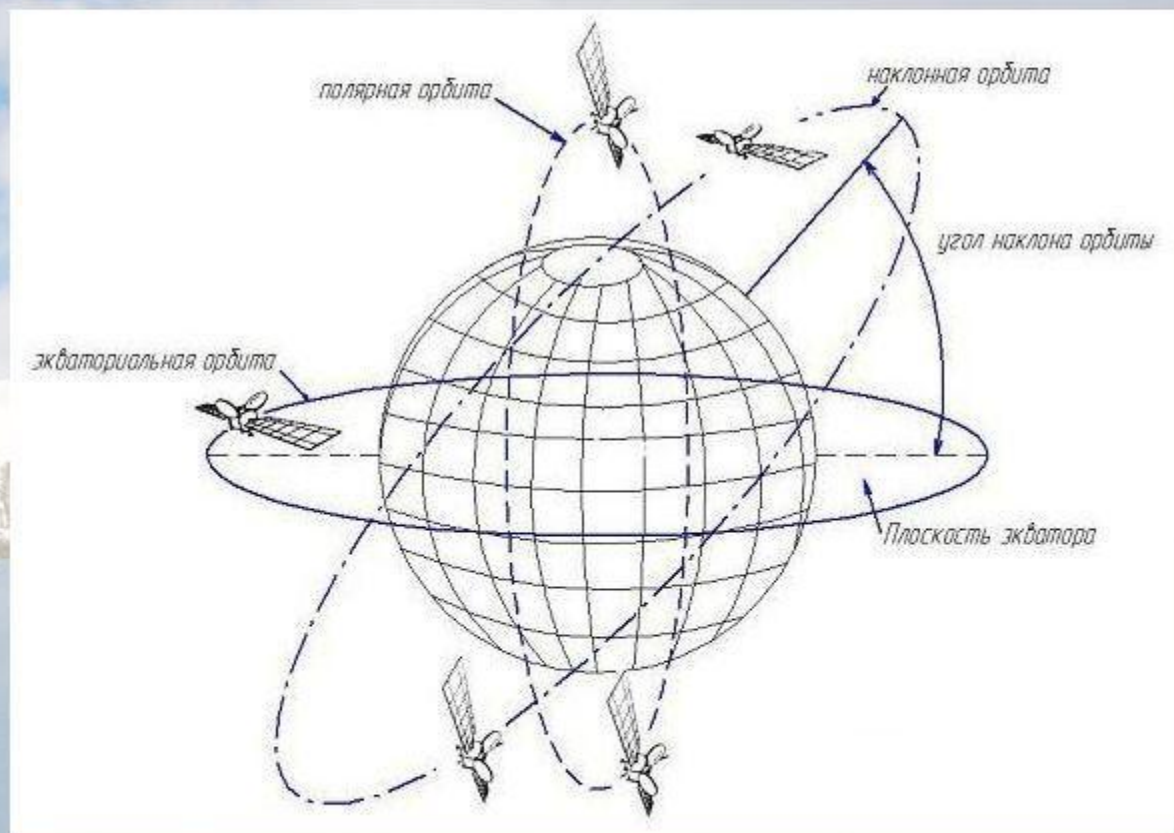


# СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ



**Спутниковая связь** — это вид радиосвязи, основанный на использовании искусственных спутников земли в качестве ретрансляторов. Спутниковая связь осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными.





# Спутниковые системы

## *По расположению*

- Геостационарные спутники
  - Средне орбитальные спутниковые системы
  - Низкоорбитальные системы
  - С высоко эллиптическими орбитами
- 

