спутниковые системы» и компании Thales Alenia Space.

**(Слайд 22)**

По возможностям он является аналогом функционирующего «Экспресс-АМ33» и обеспечит распространение федерального пакета программ на западный регион.

**(Слайд 23)**

Аппараты «Экспресс-МД» являются малыми и обеспечивают в основном распределение телевизионных программ и подвижную связь. Совместное производство научно-производственного центра имени Хруничева и европейской корпорации Astrium.

**(Слайд 24)**

Особенностью малых космических аппаратов является возможность их попутного выведения на орбиту при запуске аппаратов тяжелого класса. При запуске ракетой-носителем «Протон» они размещаются под головным обтекателем между тяжелым аппаратом и разгонным блоком.

**(Слайд 25)**

При запуске оба космических аппарата совместно проходят опорную, промежуточную и переходные орбиты, а затем поочередно отделяются от разгонного блока на геостационарной орбите. Стандартное выведение космического аппарата на геостационарную орбиту занимает 9 часов.

**(Слайд 26)**

«Экспресс-АМ4» - космический аппарат, изготовление которого в настоящее время уже ведется и вывод на орбиту запланирован на 2011 год. Позволит повысить емкость орбитальной группировки сразу на 75 транспондеров и начать освоение Ка диапазона.

**(Слайд 27)**

Большие надежды мы возлагаем на космические аппараты «Экспресс-АМ5» и «Экспресс-АМ6». По своим характеристикам они соответствуют мировому уровню. Количество транспондеров на аппаратах 178 и 161. Применяются современные многолучевые принципы ретрансляции сигналов. Количество и полоса транспондеров диапазона Ка позволят обеспечить эффективное его освоение.

В настоящее время проводится конкурс на определение производителя данных аппаратов. Для справки: срок до ввода в эксплуатацию 29 и 32 месяца после заключения контракта, стоимость двух космических аппаратов (без ракеты-носителя, разгонного блока и обтекателя – 12 млрд. рублей).

**(Слайд 28)**

Для обеспечения спутниковой связи и вещания в северных регионах России, а также в Арктике планируется выведение на высокоэллиптическую орбиту космических аппаратов «Экспресс-РВ». Данный проект планируется реализовать в рамках создания многоцелевой спутниковой системы «Арктика», обеспечивающей кроме решения задач связи также дистанционное зондирование Земли и метеорологическое обеспечение.

Основное назначение аппаратов «Экспресс-РВ»:

- радио и телевидение в арктическом регионе;
- связь в интересах управления наземным, морским и воздушным движением
- подвижная связь;
- непосредственное радио и телевидение;
- передача данных;
- передача дифференциальных поправок ГЛОНАСС.

В настоящее время прорабатывается облик данных аппаратов, при этом одной из решаемых задач является выбор типа орбиты.

**(Слайд 29)**

При этом рассматривается два варианта возможных орбит.

Классическая орбита типа «Молния» с периодом обращения 12 часов, при которой для обеспечения непрерывной связи и вещания необходимо 4 космических аппарата и орбита типа «Тундра» ранее нами не использовавшаяся. Орбита «Тундра» имеет 24 часовой период обращения вокруг Земли и для обеспечения непрерывной связи необходимо только 3 космических аппарата. Но основное достоинство данной орбиты состоит в том, что у нее перигей находится на высоте более 20 000 км от Земли и поэтому спутник при своем движении не пересекает радиационные пояса Земли, что позволяет повысить техническую надежность радиоэлектронной аппаратуры ретранслятора и довести гарантийный срок существования до 15 лет. Видимо указанные достоинства орбиты «Тундра» явятся причиной ее применения в данном проекте.

**(Слайд 30)**

С учетом выполнения спланированной программы развития и восполнения государственной орбитальной группировки к 2015 году она будет состоять из 11 современных космических аппаратов на геостационарной орбите и 3 космических аппаратов на высокоэллиптической орбите. Конкретные характеристики зон покрытия спутников, а также сообщения о состоянии орбитальной группировки доступны в Интернете на сайте государственного оператора «Космическая связь».

**(Слайд 31)**

Орбитальная группировка «Газпрома» также будет развиваться. Уже изготовлены и готовы к парному запуску два космических аппарата «Ямал-301» и «Ямал-302». И уже объявлен конкурс на разработку и производство космических аппаратов нового поколения «Ямал-400». Подробные характеристики можно получить на сайте оператора, приведенном на слайде.

**(Слайд 32)**

### **Каким должен быть спутник?**

Спутник – это центральное, ключевое звено любой спутниковой системы.

