

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СПУТНИКОВЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ В КУ И КА ДИАПАЗОНАХ НА ПРИМЕРЕ ИСЗ ЭКСПРЕСС-АМ5

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF SATELLITE COMMUNICATION CHANNELS IN THE KU AND KA BANDS USING THE EXAMPLE OF THE SATELLITE EXPRESS-AM5

D. Vegera
V. Vlasov
V. Pisarenko
V. Tereshhenko

Summary. The article discusses the issues of satellite communication in Ku and Ka frequency bands, for example, a multi-beam geostationary satellites Express-AM5. Coverage zones of Express-AM5 in the Ku — and Ka-bands are defined. The features of Express-AM5 as a high-capacity satellite are analyzed. The advantages of using the Ka-band in comparison with the traditionally used Ku-range are determined.

Keywords: artificial earth satellite, Express-AM5, Ka-band, Ku –band, high-bandwidth satellite, HTS-satellite, coverage area, satellite communication.

Если раньше услуги рынка спутниковой связи в виду высокой стоимости использовались для обеспечения связью отдаленных регионов, в которых отсутствовала телекоммуникационная инфраструктура и были доступны только корпоративному (B2B) сегменту, то с появлением новых технологий, основанных на использовании многолучевых геостационарных спутников в Ku- и Ka-диапазонах частот, ситуация существенно изменилась. Эти спутники получили название HTS (High Throughput Satellite — спутник с высокой пропускной способностью). Уже к 2016 году все спутники HTS по емкости опережали традиционные геостационарные спутники связи во всех диапазонах частот L-, S-, C-, X-, Ku-, Ka-.

Искусственный спутник земли Экспресс-АМ5¹ является геостационарным спутником, расположенным в точке 140° в.д. Вывод в орбитальную позицию 140° в.д. осуществлен 26 декабря 2013 года, разгонный блок «Бриз-М», ракета-носитель «Протон».

¹ Спутник Экспресс-АМ5 создан компанией ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва совместно с канадской компанией MDA Corporation и ФГУП «Научно-исследовательский институт радио» по заказу ФГУП «Космическая связь».

Вегера Денис Владимирович
Аспирант, Тихоокеанский государственный университет
vegera79@mail.ru

Власов Владимир Николаевич
Старший преподаватель, Тихоокеанский государственный университет

Писаренко Валерий Павлович
К.т.н., доцент, Тихоокеанский государственный университет

Терещенко Валерий Дмитриевич
К.т.н., Тихоокеанский государственный университет

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организации спутниковой связи в Ku- и Ka-диапазонах частот на примере многолучевого геостационарного спутника ИСЗ Экспресс-АМ5. Определены зоны покрытия Экспресс-АМ5 в Ku- и Ka-диапазоне. Проанализированы особенности Экспресс-АМ5, как спутника с высокой пропускной способностью. Определены преимущества использования Ka-диапазона в сравнении с традиционно используемым Ku-диапазоном.

Ключевые слова: искусственный спутник земли, Экспресс-АМ5, Ka-диапазон, Ku –диапазон, спутник с высокой пропускной способностью, HTS-спутник, зона покрытия, спутниковая связь.

Экспресс-АМ5 изготовлен на базе платформы «Экспресс-2000», относится к спутникам тяжелого класса негерметичного исполнения, имеет развитую антенную систему и 84 транспондера² в Ka-, C-, Ku- и L- диапазонах частот (рис. 1).

В зону покрытия Экспресс-АМ5 входит весь Дальневосточный регион, Забайкальский край и часть Сибири.

В Ku-диапазоне спутник полностью покрывает территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, включая Камчатку и Чукотку (рис. 2); в Ka-диапазоне наиболее густонаселенные районы Дальнего Востока (рис. 3).

Спутник обеспечивает передачу следующих услуг связи: цифрового телерадиовещания, телефонии, видеоконференцсвязь, передачу данных, доступ к сети Интернет. Используется при создании сетей VSAT (Very Small Aperture Terminal — малая спутниковая наземная станция), для обеспечения подвижной правительственной и президентской связи.

² Транспондер — (англ. transponder от transmitter-responder — передатчик-ответчик) — приёмопередающее устройство, посылающее сигнал в ответ на принятый сигнал.