## *По назначению*

- Персональная связь
- Корпоративные VSAT системы
- Телевизионные системы



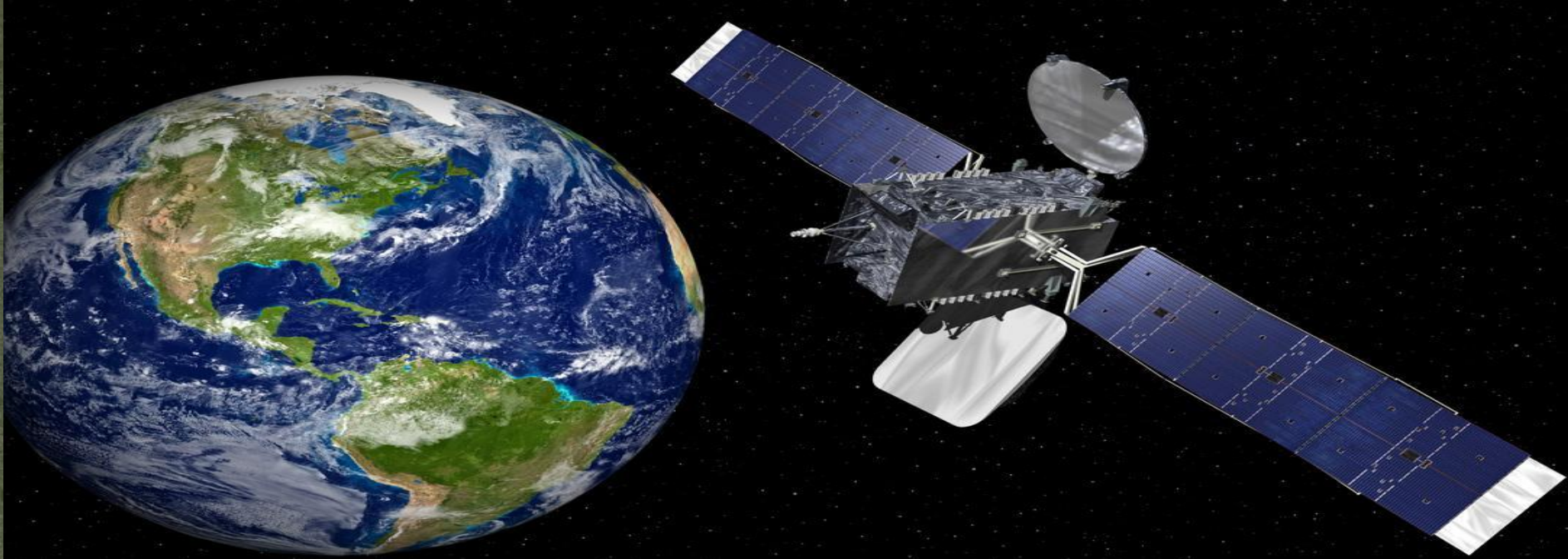
**Для построения спутниковых систем связи используют орбитальные группировки, расположенные на разных по высоте орбитах (классификация по высоте орбиты):**

- высокоорбитальные, или геостационарные – круговые экваториальные орбиты высотой около 40 000 км;***
- среднеорбитальные – с круговой орбитой высотой порядка 10 000 км;***



Высота орбит определяются многими факторами: энергетические характеристики радиолиний (мощность уменьшается пропорционально квадрату расстояния), задержкой распространения радиоволн, размеры и расположение обслуживаемых территорий, угол места спутника, способ организации связи и т.д.

Геостационарные орбитальные группировки имеют период обращения спутника вокруг Земли 24 часа, т.е. спутник является неподвижным относительно поверхности Земли, как бы «висит» над одной и той же точкой экватора. Помимо этого, большое соотношение высоты орбиты и радиуса Земли позволяет трем геостационарным спутникам охватить практически полностью поверхность планеты (за исключением полюсов). Однако геостационарные космические группировки имеют значительный недостаток – большое время распространения радиосигнала, что приводит к задержкам передачи сообщений во время сеанса связи.



Спутники, находящиеся на низких орбитах, не имеют ощутимой задержки распространения радиосигнала. Однако в зону видимости абонента попадают лишь на 8-12 минут, что требует для обеспечения непрерывности связи наличие большого количества спутников, как бы «передающих по эстафете» абонента посредством наземных шлюзовых станций или межспутниковой связи.

С увеличением высоты орбиты увеличивается зона видимости и, соответственно, время нахождения спутника в зоне видимости, что позволяет уменьшить количество спутников в группировке. Высота орбит среднеорбитальных систем связи является компромиссным значением между параметрами: количество спутников в группировке и время распространения сигнала (при скорости спутника 7 км/с - порядка 130 мс).



