

Спутниковый интернет жил, жив... будет жить? Часть 2: низкая орбита

В [первой](#) части статьи мы выяснили, почему, несмотря на все свои достоинства, геостационарный спутниковый интернет не может составить никакой конкуренции не только кабелю, но и мобильной связи. Причины банальны: большая задержка сигнала, низкая скорость и крайне высокие тарифы. С задержкой ничего нельзя сделать в принципе, а повышение скорости и снижение абонентской платы упираются в высокие капитальные затраты в виде стоимости и вывода на орбиту спутника, а также построение наземной сети гейтвеев.

За прошедшие пару десятков лет с начала массового развёртывания геостационарных систем связи ситуация хоть и начала меняться в лучшую сторону, но никаких принципиальных сдвигов не произошло до сих пор. Геостационарная связь даже на пороге 2022 года – это медленно и очень дорого, от чего использовать её можно только в отсутствии альтернатив.

Длиться подобная ситуация, пожалуй, могла бы ещё лет двадцать, а то и тридцать – до тех пор, пока кабельные и мобильные сети не пришли бы на смену. Однако никаких двадцати лет у спутниковых операторов не будет. Что, в общем-то, они уже и сами поняли. Причина – в развёртывании низкоорбитальных спутниковых созвездий, которое происходит прямо сейчас.

Слухи и домыслы

[офигевает по илонмасковски - Создать мем - Meme-arsenal.com]

Отношение у обычных пользователей к подобным системам в России, да и в некоторых других странах, весьма настороженное и даже в некотором роде пренебрежительное (конкурентам, правда, ничуть не весело, но кому в наш век нужно мнение профессионалов?). Причина такого положения дел – в крайне низкой информированности и гигантском количестве фейковой информации. Например, несколько лет назад про систему Starlink ходила байка о её бесплатности. Откуда она взялась, сейчас понять невозможно, но было. При этом ответственные лица компании на пару с её пресс-службой ни разу не говорили, что за доступ к сети не нужно будет платить.

Ещё один распространявшийся ранее фейк – о раздаче спутниками Starlink Wi-Fi сигнала, который можно будет принять прямо на смартфон. О том, какая антенна и передатчик будут для этого нужны, никто особенно не задумывался

Не обошлось и без теорий заговора. Starlink обвиняли в построении глобальной сети на деньги агрессивной американской военщины, предназначение которой – следить за каждым человеком на Земле путём круглосуточного зондирования.

Досталось системе и от астрономов, и даже от конкурентов, призывающих ни много ни мало, просто запретить Starlink как таковой. Самое забавное было в том, что конкуренты в качестве одной из причин запрета указали на то, что в случае развёртывания системы они начнут терять клиентов. Да, вот так вот – просто запретить. Мало того, в борьбе со Starlink конкуренты не гнушаются опускаться до прямой лжи. Как, например, история с якобы «опасным сближением» спутников OneWeb и Starlink, которая на поверку оказалась [выдумкой](#) менеджмента OneWeb.

В общем, недостоверных слухов вокруг Starlink и других подобных систем распространяется множество. Поэтому, если кому-то нужна действительно правдивая информация, а не искажённый пересказ – лучше читать новости исключительно в оригинале. И даже тогда следует относиться к информации критически.

Плюсы низкой орбиты

Основной плюс низкой орбиты, как бы банально это не звучало, в том, что она низкая. А значит, фундаментальный минус геостационарных спутников, задержка, отсутствует. Конечно же, не совсем. Для спутников Starlink, летающих на высоте в 550 километров, она составит 3,6 мс. Но это в самом лучшем случае, когда и спутник находится прямо под пользовательским терминалом, который, в свою очередь, расположился рядом с гейтвеем.

В реальности наземных станций сопряжений всего несколько десятков на всю планету, а сигнал со спутника на пользовательский терминал обычно передаётся по гипотенузе, а не по катету. Кроме того, свою задержку внесёт радиочасть. В общем, рассчитывать на задержку в 5 миллисекунд не стоит, куда вероятней цифра в 15-20 мс., которую и обещает Starlink. Для OneWeb, спутники которого летают на высоте в 1200 км., задержка будет ещё выше. В соответствии с тестами, проведёнными в 2019 году, компании удалось добиться средней задержки в 32 мс.

Это, конечно, не оптика, но вполне достаточно для обычного пользователя. Можно не только нормально общаться по видеосвязи, но и играть в динамические игры.

Ещё одно весомое преимущество низкоорбитальных созвездий – это большая скорость и большой объём трафика, доступные пользователям. Например, российские операторы дают максимум 40 Мбит/с на скачивание частным пользователям. OneWeb и Starlink обещают в разы больше: от 100 до 200 Мбит/с.