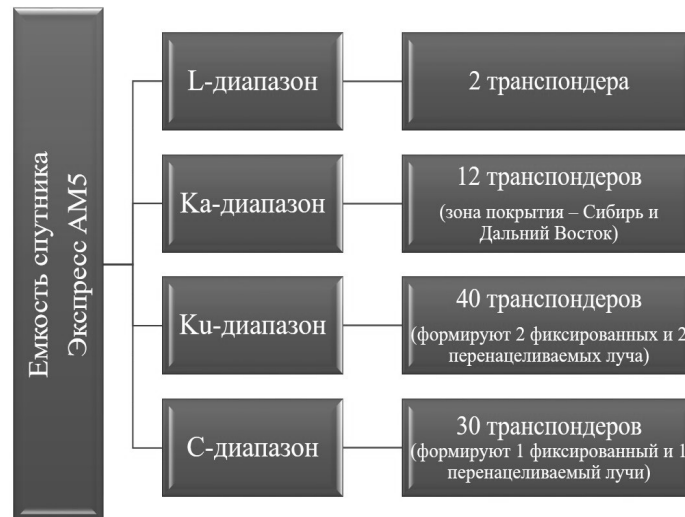


Рис. 1. Емкость Экспресс AM5

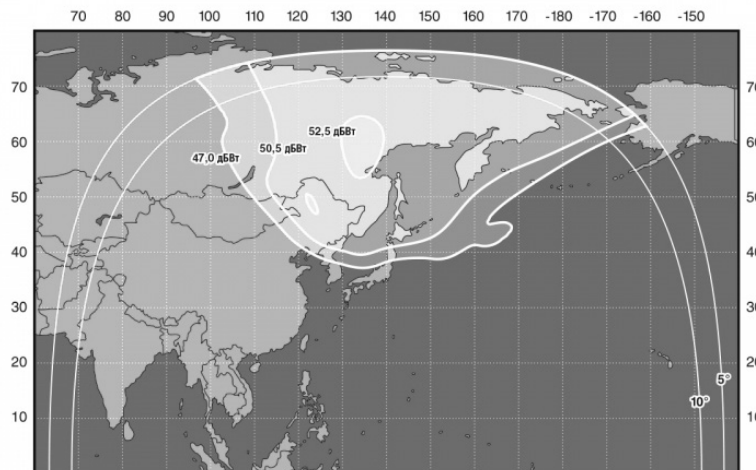


Рис. 2. Карта покрытия Экспресс-AM5 140 гр.в.д. (Ку-диапазон)

Экспресс-AM5 является первым HTS спутником в российской группировке спутников связи и вещания. Главная особенность HTS спутников — многолучевая архитектура с двумя типами лучей: центральными лучами и пользовательскими лучами [4].

Расположение центральных станций сети (телепортов) осуществляется в центральных лучах, которых может быть от одного до четырех, имеющих небольшую ширину — около 150–200 км.

Расположение абонентских станций VSAT (Very Small Aperture Terminal — малая спутниковая наземная станция) осуществляется в пользовательских лучах, с большей зоной обслуживания — около 300–400 км.

Традиционные модели спутников связи с Ku- и C-диапазонами имеют широкую зону обслуживания (несколько тысяч километров), что делает возможным организацию каналов связи и центральных станций сети (телепортов) в любых точках зоны покрытия.

Спутник Экспресс-AM5 имеет десять пользовательских лучей. Многолучевая архитектура дает возможность многократного использования одних и тех же полос частот на основе географического разделения. Так, например, непересекающиеся лучи могут работать в одинаковых частотных диапазонах. Это обеспечивает широкую агрегатную зону покрытия.

