



СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ

СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ

- ▶ **Спúтниковая свúзь** — один из видов космической радиосвязи, основанный на использовании в качестве ретрансляторов искусственных спутников Земли, как правило специализированных спутников связи. Спутниковая связь осуществляется между так называемыми земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными (наземными либо установленными на летательных аппаратах).

История

- ▶ Первые исследования в области гражданской спутниковой связи в западных странах начали появляться во второй половине 1950-х годов. В США толчком к ним послужили возросшие потребности в трансатлантической телефонной связи.
- ▶ В 1957 году в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли с радиоаппаратурой на борту.
- ▶ 12 августа 1960 года специалистами США был выведен на орбиту высотой 1500 км надувной шар. Этот космический аппарат назывался «Эхо-1». Его металлизированная оболочка диаметром 30 м выполняла функции пассивного ретранслятора.



История

- ▶ 20 августа 1964 года 11 стран (СССР в их число не вошёл) подписали соглашение о создании международной организации спутниковой связи Intelsat (International Telecommunications Satellite organization). В СССР к тому времени была собственная развитая программа спутниковой связи, увенчавшаяся 23 апреля 1965 года успешным запуском связного советского спутника Молния-1.
- ▶ 6 апреля 1965 года в рамках программы Intelsat был запущен первый коммерческий спутник связи Early Bird («ранняя пташка»), произведённый корпорацией COMSAT, обладая полосой пропускания 50 МГц, он мог обеспечивать до 240 телефонных каналов связи



Диапазоны частот для спутниковой связи

- ▶ Использование различных частот для систем радиосвязи и вещания, включая спутниковые, строго регламентируется международными правилами. Это необходимо для обеспечения электромагнитной совместимости различных систем, а также для предотвращения взаимных помех при работе различных служб.

В соответствии с Регламентом радиосвязи вся территория Земли разделена на три района, каждый из которых имеет свое распределение полос радиочастот.

Районы

- ▶ **Район 1** включает Африку, Европу, Россию, Монголию и страны СНГ.
- ▶ **Район 2** охватывает территорию Северной и Южной Америки.
- ▶ **Район 3** - это территории Южной и Юго-Восточной Азии, Австралия и островные государства Тихо-Океанского региона.
- ▶ В соответствии с Регламентом, для работы систем спутниковой связи распределено несколько диапазонов частот. Де-факто, для них принято использовать следующие условные обозначения.

Наименование диапазонов и полосы частот

Наименование диапазонов и полосы частот	
Наименование диапазона	Разрешённая полоса частот
L – диапазон	1452-1550 МГц и 1610-1710 МГц
S – диапазон	1930 – 2700 МГц
C – диапазон	3400 -5250 МГц и 5725 – 7075 МГц
X – диапазон	7250 – 8400 МГц
Ku – диапазон	10,70 - 12,75 ГГц и 12,75 - 14,80 ГГц
Ka – диапазон	15,40 - 26,50 ГГц и 27,00 - 30,20 ГГц
K – диапазон	84,0 - 86,0 ГГц (не используется)

Основные диапазоны частот, используемые в спутниковых системах связи и вещания

- ▶ Спутниковые системы связи начали создаваться в то время, когда все основные диапазоны частот уже были распределены между наземными радиосистемами. Вследствие этого спутниковые системы связи должны работать в условиях, когда в выделенных для спутниковой связи полосах частот работают другие радиосистемы, в основном радиорелейные системы связи.
- ▶ С целью упрощения спутникового ретранслятора его полосы частот на передачу и прием разделены большим защитным промежутком, поэтому для спутниковой системы связи указываются два диапазона частот: на передачу и на прием. Более высокая частота используется в радиолиниях "Земля-Космос", а более низкая частота — в радиолиниях "Космос-Земля". Например, спутниковая система связи диапазона 4/6 ГГц использует полосы частот в диапазоне 4 ГГц в линиях "Космос-Земля" и полосы частот в диапазоне 6 ГГц — в линиях "Земля-Космос".