Высота орбит определяются многими факторами: энергетические характеристики радиолиний (мощность уменьшается пропорционально квадрату расстояния), задержкой распространения радиоволн, размеры и расположение обслуживаемых территорий, угол места спутника, способ организации связи и т.д.

Геостационарные орбитальные группировки имеют период обращения спутника вокруг Земли 24 часа, т.е. спутник является неподвижным относительно поверхности Земли, как бы «висит» над одной и той же точкой экватора. Помимо этого, большое соотношение высоты орбиты и радиуса Земли позволяет трем геостационарным спутникам охватить практически полностью поверхность планеты (за исключением полюсов). Однако геостационарные космические группировки имеют значительный недостаток – большое время распространения радиосигнала, что приводит к задержкам передачи сообщений во время сеанса связи.

# **Принципы построения спутниковых систем связи**

Спутниковая сеть связи (рисунок 5.1) включает в себя:

- **космический сегмент, состоящий из нескольких спутниковых ретрансляторов;**
- **наземный сегмент, (центр управления орбитальными спутниками, шлюзовые станции);**
- **абонентский сегмент (абонентские терминалы);**
- **интерфейсы сопряжения шлюзовых станций с наземными сетями связи.**



Космический сегмент включает спутниковую группировку, состоящую из нескольких спутниковых ретрансляторов, равномерно размещенных на орбитах. Космические аппараты (КА) включают:

- центральный процессор;
- радиоэлектронное оборудование бортового радиотрансляционного комплекса;
- антенные системы;
- системы ориентации и стабилизации;
- двигательные установки;
- система электропитания (аккумуляторы и солнечные батареи)