Но главное – это трафик. В геостационарных сетях он жёстко ограничен. Хочешь гигабайт двести – изволь раскошелиться на сотни долларов. Низкоорбитальные сети предлагают безлимит, причём настоящий, без снижения скорости после потребления определённого объёма. И по вполне вменяемой цене в 100-200 долларов.

... и её минусы

[Elon Musk Space-Based Internet - iGyaan]

Казалось бы – если низкоорбитальный интернет обладает такими преимуществами перед геостационарным, то почему стал доступен лишь в последние пару лет?

Ответ прост: создание низкоорбитальных созвездий обходится куда дороже. Один-единственный геостационарный спутник связи способен обеспечить интернетом среднюю по размеру европейскую страну. С низкоорбитальным такое не получится. Во-первых, зона покрытия одного спутника куда меньше. Во-вторых, в отличие от геостационарного, подобный аппарат постоянно перемещается по орбите, а не висит над экватором. Следовательно, чтобы обеспечить связью какую-то область, требуется сразу несколько спутников. Для покрытия всего мира необходимо иметь группировку в сотни спутников. Это несколько миллиардов долларов только на аппараты, не говоря о таких же миллиардах, которые нужно будет заплатить за вывод спутников на орбиту.

Кроме того, срок активного существования подобных спутников заметно меньше, чем геостационарных: пять-семь лет. На высоте в несколько сотен километров имеются остатки атмосферы, о которых спутник постоянно тормозит. Без системы коррекции аппарат за несколько месяцев сойдёт с орбиты. Так как спутников требуется множество, тяжёлыми и дорогими их не сделать при всём желании, а значит, топлива с собой он возьмёт намного меньше, чем геостационарный. Получается, что спутниковую группировку потребуется постоянно обновлять.

Ещё один весомый минус – пользовательский терминал. Обойтись обыкновенной тарелкой в случае низкой орбиты не получится. Спутники пролетают над абонентом с высокой скоростью, из-за чего пользовательский терминал постоянно переключается между ними. Сделать подобное без весьма дорогой фазированной антенной решётки практически невозможно. Несколько лет назад подобный терминал стоил несколько тысяч долларов, отчего окупаемость его уходила за горизонт планирования. Только сейчас цена на подобные терминалы снизилась до приемлемой, да и то, продают их сейчас заметно ниже себестоимости в расчёте отбить разницу абонентской платой.

В итоге получается, что низкая орбита – это крайне дорого. Группировку нужно не только создать, но ещё и постоянно поддерживать. Если у оператора нет нескольких миллиардов долларов живых денег, соваться просто бессмысленно.

Претенденты

[Очередь — живая и электронная]

Несмотря на крайнюю дороговизну, создать своё созвездие сейчас хотят очень многие. Причём не только традиционные игроки космического сектора, но и совсем начинающие.

По данным на начало ноября 2021 года, заявки в FCC (Federal Communications Commission, федеральная комиссия по связи США) подали несколько компаний:

- Amazon - 7,774
- Astra - 13,620
- Boeing - 5,789
- Inmarsat - 198
- Intelsat - 216
- Hughes - 1,440
- OneWeb - 6,372
- SpinLaunch - 1,190
- Telesat - 1,373

Общее количество спутников, [планируемых](#) компаниями к выводу на орбиту, превысило 38 тысяч. И это не считая SpaceX, которой ранее согласовали вывод 7,5 тысяч спутников, а общее число планируемых к выводу спутников достигло 42 тысяч.

Даже наш родной «Мегафон» не остался в стороне и [намеревается](#) создать свою группировку на 1440

аппаратов.

Конечно, к реальному воплощению наполеоновских планов большая часть компаний даже не думает приступать. Нет денег, да и подобному числу игроков просто не хватит клиентов. Подобные заявки делаются, дабы застолбить за собой часть спектра, а затем либо продать его, либо войти в какое-нибудь совместное предприятие. Но масштаб всё равно впечатляет.

OneWeb и Starlink

[Конкурент SpaceX Starlink OneWeb ввел в заблуждение FCC, СМН с ложным рассказом о «почти промахе»]

Несмотря на огромный интерес к низкой орбите, реальных игроков рынка, которые уже приступили к развёртыванию созвездий, всего два: OneWeb и Starlink от SpaceX. При этом подход к построению сети у них очень различается.