Особенность работы HTS-спутников заключается в том, что построение спутниковых сетей осуществля-

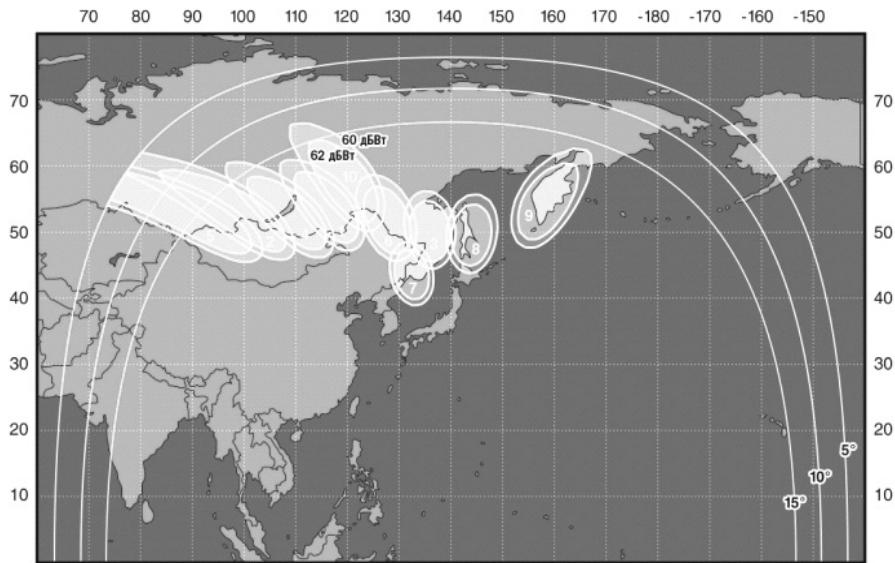


Рис. 3. Карта покрытия Экспресс-AM5140 гр.в.д. (Ка-диапазон)

ется по топологии «звезда», в результате чего данные между двумя абонентскими терминалами передаются с помощью центральной станции.

Передача целевой и телеметрической информации на спутниках и космических аппаратах осуществляется посредством традиционных S-, L-, C-, X- и Ku-диапазонов. Так для коммерческого применения используются чаще полосы C-диапазона (3400–6500 МГц) и Ku-диапазона (11000–14500 МГц), для решения же задач подвижной связи L-диапазона (1000–2000 МГц). Наименьшее распространение имеют диапазоны S-, X- и K-, используемые для мобильной спутниковой связи и для систем некоммерческого использования.

С появлением нового Ка-диапазона, имеющего более высокие частоты по сравнению с Ku-диапазоном, данная схема изменилась, что стало важным этапом развития услуг спутниковой связи.

Необходимость появления Ка-диапазона была обусловлена стремительным развитием проводных и беспроводных технологий, имеющих высокую пропускную способность и способствующих существенному снижению стоимости сервиса [2].

Ка-диапазон расположен в области частот 26,5–40 ГГц. Используемые в спутниковой связи частоты находятся между 18,3–18,8 и 19,7–20,2 ГГц для линии «спутник — Земля», и между 27,5 и 31 ГГц для линии «Земля — спутник». В K-диапазоне расположен канал «спутник — Земля», а канал «Земля — спутник» — в Ка-диапазоне.

До появления спутников с Ка-диапазоном в широко применяемой модели VSAT использовалась схема, при которой оператор приобретал у вендора оборудование ЦУС (центр управления сетью) и абонентские VSAT, арендовал емкость у оператора ИСЗ и продавал сервис клиентам, при этом установка абонентских VSAT осуществлялась оператором самостоятельно или же подрядчиками [4].

Появление Ка-диапазона привело к тому, что модель VSAT-оператора изменилась, в результате чего оператор сети стал выступать в качестве владельца и оборудования, и борта. При этом сам оператор не взаимодействует с конечными пользователями, к этой задаче подключаются 3–5 виртуальных операторов, распространяющих услугу конечным пользователям и самостоятельно управляющие своими VSAT-терминалами.

При такой схеме работы виртуальным операторам не приходится приобретать дорогостоящее оборудование центральных станций, нет необходимости в сотрудниках поддерживающих работоспособность систем.

Однако при этом, следует отметить ограничения, которые накладываются на операторов. Не являясь полноценными владельцами центральной станции, они не имеют возможности осуществлять «глубокую» настройку на своей сети, а также проводить полный мониторинг в зависимости от того какие поставлены задачи. Следовательно, операторы полностью зависят от владельца ЦУС.

