

Куда приведет HTS?

Всеволод Колюбакин

Времена, когда оператор продавал всю емкость еще на стадии заказа аппарата, пользователь ставил на ней магистральные каналы между материками, и потом 10 лет оба не знали никаких хлопот, безвозвратно миновали. И вот 15 лет назад появилась технология, которая может спасти всю спутниковую индустрию, а может ее и похоронить.

HTS (High Throughput Satellite) – спутник с высокой пропускной способностью. Технология впервые была воплощена в реальном аппарате в 2009 году (Thaicom-4, он же IPSTAR-1). Тогда же все сразу обратили внимание на отличительные особенности HTS – это тяжелые дорогие аппараты. Тот же IPSTAR-1 весил 6,5 тонн, потреблял 16 кВт и стоил \$750 млн – раза в три дороже стандартного коммуникационного аппарата.

Для достижения высокой пропускной способности на спутнике формируется много узких и мощных лучей, в отличие от традиционного КА, где формируется одна зона покрытия. Высокие EIRP (equivalent isotropically radiated power, произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на абсолютный коэффициент усиления антенны) и G/T (соотношение усиления и температуры) позволяют малым земным абонентским станциям работать с высокоскоростными потоками. Повышение пропускной способности (в 4–8 раз, по сравнению с обычным КА) достигается за счет многократного использования частот в географически изолированных зонах. Если говорить просто, то в тех лучах, которые друг с другом не граничат, можно использовать одни и те же частоты. Обратная сторона высокой пропускной способности – очень сложная антенна, а также вероятность взаимных помех между лучами, которая растет с ростом коэффициента переиспользования частот. В российских аппаратах «Экспресс-AM5» и «Экспресс-AM6» этот коэффициент равен 4, на спутнике ViaSat-3, который

Boeng начал строить в начале 2018 года, предполагается коэффициент 8.

Узкий луч – это сколько?

В Ku-диапазоне возможно создание зоны покрытия диаметром чуть меньше 900 км, в Ka-диапазоне – 370 км. Сейчас для спутникового ШПД рассматривают V-диапазон (выше 40 ГГц), там возможна зона чуть меньше 200 км. Правда, все заявки на системы спутникового интернет-доступа, что сейчас лежат у регуляторов, – это низкоорбитальные системы. Чтобы сбалансировать рынок и «не греть тундру», предусматривают возможность перераспределения энергетики между лучами. Таким образом можно «закачать» больше энергии в луч, где больше пользователей и выше трафик. Это не панацея – все равно пользователи HTS сталкиваются с проблемой, когда в одном луче уже емкости не хватает, а в другом полезная нагрузка работает вхолостую. Но перекачка энергии позволяет немного сгладить проблему. Плюс перекачку можно использовать для компенсации затухания сигнала в районе с локальным ухудшением погоды, повысив энергетику сигнала в той или иной зоне. Адаптивные методы позволяют в зависимости от погодных условий уменьшать скорость передачи информации, но при этом увеличивать энергетику и, как следствие, устойчивость к помехам. В современных VSAT стандартна ситуация, когда при прохождении грозового фронта скорость канала падает, но обмен информацией не прекращается.

Не только Ka-диапазон

HTS часто считают чуть ли не синонимом Ka-диапазона. И отчасти это имеет под собой основание: преимущества HTS наиболее ярко проявляются именно в системах спутникового ШПД в Ka-диапазоне. Самые успешные проекты в этой области реализованы в США: Hughes и ViaSat суммарно занимают чуть более 10% рынка спутниковой связи. Тем не менее технология HTS и узконаправленные мощные лучи используются и в Ku-диапазоне. Сегодня Intelsat активно продвигает свои HTS в Ku-диапазоне – Intelsat Epic. Одно из применений таких аппаратов – репортажные станции, спутниковый сбор новостей. Здесь HTS позволит уменьшить стоимость SNG-терминала за счет уменьшения антенны.

All-electric – красивый термин для старой технологии

Парадокс: чем тяжелее аппарат, тем он дороже, но тем дешевле обходится единица пропускной способности. Грузоподъемность ракет ограничена, разработка новых – дело долгое, а вывести на орбиту что-нибудь потяжелее надо уже сейчас.

Первые модели электрореактивных двигателей (ЭРД) появились еще в 30-е годы. Реально работающие изделия – в 60-е, технология, массово используемая для вывода КА, – в 2000-е.

Специфика ЭРД следующая: очень малая тяга, но очень высокий удельный импульс – время, в течение которого двигатель может развивать тягу 1 кгс, используя массу топлива 1 кг. Отсюда высокое, по сравнению с химическими

ракетными двигателями, время работы при малой массе самого двигателя. Эти особенности и определили нишу применения: коррекция аппаратов на орбите, перевод спутников с одной орбиты на другую.

Из-за отказа от части иностранных (в первую очередь американских) комплектующих в некоторых космических аппаратах вес полезной нагрузки вырос до 40%. В частности, первые российские HTS «Экспресс-AM5» и «Экспресс-AM6» потяжелели на 108 кг каждый. Чтобы компенсировать этот избыток, оба КА выводили на ГСО в течение 72 дней при помощи электрореактивных двигателей.