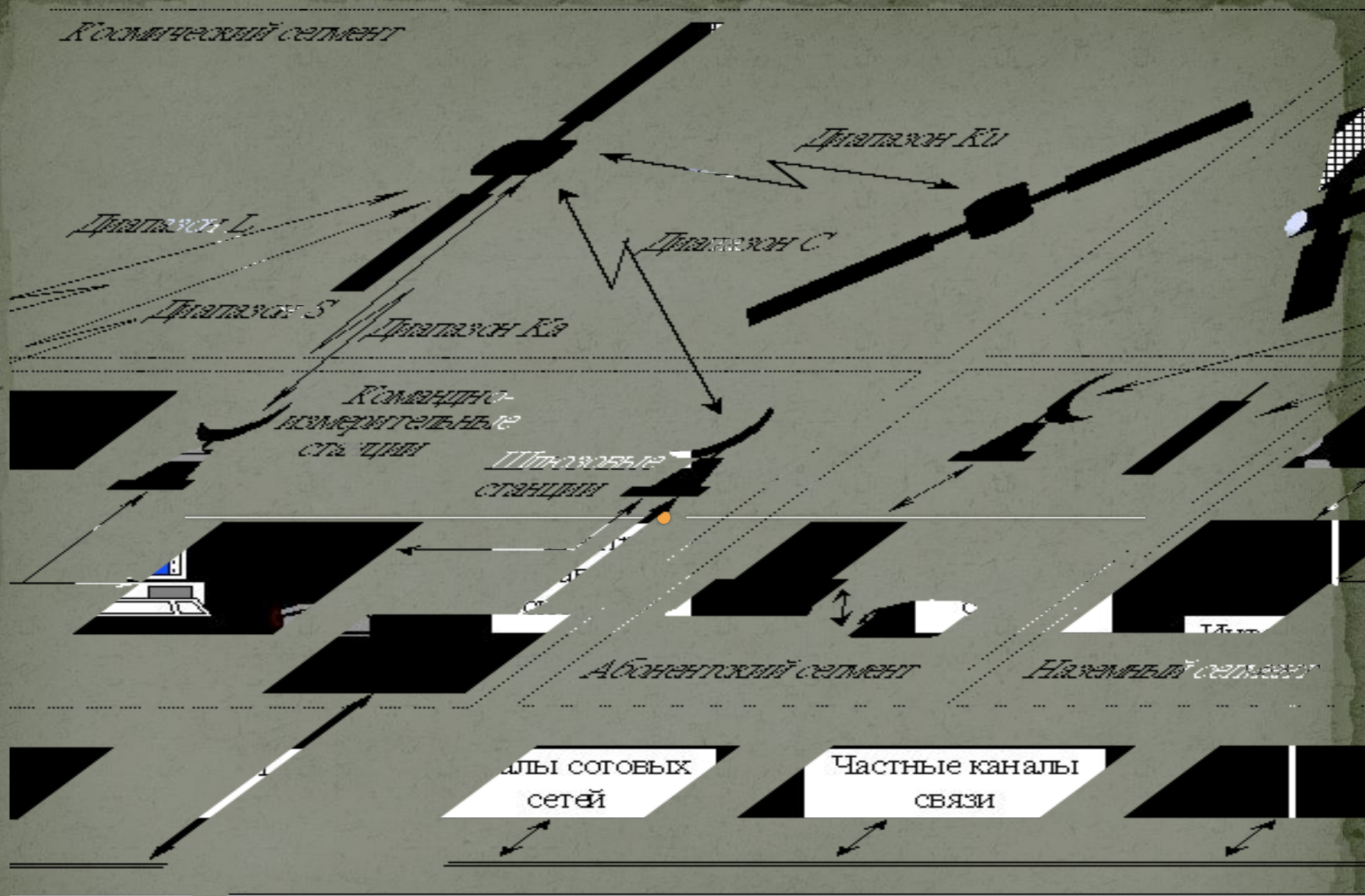


Рисунок 5.1. Структура систем спутниковой связи



## Наземный сегмент включает:

- центр управления системой;
- центр запуска КА;
- центр управления связью;
- шлюзовые станции.

Центр управления системой осуществляет слежение за КА, расчёт их координат, сверку и коррекцию времени, диагностику бортовой аппаратуры, передачу командной информации и т.д. функции управления осуществляются на основе телеметрической информации, получаемой от каждого КА группировки. Благодаря использованию территориально разнесённых контрольно-измерительных станций центр управления системой с достаточно высокой оперативностью выполняет: контроль запуска и точность вывода КА на заданную орбиту, контроль состояния каждого КА, контроль и управление орбитой каждого КА, разрешение нештатных ситуаций, вывод КА из состава орбитальной группировки.

Абонентский сегмент определяется номенклатурой предоставляемых спутниковой системой связи услуг: связь абонентов спутниковой сети с абонентами спутниковой сети, ТфОП, пейджинговых и сотовых сетей, определение местоположения (координат) абонентов.

Абонентское оборудование разделяют на переносные спутниковые терминалы (весом до 700 г) и мобильные терминалы (весом порядка 2,5 кг). Спутниковые телефоны оборудованы антенной, не требующей ориентации на спутниковый ретранслятор. При установлении связи (что занимает порядка 2 с) система автоматически определяет свободный канал и закрепляет его за абонентом на период сеанса связи. Как правило, в телефонах используется временное или частотное уплотнение каналов, хорошо зарекомендовавшее себя в сотовой связи. Некоторые спутниковые телефоны способны работать с сотовыми сетями связи (устанавливается соответствующая SIM-карта).