Вендорами оборудования ЦУС, обеспечивается возможность стандартного безопасного доступа VNO к системе управления, что дает возможность операторам связи осуществлять управление ресурсами, мониторинг абонентских станций, отслеживать пропускную способность в каждом луче. Операторы получают также доступ к интерфейсам прикладного программирования (API), благодаря этому появляется возможность легкой адаптации системы управления и мониторинга ресурсов к своим системам [4].

Основное преимущество работы в Ка-диапазоне по сравнению с Ки-диапазоном — высокая пропускная способность спутниковых каналов: 475 Мбит/с на луч и более 70 Гбит/с на весь спутник.

В этом диапазоне можно формировать более узкие лучи, которые будут располагаться по принципу сот, при котором одни и те же частоты в нескольких лучах будут использоваться повторно. Это позволит использовать спектр максимально эффективно. Доступной же емкости Ки-диапазона недостаточно для России, при этом цены на ресурс спутника очень высоки.

Однако следует отметить некоторые технические особенности использования Ка-диапазона в сравнении с традиционно используемым Ки-диапазоном при построении систем спутниковой связи.

Основными преимуществами использования в системах спутниковой связи Ка-диапазона являются:

- ◆ возможность организации в Ка-диапазонах большого количества каналов связи и передачу информации с большей скоростью, так как, чем выше по частоте будет находиться частотный диапазон, тем больше будет емкость канала связи;
- ◆ при уменьшении длины волны (увеличении частоты радиосигнала), чтобы получить заданный показатель коэффициента усиления антенны, не-

обходимы антенны, имеющий меньший диаметр зеркала, так как размеры антенн прямо пропорционально зависят от длины волны;

- ◆ возможность удешевления абонентских станций, стоимости трафика и в целом системы спутниковой связи благодаря уменьшению размеров антенн, большей информационной емкости канала и высокой скорости передачи.

Несмотря на положительные моменты использования Ка-диапазона в спутниковой связи, следует помнить о возможных трудностях, связанных с тем, что Ка-диапазон подвержен атмосферному влиянию на прохождение сигнала в сравнении с традиционно используемым Ки-диапазоном. В связи с этим требуется большой запас по энергетике. Возможны также проблемы со стабильностью работы земных станций спутниковой связи (ЗССС), которые располагаются в высоких широтах. Это связано с тем, что при малых углах места (менее 25–30 градусов) происходит увеличение длины пути электромагнитной волны через атмосферу (в дождевом слое).

В сравнении с Ки-диапазоном, можно отметить, что Ка-диапазон является новым типом архитектуры спутника. Это вызывает необходимость управления передачей и полосой пропускания, что позволит обеспечить высокое качество услуг связи.

Если говорить о коммерческих достоинствах использования Ка-диапазона по сравнению с Ки-диапазоном, то можно отметить: более низкую удельную стоимость спутникового ресурса при более высокой энергетике лучей; меньшую стоимость комплекта оборудования и более высокую пропускную способность каналов связи. Благодаря этому появляется возможность использования современных систем адаптивного кодирования, повышающих эффективность использования спектра, а также многократного повторного использования частот, за счет формирования узких лучей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анпилов В. Р. Системы на основе геостационарных спутников связи и вещания Ка-диапазона // Технологии спутниковой связи, № 6,-2, 2012 г. спец. выпуск «Спутниковая связь и вещание 2013», стр. 16–26.
2. Крылов А. М., Системы спутниковой связи Ка-диапазона: состояние и перспективы развития. Технологии и средства связи. 2011, стр. 48–50.
3. Мысев. М. Некоторые аспекты развития спутниковой связи и вещания на территории Российской Федерации. Министерство связи и массовых коммуникаций РФ. 2015. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <http://minsvyaz.ru/> (Дата обращения — 07.04.2017)
4. Степаненко С. Ожогин О. Ка-диапазон: история, день сегодняшний и перспективы развития. 2016. ИД «КОННЕКТ» № 1–2, 2016. С. 106–112. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: www.connect-wit.ru/ (Дата обращения — 05.04.2017)

© Вегера Денис Владимирович (vegera79@mail.ru), Власов Владимир Николаевич,

Писаренко Валерий Павлович, Терещенко Валерий Дмитриевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»