Спутники разработки Airbus, Boeing, Lockheed Martin, Space Systems/Loral и Thales Alenia Space выводятся ракетой на геопереходную орбиту (ГПО) – сильно вытянутую орбиту с перигеем 200 км и апогеем 36 тыс. км. А с геопереходной на геостационарную орбиту спутник доводится апогейным двигателем. И если масса спутника при отделении от ракеты на ГПО составляет около 6 тонн, то из них около 2 тонн приходится на топливо для жидкостного апогейного двигателя.

Сейчас все более популярным решением становится использование в качестве апогейного двигателя сборки из стационарного плазменного двигателя (СПД), что позволяет выделить большую массу на полезную нагрузку, но увеличивает время вывода. Использование СПД (в том числе и российских СПД-100 и СПД-140) на иностранных спутниках в роли апогейного двигателя позволило разработчикам ввести термин «all-electric» – спутник, у которого все двигатели электрореактивные. Считается, что сегодня HTS должен быть только all-electric, потому что это позволяет использовать появившийся резерв массы и серьезно увеличить и энергетику, и пропускную способность.

Даешь терабит!

Первые HTS обеспечивали скорость до 100 Гбит/с. Сегодня ViaSat-2 выдает 300 Гбит/с, а Jupiter-2 – 220 Гбит/с.

Новый ViaSat-3 позиционируется оператором как спутник сверхвысокой пропускной способности (Ultra High Throughput Satellite). Этот аппарат должен обеспечивать пропускную способность 1 Тбит/с, что потребует высоких показателей по другим параметрам. Например, общая мощность ViaSat-3 – 25 кВт, при том, что стандарт для сегодняш-

них тяжелых коммуникационных спутников – 15–17 кВт. Запуск его намечен на 2020 год. В прошлом году Boeing защитил технический проект спутниковой платформы ViaSat-3, подтвердив реальность всех заявленных характеристик.

HTS – это тяжелые и дорогие аппараты. Потребитель, то есть оператор в этом случае, платит только за одну наживку – дешевый килобит в секунду

Но в начале апреля 2018 года Eutelsat заказал у Thales Alenia Space спутник Konnect VHTS, обеспечивающий пропускную способность 500 Гбит/с. Что интересно, финансирование этого аппарата оператор осуществляет за счет выхода из совместного с компанией ViaSat предприятия по развитию сервисов с использованием емкости спутника ViaSat-3.

Konnect VHTS тоже позиционируется оператором как спутник сверхвысокой пропускной способности, но здесь используется термин Very High Throughput Satellite. При весе 6,3 тонны он будет обеспечивать общую пропускную способность 500 Гбит/с.

Konnect VHTS уже второй космический аппарат Eutelsat, претендующий на звание «спутника нового поколения». В феврале Eutelsat и Airbus представили сверхадаптивный спутник Eutelsat Quantum. Уже достаточно давно операторы создают спутники с гибкой конфигурацией – в основном с переключаемыми лучами. В Eutelsat считают, что этого недостаточно. Концепция Quantum предполагает на порядки большую, чем существовало ранее на каком-либо из спутников, возможность менять конфигурацию полезной нагрузки, системы формирования лучей и системы энергоснабжения. Любая переконфигурация – зоны покрытия, распределения емкости по лучам, формы и количества самих лучей – будет производиться в реальном времени. Это поможет оператору распределять емкость в зависимости от суточной загрузки в разных часовых поясах, снижая пропускную способность ночью и повышая в часы пиковой нагрузки.

Формирование лучей и их характеристик (пропускной способности и мощности) будет производиться не только в соответствии с требованиями локальных рынков, но даже в соответствии с перемещениями пользователей. Например,

отслеживая перемещения воздушных и морских судов.

На одной из конференций по спутниковой связи руководитель российского оператора на вопрос про этот КА ответил, что хорошо, когда существуют богатые операторы, которые могут себе позволить поэкспериментировать с аппаратами, имеющими не только сверхвысокую пропускную способность, но и сверхвысокую цену. Тем не менее в Eutelsat считают, что именно такие КА принесут оператору в будущем лидерство на рынке.

Могилищик или спаситель?

Резкое повышение количества емкости буквально взорвало рынок, обрвав достаточный высокий профицит и... прогнозы, прогнозы... Но все так или иначе сходятся на том, что цена на емкость так и будет падать еще несколько лет. А недавний прогноз NSR фактически спутниковую отрасль похоронил. И виноват в этом злой гений HTS. Но есть и другие предсказания – та же NSR говорит, что через три года половина пассажиров будет пользоваться высокоскоростным интернет-доступом на борту самолетов. Про морские суда есть не менее оптимистичные предположения. Это тоже благодаря HTS.

В любом случае других спутников уже не будет – «фарш обратно не повернуть». Правда, российские провайдеры пока не заметили какого-то серьезного снижения цены емкости Ка-диапазона. Пока в России только один оператор (ГПКС) имеет HTS, но к началу года должен появиться и второй. Может, тогда рыночные механизмы скажут свое веское слово. ■