

Круглый стол

СПУТНИКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: куда идут российские операторы связи?

В круглом столе принимают участие

Татьяна ШУМАЕВА,
заместитель руководителя отдела маркетинга, ГК «Альтегроскай»

Андрей ГРИЦЕНКО,
генеральный директор АО «ИКЦ «Северная Корона»

Игорь ИЛЬИНЧИК,
первый заместитель генерального директора, АО «АМТЕЛ-СВЯЗЬ»

Станислав КЛЕВИЦКИЙ,
руководитель департамента спутниковой связи и телевидения,
компания «Телекор»

Александр ТРОФИМОВ,
директор ООО НПФ «Сельсофт»

По сложившейся традиции центральной темой последнего номера журнала Connect уходящего года всегда является спутниковая связь. Разумеется, весь 2017 г. прошел в России под знаком юбилейных торжеств ФГУП «Космическая связь», однако положению дел в ГП КС мы уже уделили достаточно внимания на страницах журнала, поэтому участникам круглого стола была предложена другая тема. Какие тенденции будут определять развитие отрасли спутниковой связи в мире и в России в ближайшие годы? На что стоит делать ставку операторам связи? Появятся ли на рынке какие-то принципиально новые технологии? И возрастет ли конкуренция на операторском рынке с запуском новых высокопроизводительных спутников?

В следующем году АО «Газпром космические системы» запустит спутник «Ямал-601», работающий в Ka-диапазоне. Таким образом, в этом сегменте может возникнуть конкуренция между спутниковыми группировками ГП КС и ГКС. Как вы считаете, это может привести к «ценовым войнам» или еще каким-то другим глобальным сдвигам в операторском бизнесе?



Татьяна ШУМАЕВА

В текущей ситуации сложно говорить о возможных переменах, к которым приведет дополнительная емкость в Ka-диапазоне. Не так

давно перед российскими VSAT-операторами остро стояла проблема отсутствия и дороговизны ресурса, и с запуском в коммерческую эксплуатацию спутников «Экспресс-АМ5/6» и «Экспресс-АМУ1» все связывали стремительный рост массового рынка спутниковой связи, однако серьезным препятствием на этом пути стала стоимость оборудования.

Рост рынка в России не приобрел взрывного характера, даже несмотря на использование операторами экономически сомнительных бизнес-моделей на тарифах с отрицательной маржинальностью, отрицательной ARPU (Average Revenue Per

User – средняя выручка на одного пользователя).

Не стоит забывать и о том, что серьезные ограничения на возможности операторов в Ka-диапазоне накладывают используемые владельцами ресурсов технологии, а для спутника «Ямал-601» еще не сделан выбор в пользу определенной платформы.

Сегодня также достаточно сложно судить о будущей модели продаж этого ресурса и о том, насколько она будет интересной операторам с коммерческой точки зрения. Если будет поставлена задача скорейшей утилизации Ka-емкости, вероятность снижения стоимости ресурса выглядит перспективно, однако сама реализация полностью ляжет на операторов. И вот тогда уже в игру вступят не ценовые, а технические характеристики ресурса, которые, по заявлениям владельца (АО «Газпром космические системы»), в разы превосходят суммарные характеристики всех существующих спутников.



Андрей ГРИЦЕНКО

Вывод нового спутника, покрывающего в Ка-диапазоне всю европейскую часть России, а также полосу территории в сторону Сибири, обеспечит более глубокое проникновение технологий Ка-диапазона в «массы», прежде всего для стационарных абонентов, что отразится прежде всего на развитии вторичных операторов спутниковой связи. Именно они наиболее уязвимы в изменяющихся экономических условиях, и именно в этом секторе следует ожидать новых решений и сервисов, опирающихся на большую доступность высокоскоростных каналов спутниковой связи.

Сценарий возникновения каких-либо ценовых войн или жесткой конкуренции между двумя нашими первичными операторами маловероятен, так как, во-первых, их мало (только две компании), во-вторых, космические аппараты (КА) связи на геостационарной орбите (ГСО), даже класса HTS (High-Throughput Satellite), уже не дают возможности «хорошего ценового маневра», в-третьих, не стоит здесь забывать о ведомственной принадлежности первичных операторов, цели и задачи которых различаются.