OneWeb – это международный конгломерат, объединяющий множество компаний: как владельцев, так и производителей. Основной рынок этого оператора – корпоративные пользователи: суда, самолёты, правительственные и коммерческие объекты. Группировка OneWeb на первом этапе должна состоять из 650 спутников, коммерческая эксплуатация которых должна начаться в конце 2022 года. В настоящий момент на орбиту выведено 358 спутников, запуски в среднем осуществляются раз в месяц. Ни тарифов, ни условий предоставления сервиса широкой публике озвучено не было.

Starlink – прямая противоположность своему конкуренту. Тариф всего один, стоимость оборудования известна. От корпоративных клиентов компания не отказывается, но в первую очередь нацелена на частный сектор. Темпы запусков в разы превосходят всё, что есть на рынке, да и на орбиту выведено уже 1800 аппаратов. Подключиться можно прямо сейчас – достаточно подать заявку в электронном виде. Если дом находится в зоне действия, то через некоторое время можно стать пользователем сети. Перед этим, правда, придётся отстоять очередь – уж очень велик спрос.

Почему же так получилось? Ведь корпоративный сектор, хотя и крайне лакомый кусок для любого оператора, всё же не сравнится с сотнями тысяч частных пользователей. Всё просто – у OneWeb нет возможностей бороться за частных пользователей. Изначально компания замахивалась и на этот сегмент рынка, но быстро от него отказалась, не в состоянии выдержать конкуренции.

Давать прогнозы – дело очень неблагодарное, но на этот раз делать это легко и приятно. Гонка низкоорбитальных созвездий, толком не начавшись, уже закончилась. С одной стороны рынок спутниковой связи ограничен платёжеспособным спросом. С другой – конкурентами в виде традиционных провайдеров. Скорее всего, на открытом рынке найдётся место всего для двух операторов, в самом крайнем случае – для трёх. И первое место, вне всякого сомнения, займёт Starlink от SpaceX в силу своего уникального положения.

Рождение победителя

[Компания Илона Маска Starlink расширила форму регистрации для подключения интернета со спутников: теперь можно указать не только ZIP-код, но и адрес | gagadget.com]

Для начала немного цифр, актуальных на середину ноября 2021 года:

- Число абонентов Starlink - 140 тысяч (в феврале 2021 года - 10 тысяч).
- Количество заявок на подключение - 750 тысяч.
- Выведенных на орбиту спутников - более 1800.
- Стоимость пользовательского оборудования - 499 долларов.
- Ежемесячная плата (едина для всех стран) - 99 долларов.
- Количество стран, в которых уже доступен сервис - более 20.
- Обещанная средняя скорость доступа - от 100 Мбит/с до 200 Мбит/с.
- Пинг - до 20 мс, в зависимости от местоположения.
- Трафик - без ограничений.

Весьма впечатляет. Подобное предложение не оставляет конкурентам ни единого шанса не то, что на борьбу – на выживание в принципе. Даже для России предложение Starlink смотрится на порядок более привлекательно, чем имеющиеся. Что уж говорить про более развитые страны, в которых 100 долларов – вполне посильная цена даже для одного человека.

Не удивительно, что конкуренты, глядя на подобное, несколько приуныли. И это ещё мягко говоря. Например, на днях Viasat приобрёл Inmarsat, Telesat проходит через процедуру слияния, Intelsat в прошлом году пошёл на банкротство, в OneWeb вложилась Hughes Network Systems, предоставляющая услуги спутниковой связи более 1,5 млн. пользователям (падение абонентской базы длится уже 4-й квартал подряд) в Северной и Южной Америках. А заказы на геостационарные

спутники уже несколько лет как упали. В общем, рынок не кисло так трясёт и как дело пойдёт дальше, сейчас мало кто себе представляет. Ясно одно – геостационарная коммерческая связь доживает последние годы. И причина этого – SpaceX со своим Starlink-ом.

Почему именно Starlink, а не упомянутый ранее OneWeb или проект Kuiper от Amazon? По нескольким причинам, которые, сложившись в одно целое, дали SpaceX возможность обойти конкурентов на годы. Пока остальные только размышляют и подают заявки, сеть Starlink перешла в коммерческий режим работы.

Ракеты. Огромное преимущество, которым обладает только SpaceX. Если остальные компании вынуждены заказывать под спутники средства вывода, то SpaceX никаких контрактов заключать не нужно. Необходима ракета? Производим, да ещё и запускаем по себестоимости (которая, по разным оценкам, составляет 29 млн. долларов). А учитывая, что большая часть летающих сейчас ракет Falcon 9 совершили не первый полёт (первая ступень и обтекатели), сроки поставки готовых ракет снижаются с более чем года до двух-трёх месяцев.

