

УДК 621.37

Расчет затухания в радиоканале на закрытой трассе с пассивным ретранслятором

Гаврилов В.М., Николашкин Д.Г., Никитин О.Р.

Статья посвящена компьютерному моделированию ослабления на закрытой трассе с пассивным ретранслятором между приемопередающими комплексами, расположенными в горной местности в точках с координатами Бирюля (Широта: 51,773472, долгота: 86,053667), Ближний Сайдыс (широта: 51,763750, долгота: 86,150417).

Ключевые слова: расчет электромагнитного поля, ФЕКО.

Введение

Приведены результаты компьютерного моделирования энергетических параметров линии связи между приёмно-передающими комплексами, расположенными в точках с координатами Бирюля (широта: 51.773472; долгота: 86.053667), Средний Сайдыс (широта: 51.763750; долгота: 86.150417).

Результаты компьютерного моделирования

Карта местности (Google Планета Земля) с указанием положения пунктов связи приведена на рис 1.

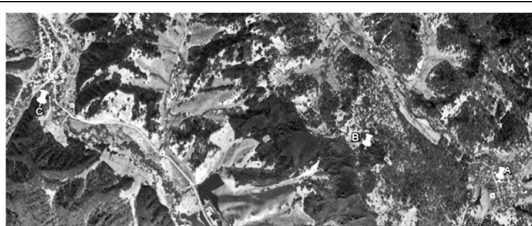


Рис. 1 Карта местности с указанием положения пунктов связи А, С и точки установки ретранслятора В

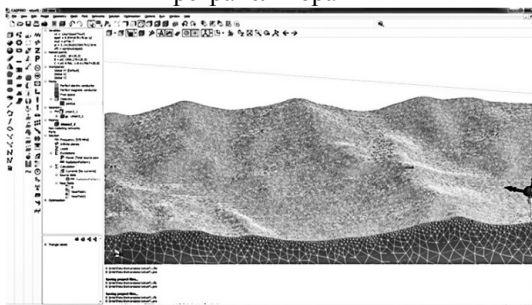


Рис. 2 Компьютерная модель фрагмента земной поверхности, включающего трассу

Основные параметры пунктов связи:

- Рабочий диапазон частот 390-645 МГц;
- Мощность излучения 15 Вт (41.8 дБм);
- Чувствительность приёмника -85 дБм;
- Коэффициент усиления антенны 12 дБ;

- Высота подвеса антенны над земной поверхностью 20 м.

Расчёты выполнялись с помощью программы электродинамического моделирования ФЕКО, которая является универсальной платформой для решения задач с объектами больших электродинамических размеров[1], [2].

На карте местности был выделен фрагмент поверхности с размерами 9x4 км, включающий рассматриваемую трассу. Для этого фрагмента в соответствии с требованиями программы была построена компьютерная модель рельефа земной поверхности идентичного приведённому на карте (рис. 2).

Электродинамические параметры земли задавались значениями: $\epsilon = 15$, $\sigma = 0.012$ См/м. Вычисления проводились на фиксированной частоте 570 МГц. Анализ рельефа между пунктами связи АС позволяет отнести трассу к двух пролётной закрытого типа. Для обеспечения надёжной связи рассмотрен вариант с пассивным ретранслятором.

На рис. 3 приведена схематичная конструкция антенны пункта связи, используемая при моделировании. Антенна представляет собой параболическое зеркало с расположенным в фокусе облучателем – полуволновым вибратором над экраном. При диаметре зеркала 0.9 м антенна характеризуется пространственной диаграммой направленности Рис.4. и имеет коэффициент усиления 12 дБ.

На рис. 5 приведено распределение поля в горизонтальной плоскости симметрии антенны. На рис. 6 изображён график распределения поля в антенне в зависимости от смещения относительно фокальной точки (мм) для

вертикальной плоскости симметрии. Из графика следует, что поле в излучающем раскрыве антенны равно 76.2 дБ В/м. Для расчёта поля в антенне использовался метод моментов.