Игорь ИЛЬИНЧИК

Лучи Ка-диапазона спутника «Ямал-601» будут перекрывать европейскую часть России. В настоящее

время два новых космических аппарата с лучами Ка-диапазона – «Экспресс АМУ-1» и «Экспресс АМ-6» – уже работают на этой территории. Зоны покрытия лучей Ка-диапазона практически полностью накладываются друг на друга. Появление на рынке еще одного аппарата с аналогичной зоной покрытия лучей, конечно, приведет к ужесточению конкуренции между операторами.

Коммерческая эксплуатация КА «Экспресс АМУ-1» началась с 10 февраля 2016 г. На текущий момент компания Eutelsat откровенно демпингует в надежде привлечь как можно больше пользователей в свою сеть: оператор создал безлимитный тарифный план для физических лиц по 990 руб. в месяц. Это отразилось на рынке спутникового ШПД – тариф утянул вниз цены на каналы не только в Ка-, но и в Ки-диапазоне. Однако, насколько мы можем судить по имеющимся на рынке данным, за год работы Eutelsat смог заполнить не более 20% своего ресурса.

Дополнительно на успех «Ямал-601» в Ка-диапазоне будет влиять выбранная технология: сейчас в зоне покрытия работают Gilat и Hughes. Повторять это техническое решение бесперспективно – тогда конкуренция зайдет в тупик. Успех появления какой-то третьей технологии будет обусловлен ее возможностями и стоимостью абонентского оборудования.

Таким образом, рыночные перспективы нового спутника «Ямал-601» в Ка-диапазоне пока не ясны.



Станислав КЛЕВИЦКИЙ

Основная проблема всех запущенных в РФ спутниковых ШПД-систем в Ка-диапазоне – низкая наполняемость абонентами, когда реальная загрузка сетей не превышает 5–10% имеющихся возможностей.

VSAT-терминалы у нас в основном импортного производства: с учетом понизившегося курса рубля и не большой покупательной способности населения в РФ без субсидирования покупки VSAT-оборудования для массового абонента (а это 350–500 долл.) со стороны спутниковых операторов связи или по государственным целевым программам рассчитывать на бурный рост спутникового ШПД довольно сложно.

Коммерческая состоятельность существующих HTS-бортов ГП КС и спутника «Ямал-601» ГКС в первую очередь будет зависеть от того, насколько хорошо ГП КС и ГКС совместно с партнерами смогут решить проблему наполняемости абонентами и ценовой вопрос, создать эффективные механизмы субсидирования терминалов.

Несомненно, запуск нового мощного HTS-спутника «Ямал-601» с Ка-диапазоном усилит конкуренцию на рынке спутникового ШПД – цены на ресурс и стоимость 1 Мбит услуги будут плавно снижаться. Однако большие ценовые войны или глобальные сдвиги на российском рынке мы вряд ли увидим.



Александр ТРОФИМОВ

В настоящее время наше предприятие занимается разработкой судовых спутниковых антенн и планирует их серийное производство, поэтому нас прежде всего интересует, как это повлияет на наши планы. Полагаю, что стоимость трафика, конечно, должна снизиться. В Ка-диапазоне должны появиться безлимитные тарифы стоимостью 2–3 тыс. руб., а лучше – еще меньше. Тем более что «Ростелеком» в европейской части России проложил оптику уже ко всем селам с населением от 500 человек,

и в этом самом населенном регионе страны спрос на спутниковую связь упал.

На Дальнем Востоке оптика пришла уже во все райцентры, поэтому спутниковым операторам, использующим Ku-диапазон, придется переходить на Ka-диапазон. А для удержания оставшихся абонентов Ku-диапазона и вообще его

использования в европейской части страны они будут вынуждены снижать стоимость трафика и предлагать безлимитные тарифы.

Поэтому в развитии Ka-диапазона мы видим выгодные последствия и для себя. Черное, Каспийское и Средиземное моря, где нами планируется внедрение наших судовых антенн, находятся в зоне

покрытия российских спутников «Ямал-402» и «Экспресс AM-7» – в Ku-диапазоне. Мы надеемся на появление безлимитных тарифов доступа в Интернет по приемлемым ценам. Без этого наши потенциальные заказчики – моряки коммерческого флота – пользоваться спутниковым Интернетом не будут.

Если посмотреть на общемировые тренды, то можно заметить, что сегодня операторы фиксированной связи (FSS) вкладываются в подвижную связь (MSS), при этом и те и другие проявляют интерес к Интернету вещей. А как российские спутниковые операторы диверсифицируют свой бизнес?