Спутники. В отличие от других компаний, SpaceX старается самостоятельно производить всё, что только возможно и экономически оправдано. Вот и спутники Starlink производятся на её заводе в Сиэтле. Не нужно месяцами согласовывать изменения в конструкции. Появилась здравая идея – её тут же внедряют. Сам Маск говорил, что каждая последующая партия спутников отличается от предыдущей – с такой скоростью в конструкцию и ПО вносятся изменения.

Да и сами спутники с технической точки зрения крайне интересны. Они оборудованы ионными двигателями, содержат систему уклонения от космических объектов, звёздными датчиками (определяют положение спутника по звёздам), несимметричную солнечную батарею и тестовыми каналами лазерной связи. Кроме того, спутники Starlink не требуют диспенсера для разделения – SpaceX хитрым способом разводит их по орбитам, выталкивая друг за другом. И всё это при массе одного спутника в 260 килограмм. Хотя каждый элемент, используемый в Starlink, не является какой-либо инновацией, собранные вместе, они дают синергетический эффект.

Отдельно стоит отметить каналы лазерной связи, которые позволят связывать спутники друг с другом. Подобного в индустрии в таких размерах не делал ещё никто. Используя подобные каналы, Starlink не потребуется строить большое количество наземных гейтвеев.

Пользовательский терминал. Ещё одна ключевая проблема для рынка частных пользователей. Если себестоимость геостационарных терминалов составляет примерно 200 долларов, то для низкоорбитальной сети терминалы стоят куда дороже. В начале производства терминалы Starlink стоили для SpaceX около 3 тысяч долларов. Однако в скором времени их себестоимость сократилась до 1,5 тысяч долларов, а в ближайшие пару лет должна упасть до 300-400 долларов. А пока SpaceX продаёт их по 499 долларов, покрывая издержки абонентской платой.

На днях было представлено второе поколение терминалов: меньше, легче и продвинутей. И это – тоже одно из преимуществ компании, у которой есть возможность оптимизировать терминалы прямо под меняющуюся сеть.

Starship. Крайне амбициозный проект SpaceX, который может изменить лицо космонавтики. Одно из её преимуществ – полная многоразовость, которая позволит значительно уменьшить стоимость вывода килограмма груза на орбиту. Ещё одно – грузоподъёмность. Если сейчас Falcon 9 с возвращением первой ступени закидывает на орбиту 60 спутников Starlink, то Starship поднимет сразу 300 спутников за меньшую цену. Там, где традиционные операторы затратят годы и сотни миллионов долларов, SpaceX обойдётся считанными месяцами и десятками миллионов. С подобной системой вывода обновлять и расширять группировку будет куда проще, чем в настоящий момент.

По грубым прикидкам, инвестиции в сеть Starlink составят около 10 млрд. долларов. В настоящий момент проект, по словам Маска, в «глубоком минусе». Однако ничего страшного в этом нет – во-первых, такую сумму нужно вкладывать не одновременно. Во-вторых, Starlink активно набирает абонентскую базу. Получив миллион клиентов (среди которых будут не только частные лица), проект сможет зарабатывать в год больше миллиарда долларов. Чего вполне хватит для выхода на безубыточность и получения прибыли.

Кто-то, возможно, скажет: когда это ещё будет. Сто раз всё успеет измениться. Конкуренты подтянутся, проблемы, может, возникнут. Да и пользователей ещё набрать надо.

Однако дело как раз в том, что скорость развёртывания сети и набора абонентов просто не оставляет шансов никаким конкурентам. Сейчас к Starlink подключаются около 15 тысяч абонентов в месяц. И ограничено это число не спросом, а исключительно производственными возможностями – именно столько производится спутниковых терминалов. Однако с запуском второй версии абонентского устройства мощности завода было обещано значительно расширить. Раза этак в три-четыре. А значит – всего за год SpaceX подключит миллион пользователей, а затем – ещё один. Всего два-три года Starlink станет ведущим спутниковым оператором, заметно потеснив конкурентов.

Маск, конечно, личность несколько одиозная и окружённая просто невероятным количеством слухов, как правдивых, так и не очень. Особенно в интернете, где чуть ли не каждый второй периодически предрекает ему неизбежный крах. Ну а чего бы не предречь, если от несбывшихся прогнозов твоё личное благосостояние не зависит?

А вот конкуренты уже давно никаких речей о неизбежном крахе не заводят. Сейчас им не до этого – они стремятся сохранить то, что у них отбирают компании Маска. А в том, что Starlink уже начал менять отрасль спутниковой связи, никто из профессионалов не сомневается.

Осталось только выяснить – когда всё это доберётся до России? Но об этом уже в следующей части.