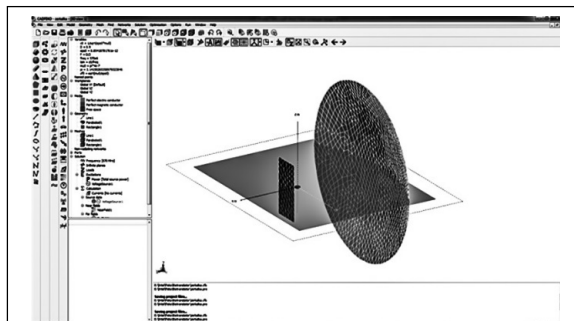


Рис. 3 Схематическая конструкция антенны пунктов связи

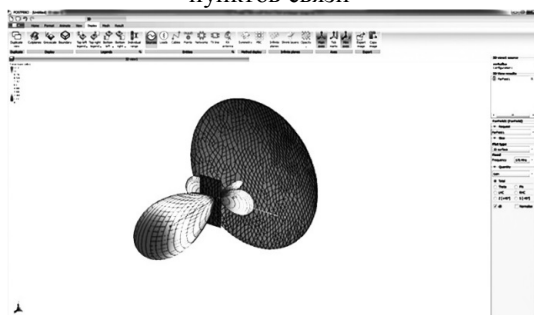


Рис. 4 Пространственная ДН антенны пункта связи

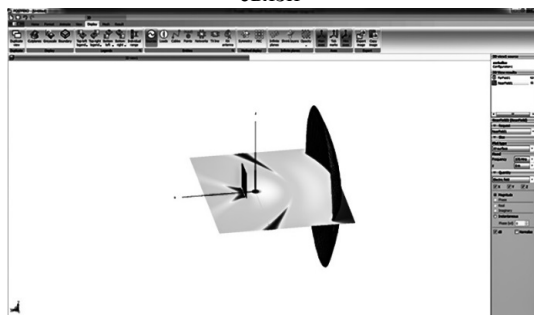


Рис. 5 Распределение поля в горизонтальной плоскости симметрии антенны пункта связи А

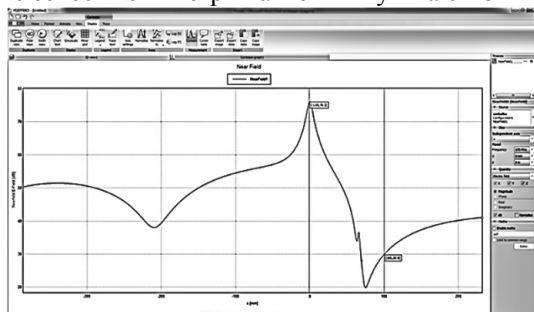


Рис. 6 Зависимость поля от величины смещения относительно фокальной точки в вертикальной плоскости симметрии антенны пункта связи А

В качестве пассивного ретранслятора использовались две параболические антенны,

установленные на мачте высотой 20 метров и ориентированные на пункты связи. Выходы антенн соединены отрезком линии передачи минимальной длины. Координаты установки мачты ретранслятора - широта: 51.767864; долгота: 86.122261.

При компьютерном моделировании трассы в качестве антенн ретранслятора применены однозеркальные параболические антенны с облучателем в виде полуволнового вибратора над экраном. При диаметре 2.35 м на частоте 570 МГц антенны обеспечивали коэффициент усиления 20.3 дБ. Пространственная ДН антенны ретранслятора приведена на рис. 7.

Методом геометрической теории дифракции было рассчитано поле, формируемое излучающей антенной пункта связи А, на участке трассы А-В (2 км) (рис. 8.). Юстировка антенн пункта связи и приёмной антенны ретранслятора сводилось к встречно-соосной ориентации главных максимумов диаграммы направленности.

На рис. 9 показан фрагмент зависимости поля от расстояния, формируемой антенной пункта связи А в месте установки приёмной антенны ретранслятора – точка В. Учитывая возможные погрешности в оценке расстояния до антенны и вероятное смещение её положения относительно места установки на кривой рис.9 в качестве уровня поля в раскрыве антенны ретранслятора выбрано минимальное значение вблизи точного места расположения антенны. Как следует из рис. 9, этот уровень составляет -6.96 дБ В/м.

Сравнение с величиной поля в раскрыве антенны пункта связи А (см. рисунок 6) 76.2 дБ В/м позволяет определить величину ослабления поля на участке трассы А-В:

$$L_1 = -6.96 \text{ дБ В/м} - 76.20 \text{ дБ В/м} = -83.20 \text{ дБ.}$$

Таким образом, мощность на входе первой приёмной антенны-ретранслятора равна:

$$P_{p1} = 41.78 \text{ дБм} - 83.20 \text{ дБ} + 20.30 \text{ дБ} = -21.10 \text{ дБм.}$$

Полагая мощность на входе первой приёмной антенны пассивного ретранслятора равной мощности на входе второй передающей антенны, методом моментов был выпол-

нен расчёт поля в раскрыве передающей антенны. На рис. 10 показано распределение поля в горизонтальной плоскости симметрии передающей антенны-ретранслятора.

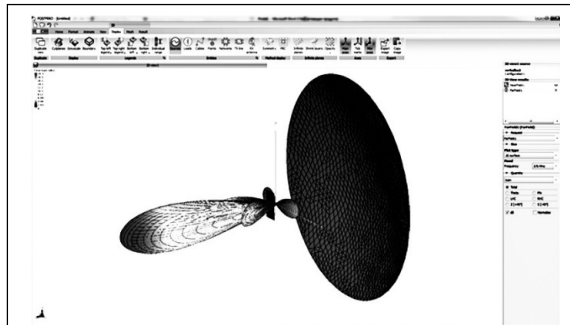


Рис. 7 Пространственная ДН антенны ретранслятора

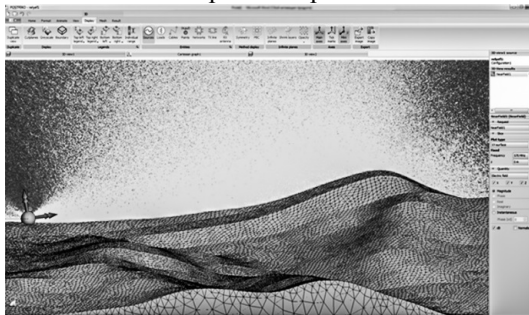


Рис. 8 Распределение поля в вертикальной плоскости на участке трассы АВ. (2 км)