Татьяна ШУМАЕВА

MSS – это скорее бизнес-решение, чем массовый продукт. Ждать его популярности в России наравне с наземной и сотовой связью, на наш взгляд, нецелесообразно. Технологии сотовой связи UTMS и LTE во многом уже опередили существующие MSS-системы, ориентированные в основном на передачу голосового трафика. Повлиять на ситуацию смогут обновление спутниковых группировок глобальных операторов и запуск новых анонсированных LEO-систем, таких как OneWeb.

Для российских операторов консьюмерский рынок недостаточно перспективен, учитывая его небольшой объем, обусловленный низкой плотностью населения именно в тех районах, где услуги MSS могут быть массово востребованы. К тому же для простого абонента стоимость оборудования и услуг является крайне высокой.

Услуги MSS наиболее популярны там, где отсутствует альтернатива: связь в акваториях, в горах, в полярных регионах России. На корпоративном рынке наиболее востребованы MSS-решения в судоходной отрасли. Но в большинстве случаев требуется

полноценная подвижная спутниковая связь (Communication on The Move). Основные сегменты COTM – авиа-, авто-, морские и железнодорожные перевозки. Здесь несколько определяющих факторов: бизнес-задачи компаний, потребности сотрудников, растущий спрос со стороны пассажиров. Потенциал перечисленных сегментов уже много раз положительно оценивался в различных исследованиях, а COTM отмечен как самое перспективное направление рынка спутниковой связи.

На общем фоне можно заметить определенную миграцию в сегмент российских VSAT-операторов. Но справляются пока не все: разработка качественных решений в сегменте COTM требует больших ресурсов и для создания, и для поддержки сервисов. Что касается массового рынка, то тут нужно ждать разработок портативных недорогих устройств, поддерживающих подключение к множеству типов связи, в том числе и к спутниковому.

Андрей ГРИЦЕНКО

Все российские спутниковые операторы используют только

спутники на ГСО – просто потому, что в России других коммерческих систем не существует. Но если эти аппараты геостационарные, значит, абонентские станции стационарные, с диаметром антенн от 60 см. Какой здесь может быть Интернет вещей? И какая может быть подвижная связь с антеннами диаметром от 60 см и углами места на спутник от 1 до 30° на большей части территории России? Какой телефон можно взять с собой для работы в зоне Северного морского пути? Только трубку системы Iridium. Других нет.

Итак, в России есть серьезная проблема с подвижной спутниковой связью. Именно в этом направлении будут оценивать свои перспективы и риски наши первичные операторы. И здесь может быть всего два варианта: либо мы услышим о реализации новых российских проектов негеостационарных спутниковых систем (например, «Экспресс-РВ» на ВЭО, «Росинфоком», ГМИСС), либо наши первичные операторы станут вторичными в рамках разворачиваемых зарубежных систем (OneWeb и др.).

Нужно отметить, что ГП КС, хоть и осторожно, но достаточно планомерно прорабатывает варианты реализации российской коммерческой НГСО-системы. В ГКС относятся к этому направлению работ со скептицизмом.

От крупных участников рынка часто приходится слышать, что существующий спутниковый ресурс достаточно емкий, так что пользователям не нужен переход на новые скорости передачи данных – они и существующие мощности спутников связи не могут

Татьяна ШУМАЕВА

На сегодня имеется два перспективных направления для утилизации недозагруженных мощностей: растущий рынок COTM,

загрузить на 100%. Не все разделяют эту точку зрения. Известно, что согласно проекту ViaSat-3 планируется запуск на ГСО в 2019–2020 гг. двух сверхмощных спутников с пропускной способностью по 1 Тбит/с на каждый аппарат. Нужны ли такие спутники и будут ли они экономически эффективным ресурсом?

о котором мы рассуждали чуть ранее, и новая эра доставки качественного ТВ-контента в форматах 4/8K. Из возможных направлений – потребности IoT-сегмента (Интернет вещей).

Заинтересованность VSAT-операторов в подобных емкостях зависит от увеличения объемов рынка. С другой стороны, подобные проекты больше похожи на очередной шаг в «гонке вооружения» между спутниковой и наземной связью. Сможет ли подобный проект стать экономически эффективным – покажет динамика ближайших лет.