К спутникам предъявляются большой перечень достаточно строгих требований, к основным из которых относятся:

- заданные структурно-технические параметры;
- оптимальные значения общесистемных характеристик;
- высокая аппаратная надежность;
- минимизированы массо-габаритные показатели;
- инвариантность к видам сигналов и услуг в течении срока активного существования космического аппарата или эту характеристику можно назвать «универсальностью» в той интерпретации, которую вы видите.

Следует отметить, что совершенствование ретрансляционных комплексов позволяет упростить, а следовательно сделать дешевле земные средства.

**(Слайд 33)**

Одной из тенденций развития спутниковой отрасли в мире, вызванной частотным дефицитом и востребованностью широкополосных

мультимедийных услуг явилось активное освоение диапазона Ка. Для данного диапазона характерно резонансное ослабление волн в области, близкой к 22 ГГц и существенное ослабление волн в дожде, которое может достигать десятков децибел на километр. Это определяет предпочтение в использовании данного диапазона для IP трафика, когда пропущенные пакеты могут быть повторно переданы без существенного ухудшения показателей системы.

В настоящее время в мире уже накоплен достаточный опыт работы в Ка диапазоне, и со следующего года мы также начнем его освоение.

**(Слайд 34)**

Существенный выигрыш в системных показателях обеспечивает многолучевая ретрансляция сигналов, которую особенно эффективно использовать в Ка диапазоне. Например, разработанный по заказу Европейского космического агентства космический аппарат AlphaSat позволяет покрыть территорию Европы 100 лучами при четырехкратном повторении частот.

**(Слайд 35)**

Количество космических аппаратов, применяющих обработку сигналов на борту достигло уже десяти. Данная технология позволяет исключить необходимость строительства наземных линий связи с центральной станцией мультиплексирования и очень удобна для создания систем регионального телевидения. В то же время, повышенная сложность бортовой аппаратуры, снижающая общую надежность бортового ретранслятора, а также увеличение массогабаритных показателей и энергопотребления пока сдерживали применение данной технологии на российских спутниках.

**(Слайд 36)**

Таким образом российского спутника нового поколения должен соответствовать приведенным на слайде требованиям по техническим характеристикам, технологическим решениям и эффективности предоставления инфокоммуникационных услуг.

**(Слайд 37)**

#### **Каким должен быть наземный сегмент?**

Тенденции последних лет показывают стремление производителей оборудования к:

- росту функциональных возможностей;
- снижению стоимости оборудования и эксплуатационных затрат;
- повышению эффективности оборудования.

Применяемые методы формирования сигналов и их обработки еще совсем недавно казались невероятными и их можно охарактеризовать «на пределе возможного».

**(Слайд 38)**

Одним из примеров таких методов является стандарт DVB-S2, в котором кроме 4 и 8 позиционной фазовой модуляции введены 16 и 32



позиционные амплитудно-фазовые, требующие гораздо большей линейности транспондера и отношения сигнал/шум на приеме.

Кроме того в качестве внешней помехозащиты вместо кода Рида-Соломона используется код Боуза-Чоудхури-Хоквингема, а в качестве внутренней, вместо сверточного кода – код с низкой плотностью проверок на четность.

Для более эффективного использования спектра добавлены новые коэффициенты скругления импульсов 0,2 и 0,25.

**(Слайд 39)**

Введена возможность внесения предискажений в модуляторе для компенсации амплитудных и фазовых искажений сигнала, вносимых ретранслятором. Данный алгоритм работает для 16 и 32 позиционной амплитудно-фазовой модуляции на основе анализа принятого сигнала.

**(Слайд 40)**

Существенный выигрыш обеспечивает применение адаптивной модуляции и кодирования, когда в зависимости от условий приема происходит изменение параметров модуляции и кодирования на передаче.

Например, в условиях хорошей погоды применяется 16 APSK с кодом 4/5, при изменении уровня принимаемого сигнала происходит изменение вида модуляции и параметра кода.

**(Слайд 41)**

Эффект от применения адаптивной модуляции и кодирования выражается в увеличении готовности до 99.95%, увеличении пропускной способности на ~113%, уменьшении полосы на ~55%.

В то же время следует отметить, что т.к. в настоящее время в мире работает достаточно много коммерчески успешных спутниковых сетей стандарта DVB-S, а их трансляции принимаются миллионами декодеров, то наиболее вероятным сценарием внедрения стандарта DVB-S2 является его применение для трансляции услуг, которые не могут быть приняты обычными приемниками. Например, ТВ сигналов, компрессированных в новых форматах.

**(Слайд 42)**

Спасибо за внимание.  
Какие будут вопросы?