Основные диапазоны частот, используемые в спутниковых системах связи и вещания

- ▶ В порядке возрастания укажем основные диапазоны частот для спутниковых систем связи и вещания.
- ▶ 1. 0,24—0,4 ГГц. Диапазон частот используется для мобильных систем связи военного назначения, в первую очередь для военно-морского флота и военно-воздушных сил.
- ▶ 2. 1,5/1,6 ГГц. В этом диапазоне частот выделена полоса частот шириной 29 МГц для создания спутниковых систем связи с мобильными объектами: морскими и воздушными судами, автомобилями, для персональной связи. Наиболее крупной системой этого диапазона частот является глобальная международная (с участием России) спутниковая система связи INMARSAT на базе геостационарных КА.
- ▶ 3. 1,9/2,1; 1,6/2,5 ГГц. Полосы частот шириной порядка 30 МГц в этом диапазоне частот выделены для низко- и среднеорбитальных систем мобильной и персональной связи.

Основные диапазоны частот, используемые в спутниковых системах связи и вещания

- ▶ 4. 4/6 ГГц. Диапазон частот выделен для создания глобальных и региональных сетей связи со стационарными наземными станциями на базе геостационарных КА. Несмотря на выделенную полосу частот шириной 800 МГц, этот диапазон является перегруженным, и новые системы связи фиксированной спутниковой службы создаются в более высоких диапазонах частот.
- ▶ 5. 7/8 ГГц. Диапазон частот с полосой 500 МГц используется для военных систем связи со стационарными и мобильными терминалами.
- ▶ 6. 11/14 ГГц. Диапазон частот с полосой 800 МГц выделен для создания сетей связи со стационарными станциями. В этом диапазоне разрешено также создание на вторичной основе сетей связи с мобильными терминалами, за исключением самолетов. В этом диапазоне частот создаются в основном национальные или региональные системы связи. К настоящему времени этот диапазон близок к насыщению.

Основные диапазоны частот, используемые в спутниковых системах связи и вещания

- ▶ 7. 12 ГГц. Каналы "Космос-Земля" в полосе 800 МГц выделены для геостационарных систем непосредственного теле- и радиовещания на стационарные персональные приемники.
- 8. 20/30 ГГц. Диапазон частот с полосой 2,5 ГГц выделен для создания геостационарных и негеостационарных систем связи со стационарными и мобильными терминалами, кроме самолетов.

Недостатки спутниковой связи

▶ Слабая помехозащищённость

- ▶ Огромные расстояния между земными станциями и спутником являются причиной того, что отношение сигнал/шум на приёмнике очень невелико (гораздо меньше, чем для большинства радиорелейных линий связи). Для того, чтобы в этих условиях обеспечить приемлемую вероятность ошибки, приходится использовать большие антенны, малошумящие элементы и сложные помехоустойчивые коды. Особенно остро эта проблема стоит в системах подвижной связи, так как в них есть ограничения на размер антенны, её направленные свойства и, как правило, на мощность передатчика.

▶ Влияние атмосферы

- ▶ На качество спутниковой связи оказывают сильное влияние эффекты в тропосфере и ионосфере.

Недостатки спутниковой связи

▶ Поглощение в тропосфере

- ▶ Степень поглощения сигнала атмосферой находится в зависимости от его частоты. Максимумы поглощения приходятся на 22,3 ГГц (резонанс водяных паров) и 60 ГГц (резонанс кислорода). В целом, поглощение существенно сказывается на распространении сигналов с частотой выше 10 ГГц (то есть, начиная с Ku-диапазона). Кроме поглощения, при распространении радиоволн в атмосфере присутствует эффект замирания, причиной которому является разница в коэффициентах преломления различных слоёв атмосферы.

Недостатки спутниковой связи

- ▶ **Задержка распространения сигнала**
- ▶ Проблема задержки распространения сигнала так или иначе затрагивает все спутниковые системы связи. Наибольшей задержкой обладают системы, использующие спутниковый ретранслятор на геостационарной орбите. В этом случае задержка, обусловленная конечностью скорости распространения радиоволн, составляет примерно 250 мс, а с учётом мультиплексирования, коммутации и задержек обработки сигнала общая задержка может составлять до 400 мс.
- ▶ Задержка распространения наиболее нежелательна в приложениях реального времени, например, в телефонной и видеосвязи. При этом, если время распространения сигнала по спутниковому каналу связи составляет 250 мс, разница во времени между репликами абонентов не может быть меньше 500 мс.
- ▶ В некоторых системах (например, в системах VSAT, использующих топологию «звезда») сигнал дважды передается через спутниковый канал связи (от терминала к центральному узлу, и от центрального узла к другому терминалу). В этом случае общая задержка удваивается.