Андрей ГРИЦЕНКО

Когда говорят о спутниках с высокой пропускной способностью (HTS), то зачастую забывают о главном (с точки зрения пользователя) – такая пропускная способность обеспечивается использованием в пределах зоны обслуживания большого числа достаточно узких лучей (до 1° и менее). К слову, переход с луча размером 5° к лучу размером 1° дает дополнительный выигрыш в 14 дБ. Следовательно, более узкий луч – это более высокая энергетика линии (и «вниз», и «вверх»). А это значит, что либо могут использоваться более компактные абонентские станции, либо может быть существенно увеличена скорость. Как известно, «много скорости не бывает», что в равной мере характерно как для индивидуальных абонентов, так и для коллективных пользователей.

Нужно только предложить абоненту более удобный терминал и более комфортную цену. Именно на это и нацелены все новые системы класса HTS на ГСО. И на настоящем этапе это экономически целесообразно. Однако сливки снимут только первые! А с выходом на рынок новых

негеостационарных HTS-систем, таких как OneWeb, SpaceX или других, привлекательность HTS-систем на ГСО может резко упасть.

Игорь ИЛЬИНЧИК

Такие огромные спутниковые возможности должны снизить стоимость ресурса для операторов связи. Сейчас операторы в РФ не испытывают особого дефицита в ресурсе: рынок конечных услуг связи для B2B, B2O и B2G ограничен, не имеет тенденций к кратному расширению, а также испытывает ценовое давление от предложений в Ka-диапазоне. Единственная точка роста продаж – сегмент B2C. Но там важна не сама стоимость услуги, а цена «входа» для абонента, т. е. стоимость индивидуального комплекта VSAT.

В разы вырастить рынок можно, лишь предложив максимально недорогое решение для индивидуальных частных пользователей – на уровне 10–15 тыс. руб. за комплект. Если не произойдет снижения стоимости конечного оборудования VSAT, то такие емкости останутся невостребованными.

Станислав КЛЕВИЦКИЙ

Повышение пропускной способности спутников связи непосредственно связано с эффективностью и итоговой ценой сервисов. Гораздо выгоднее запустить один спутник с пропускной способностью 1 Тбит/с, чем два по 500 Гбит/с и тем более 20 по 5 Гбит/с (оценка пропускной способности AM-5). Цена «суперскоростного» спутника типа HTS возрастает не столь значительно относительно своих менее скоростных собратьев, но оператор получает дополнительные преимущества по ценообразованию по сравнению с конкурентами. А с учетом снижения расходов

на наземный сегмент оператора – выгода очевидна.

К сожалению, в ближайшее время мы вряд ли увидим запущенный отечественный HTS-спутник, приближающийся по характеристикам к ViaSat-3, да и коммерческих перспектив у КА будет не много, если он будет работать только на территории РФ. На мировом рынке тенденция к увеличению общей пропускной способности HTS-спутников, снижению цены ресурса будет продолжаться. Я думаю, что мы с вами увидим анонсирование спутника с пропускной способностью до 10 Тбит/с не позже чем в ближайшие десять лет.

Александр ТРОФИМОВ

Опять же буду здесь рассуждать с точки зрения развития производства и использования отечественных морских VSAT. Почему их разработки до сих пор не привели к появлению отечественного доступного по цене изделия, хотя у нас имеется российская, практически полная элементная база для этого: модемы («Истар»), зеркала (НПО ПРЗ) и РПУ, выпускаемые несколькими предприятиями?

Причина в том, что нет смысла затевать серийное производство таких VSAT – дорогой трафик не позволит их продавать большей части наших потенциальных заказчиков – коммерческому флоту. Суда некоторых ведомств, которые не привыкли считать деньги и могут себе позволить приобрести антенну от KVH, не в счет – их можно перечислить по пальцам.

Добавлю, что существует государственная программа «Маринет»: в ней есть пункт об обеспечении скоростного канала связи между судном и берегом. Как эту задачу собираются решать в Минтрансе и его ведомствах? На основе продукции KVH или KNS? Думаю, такую задачу не решить без дешевого трафика и без антенн отечественного производства.

Таким образом, появление новых спутников и конкуренция среди спутниковых операторов пойдет только на пользу развитию отечественных морских VSAT.

