

Хорхордин А.В., Сусси Седки, Щербов И.Л., Сарычев А.А., Паслен В.В.

Донецкий национальный технический университет

К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ УКВ НА КОСМИЧЕСКИХ РАДИОЛИНИЯХ

Космическими радиолиниями называются радиолинии, работающие по схеме Земля–ИСЗ–Земля или Земля–ИСЗ (для передачи информации на спутник) или ИСЗ–Земля (для приема информации со спутника). Условия работы космических линий имеют ряд существенных особенностей, которые необходимо учитывать при изучении процессов распространения радиоволн.

Оптимальные высоты полета связанных ИСЗ находятся в пределах от 1000 до 40000 км от поверхности Земли (т.е. за пределами ионосферы), поэтому для таких радиолиний используются частоты выше 100МГц. В настоящее время для большинства спутников используются полосы частот от 4 до 6 ГГц, от 7 до 8 ГГц, от 12 до 14 ГГц и от 20 до 30 ГГц. Для таких диапазонов волн ослабление в тропосфере может быть значительным.

При движении ИСЗ по любой орбите, кроме геостационарной, происходит перемещение ИСЗ относительно земных пунктов передачи и приема информации. При этом изменяется длина пути прохождения сигнала в тропосфере.

Ослабление сигнала в тропосфере складывается из потерь в газах (в основном в кислороде, паре, углекислом газе, озоне и т.д.), рассеяние и поглощения в дожде, тумане, облаках, а также тепловые и поляризационные потери, связанные с прохождением радиоволн через ионосферу.

Поглощение в газах имеет двоякий характер: нерезонансный и резонансный.

Нерезонансное поглощение в газах вызвано затратой энергии на преодоление взаимного трения молекул и достигает максимума при совпадении частоты воздействующего поля с собственными частотами колебаний молекул.

Резонансное поглощение в газах обусловлено переходом молекул и атомов в более высокие состояния за счет энергии возбуждающего поля.

Зависимость величины поглощения радиоволны в паре и кислороде на частотах от 100МГц до 50ГГц зависит от давления, частоты, температуры и влажности и была получена Ван-Влеком в разработанной им теории поглощения радиоволн.

Поглощение сигнала в гидрометеорох в основном вызвано рассеянием энергии частицами. Интенсивность рассеяния зависит от количества частиц в единице объема, их формы, размеров частиц, электрическими свойствами частиц (зависят от их температуры и состояния). Известно, что рассеяние и поглощение радиоволн сантиметрового диапазона выражены тем резче, чем выше частота, т.е. чем ближе по величине диаметр капель дождя к длине волны. Удельное (на единицу длины) поглощение взвешенными в воздухе каплями воды и дождя превышает суммарное удельное поглощение кислородом и водяным паром атмосферы.

Лоу и Парсонс в своих экспериментальных работах определили распределение в горизонтальной плоскости размера водяных капель в дождях разной интенсивности. Согласно их экспериментов, чем выше интенсивность дождя, тем больше средний размер капель и пределы разброса их диаметра. Райд, изучая ослабление радиоволн сантиметрового диапазона дождем и используя данные, полученные Лоу и Парсонсом о распределении дождевых капель по их размеру, определил аналитическую зависимость между ослаблением и интенсивностью дождя.

Обычно атмосфера Земли вызывает искривление излученных в горизонтальном направлении (нормальная рефракция) радиолучей в направлении к земной поверхности (кривизна радиолучей равна приблизительно четверти кривизны Земли). Такое излучение обусловлено естественным уменьшением коэффициента преломления воздуха по мере увеличения высоты над земной поверхностью.

Существует множество моделей тропосферы Земли: это прежде всего линейная модель, основанная на концепции эффективного радиуса Земли (разработана Шелингом, Берроузом и Феррелем) и ее разновидность (подход предложен Нортонем, Райсом, Воглером), когда эффективный радиус Земли представляет собой переменную величину (позволяет вычислять напряженность поля радиоволн в различных климатических районах); модель «модифицированного эффективного радиуса Земли» применяемая на тех интервалах высот, где погрешности наиболее значимы; модель вертикального распределения индекса рефракции (используется при необходимости учета сезонных и климатических изменений среднего распределения индекса рефракции в атмосфере).

Большая протяженность космических линий связи, оцениваемая десятками тысяч километров, является причиной больших потерь передачи. Например: основные потери передачи на частоте 3 – 4 ГГц составляет величину от 180 до 200 дБ, а на частотах 25 – 30 ГГц – от 200 до 215 дБ. Для компенсации таких существенных потерь необходимо иметь высокий энергетический потенциал линии, который в значительной степени обеспечивается наземным оборудованием.

Антенны земных комплексов должны иметь максимально возможные коэффициенты усиления для компенсации больших потерь в тракте распространения. Выбор бортового антенного комплекса ограничен

допустимой массой и габаритными размерами. На практике коэффициент усиления бортовой антенны регламентирован только угловыми размерами зоны обслуживания на поверхности Земли. Выбор земных приемных устройств определяется типом малошумящего приемника. Рабочая частота системы связи выбирается в соответствии с частотным регламентом МККР.

На сегодняшний день для расчета характеристик наземных и бортовых антенн используются рекомендации принятые в отчете 391-5 МККР, для расчета ослабления сигнала за счет поглощения энергии радиоволн в атмосфере в условиях «ясного неба» (для газа и водяного пара) рекомендации приняты в отчете 719-1 МККР, для расчета ослабления сигнала вызванного дождем рекомендации принятые в отчете 564-2 МККР.

Литература:

1. Калинин А.И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний. – М.: Связь, 1971. – 259с.
2. Справочник по радиолокации / Под ред. М.Сколника. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. Под ред. К.Н. Трофимова. Том 1. Основы радиолокации / Под ред. Я.С.Ицхоки. – М.: Сов. радио, 1976. – 456с.
3. Иванов М.А., Кравец В.А., Харченко В.Н. Энергетический расчет спутниковых радиолиний и сетей / Под ред. В.А. Кравца. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 66с.
4. Халин М.М., Сусси Седки, Паслен В.В. Энергетический расчет спутниковых радиолиний и сетей // Міжнародна молодіжна науково-практична конференція “Людина і космос”: Збірник тез. – Дніпропетровськ: НЦАОМУ, 2005. – С.316.