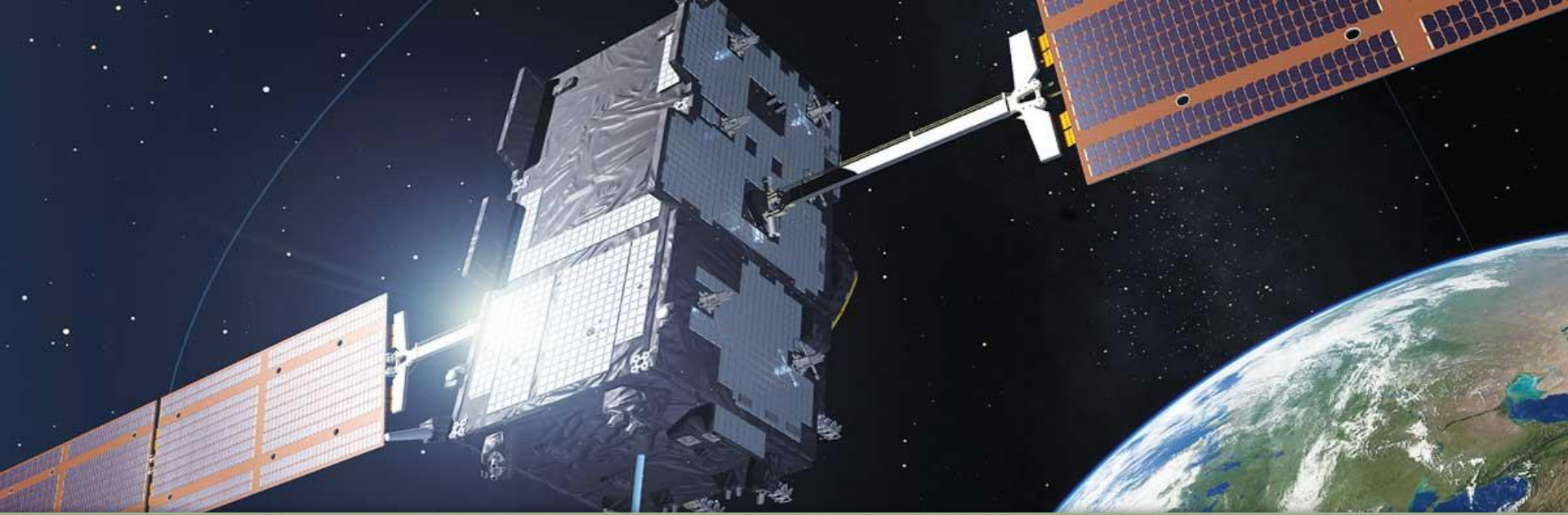




### **Достоинства спутниковой связи**

Основное достоинство спутниковой связи - возможность осуществлять связь в любой точке мира, тогда как владельцы сотовых модемов могут передавать данные только на территории покрытия станциями сотовой сети. Все сети спутниковой связи предоставляют возможность надежной качественной связи. Различия между ними состоят в:

- *наборе дополнительных услуг, предлагаемых абоненту;*
- *области покрытия;*
- *стоимости аппаратуры и услуг связи.*



## 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.
- Поглощение в тропосфере. Поглощение сигнала атмосферой находится в зависимости от его частоты. Кроме поглощения, при распространении радиоволн в атмосфере присутствует эффект замирания, причиной которому является разница в коэффициентах преломления различных слоев атмосферы.
- Ионосферные эффекты. Эффекты в ионосфере обусловлены флуктуациями распределения свободных электронов.
- 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 учетом мультиплексирования, коммутации и задержек обработки сигнала общая задержка может составлять до 400 мс. Задержка распространения наиболее нежелательна в приложениях реального времени, например, в телефонной связи. 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.
- Влияние солнечной интерференции. При приближении Солнца к оси спутника-наземная станция радиосигнал, принимаемый со спутника наземной станцией, искажается в результате интерференции.

## Принцип действия спутниковой системы связи

Системы спутниковой связи и вещания – это целый комплекс оборудования, состоящего из ретранслятора на орбите и определенного количества наземных станций. Принцип функционирования системы довольно простой – сигнал подается от одной из наземных станций непосредственно на спутник, с которого он ретранслируется на другие объекты в рамках зоны покрытия ретранслятора. На пассивном ретрансляторе не происходит никакой коррекции сигнала (усиление, перенаправление, изменение). Высокий эффект достигается благодаря широкой зоне охвата спутникового ретранслятора. Все современные спутниковые системы мобильной связи имеют исключительно активные ретрансляторы, которые не только принимают сигнал с наземной станции, но и усиливают его и направляют непосредственно в зону приема.

Для улучшения качества приема сигнала и обеспечения постоянной коммуникации вне зависимости от текущего положения спутника разработаны системы подвижной спутниковой связи. Это комплекс оборудования, который кроме абонентских терминалов и сопряженных станций включает в себя спутники, которые находятся на геостационарной (подвижной) орбите. Подвижная спутниковая связь – идеальное решение, которое не имеет аналогов, для обеспечения радиосвязи в регионах, где нет возможности задействовать стационарную связь в силу некоторых факторов (отсутствие инфраструктуры, недостаточное покрытие, сложные погодные условия).