Эксперты отмечают, что неплохими перспективами обладают HTS-спутники Ku-диапазона. В них видится золотая середина спутниковой технологии, обладающей надежностью и устойчивостью, присущими Ku-диапазону, и хорошими показателями по энергетике и пропускной способности, не сильно уступающими Ka-диапазону. Могут ли, на ваш взгляд, HTS-спутники Ku-диапазона потеснить аппараты с Ka-транспондерами?

Татьяна ШУМАЕВА

Этот вопрос немного напоминает дискуссии, связанные с введением Ku-диапазона и возможным замещением им C-диапазона. Как показала практика, C-диапазон до сих пор активно используется в России, но круг реализуемых на нем сервисов серьезно сузился. Актуальным осталось предоставление только тех видов услуг, которые имеют жесткие требования к доступности канала и QoS: магистральные каналы, дистрибуция ТВ, каналы для сотовых операторов.

Аналогичную ситуацию мы наблюдаем в Ka-диапазоне. Наиболее широкое распространение в Ka-диапазоне получила услуга ШПД в массовом сегменте рынка спутниковой связи. И немалую роль в этом сыграло более доступное для B2C-сегмента оборудование – по сравнению с Ku-диапазоном. За Ku-диапазоном остается реализация корпоративных сервисов.

Поэтому, на наш взгляд, наиболее вероятный сценарий – классификация услуг по диапазонам, а не вытеснение одного из них другим.

Андрей ГРИЦЕНКО

Как L-диапазон называют «золотым» для подвижной спутниковой

связи, так Ku-диапазон я бы отнес к «золотому» для сетей спутникового вещания. И использовать HTS-спутники в этом диапазоне очень заманчиво. Но, как уже было отмечено, спутник класса HTS должен формировать большое количество достаточно узких лучей. Давайте предположим, что нам необходимо обеспечить покрытие некоторой территории узкими лучами шириной 0,5°. Для этого потребуется установить на борту антенны диаметром 4 м в Ku-диапазоне либо только 2,5 м в Ka-диапазоне. Антенна Ku-диапазона просто не поместится под обтекатель ракеты-носителя «Протон», а их должно быть несколько.

Таким образом, в данном конкретном случае HTS ГСО-системы в Ka-диапазоне имеют существенное преимущество перед аналогичными системами в Ku-диапазоне. Анализируя эту картину в целом, можно предположить, что «майка лидера» в ближайшей перспективе будет за HTS-спутниками Ka-диапазона. Что же касается Ku-диапазона, то с этими ГСО-системами трудно конкурировать в области спутникового непосредственного вещания.

Игорь ИЛЬИНЧИК

Учитывая все минусы Ka-диапазона, связанные с малыми углами и атмосферным состоянием, выскажу свое личное мнение, что будущее у HTS-спутников в Ku-диапазоне есть, поскольку они представляют собой действительно компромиссное решение между возможностями Ku и Ka.

Станислав КЛЕВИЦКИЙ

Потеснить – нет, а вот занять достойную нишу, особенно в России, HTS-спутники Ku-диапазона могли бы. Особенно учитывая тот фактор, что большую часть спутникового рынка в РФ занимает B2B-сегмент, для которого Ka-диапазон из-за низкой устойчивости не подходит. На HTS-спутниках в Ku-диапазоне можно разворачивать эффективные сети как для ШПД (B2C-сегмент) – лишь с небольшим удорожанием стоимости абонентского оборудования относительно Ka, так и для реализации качественных высокоскоростных каналов и сетей для B2B-сегмента.

В B2B-сегменте уже можно использовать дорогое профессиональное оборудование на удаленных точках для максимальной эффективности использования ресурса. Совмещение разных сегментов рынка на единой платформе позволит операторам повысить общую загрузку HTS-спутников и благодаря общему увеличению итоговой эффективности использования спутникового ресурса понизить стоимость всех сервисов. При этом операторы смогут увеличить свою выручку за счет существенного увеличения объема предоставляемых услуг при более низких тарифах.

Если говорить о будущем пути развития орбитальной составляющей, какой сценарий, на ваш взгляд, более вероятен: переход в более высокочастотный диапазон спектра (V или W) или развитие в направлении использования глобальных негеостационарных спутниковых систем, расположенных на средней и низкой околоземных орбитах?

Татьяна ШУМАЕВА

Очевидных преимуществ, кроме увеличения пропускной способности

при использовании частотно-го спектра V и W, нет, поэтому развитие группировок LEO/MEO

в среднесрочном периоде выглядит перспективнее.

Глобальное покрытие, высокая пропускная способность (до 10 Гбит/с), низкая круговая задержка – это весомые конкурентные преимущества группировок LEO/MEO, которые могут заставить серьезно адаптироваться системы на геостационарных спутниках.

Андрей ГРИЦЕНКО

В ближайшем будущем будет и то и другое, но с некоторыми оговорками. Основные события, безусловно, будут связаны с выходом на рынок новых негеостационарных (НГСО) систем. И здесь я бы выделил два направления: ВЭО-системы типа «Экспресс-РВ», ориентированные на обслуживание прежде всего территории России, и глобальные низкоорбитальные системы типа OneWeb, SpaceX, ГМИСС.

Все эти системы ориентированы на использование либо Ku-, либо Ka-диапазона. Принято считать, что из-за проблем ЭМС в каждом из этих диапазонов может быть реализована только одна НГСО система. Анализ, который был проведен нами, показал, что это не совсем так. Тем не менее высокая пропускная способность спутниковых систем определяет значительный объем потребного частотного ресурса, прежде всего в прямом направлении (и «вверх», и «вниз»). И доступного ресурса в Ku- и Ka-диапазонах может просто не хватить, особенно с учетом требований ЭМС. Тогда фидерные линии можно будет

строить в V- или W-диапазонах частот, где достаточно свободного ресурса, естественно, с учетом специфики затуханий.

Что же касается использования V- или W-диапазонов на абонентских линиях, то оно в ближайшей перспективе, на наш взгляд, нецелесообразно.

Игорь ИЛЬИНЧИК

Разумеется, говорить о будущем – увлекательно и тенденциозно. Однако в связи с географическими особенностями нашей необъятной Родины мировые тенденции часто затрагивают нас либо позже, либо вообще никак. Поэтому я предпочел бы дождаться работающих решений, а главное – цен. Не все «перспективные проекты» становятся действительно успешными проектами.

Станислав КЛЕВИЦКИЙ

Развиваться смогут оба направления – каждое будет нацелено на потребности своего сегмента рынка услуг, исходя из преимуществ и недостатков своих орбит.

Мощные спутники на ГСО, обладая уникальной способностью

находиться в одной точке относительно абонента на земле, не требуют дорогих систем слежения наземных станций, позволяют держать на орбите тяжелые и высокопроизводительные космические аппараты. Они хорошо подходят для ТВ-вещания, создания больших ШПД-сетей, высокоскоростных магистральных каналов.

Системы на низких и средних орбитах нацелены в первую очередь на предоставление специфических сервисов, чувствительных к задержке, которым не нужны скорости ГСО-систем и за которые абонент готов платить больше: голос, интерактивное взаимодействие реального времени и т. п.

В дальнейшем, по мере развития технологий, мы будем наблюдать интеграцию разных сетей в единую систему, в которой терминалы станут универсальными. Операторы связи будут предоставлять абонентам сервисы через разные типы спутников исходя из полученных критериев требуемого качества, цены, скорости, доступности для абонентов того или иного спутника и тарифного плана. ■

Возобновляются курсы повышения квалификации для специалистов по системам спутниковой связи и вещания

С 2018 г. Информационный космический центр «Северная Корона» возобновляет проведение курсов повышения квалификации по направлению «Системы спутниковой связи и вещания» (теоретические основы и практические аспекты). Курс рассчитан на специалистов, занимающихся планированием и эксплуатацией систем и средств спутниковой связи. Обучение предусматривает лекционные и практические занятия. Часть из них проводится на площадке крупнейшего телепорта на северо-западе России в Центре спутниковой связи (ЦСС) в поселке Каменка.

Решение практических задач отрабатывается с использованием специального программного обеспечения «Альбатрос-Бюджет», «Спутниковые

технологии», БРИФИК, а также на площадке ЦСС. Основная цель курса – расширение базовых знаний в области спутниковой связи, отработка практических навыков по планированию развертывания и применения спутниковых радиосистем и сетей различного назначения, получение опыта работы на специализированном ПО, формирование системного подхода к анализу возникающих ситуаций. Слушатели получают базовую информацию по навигационным спутниковым системам и ДЗЗ. Объем курса составляет 40 академических часов. Занятия проходят в центре Санкт-Петербурга, на Васильевском острове в ЦНТИ «Прогресс».

<http://www.spacecenter.ru>