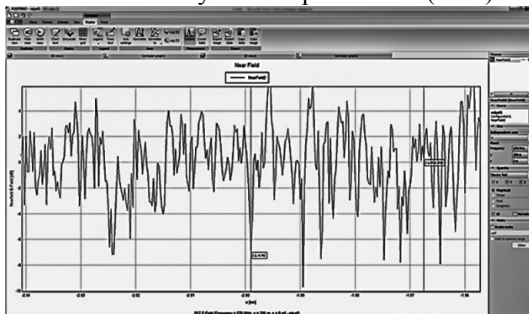


Рис. 9 Поле, формируемое антенной пункта связи А в месте установки первой (приемной) антенны пассивного ретранслятора

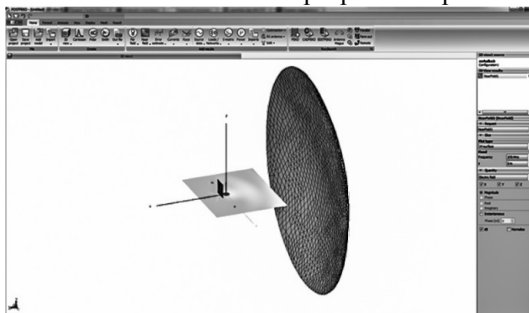


Рис. 10 Распределение поля в горизонтальной плоскости симметрии второй (передающей) антенны пассивного ретранслятора

На рис. 11 приведён график зависимости в вертикальной плоскости симметрии распределения поля в активной антенне ретрансля-

тора от величины смещения в мм относительно точки фокуса. Из рис. 11 следует, что максимальное поле в раскрыве передающей антенны ретранслятора можно положить равным -3.9 дБ В/м.

На рис. 12 приведено распределение поля в вертикальной плоскости на участке трассы В-С (4,8 км), формируемое передающей антенной ретранслятора, ориентированной встречно-соосно с антенной пункта связи С. Расчёт поля на трассе выполнен методом геометрической теории дифракции.

Из тех же соображений, что приведены при рассмотрении пролёта А-В, выбрано минимальное значение поля вблизи места установки антенны пункта связи С: -60.8 дБ В/м. Из рис. 11, 13 следует, что затухание поля на пролёте В-С равно:

$$L_2 = -60.8 \text{ дБ В/м} - 3.9 \text{ дБ В/м} = -64.7 \text{ дБ.}$$

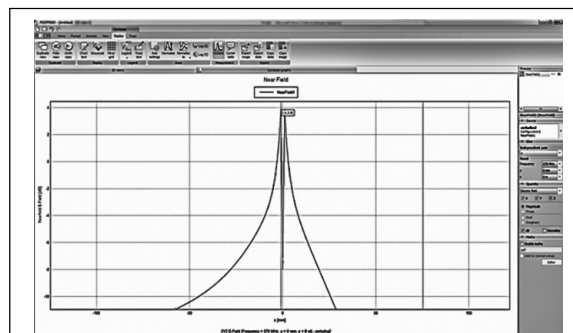


Рис. 11 Зависимость поля от величины смещения относительно фокальной точки в вертикальной плоскости симметрии второй (передающей) антенны ретранслятора

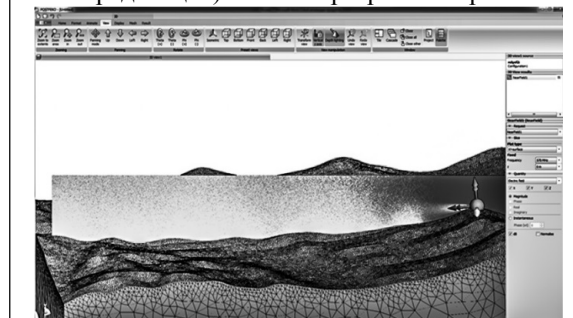


Рис. 12 Распределение поля в вертикальной плоскости на участке трассы ВС (4,8 км).

На рис. 13 показана зависимость поля от расстояния, рассчитанная в месте установки антенны пункта связи С.

Таким образом мощность на входе антенны пункта связи С в режиме приёма $P_{\text{пс}2} = -21.1 \text{ дБм} - 64.7 \text{ дБ} + 12 \text{ дБ} = -73.8 \text{ дБм}$,

что превышает чувствительность приёмника на величину

$$-73.8 \text{ дБм} - (-85 \text{ дБм}) = 11.2 \text{ дБм.}$$

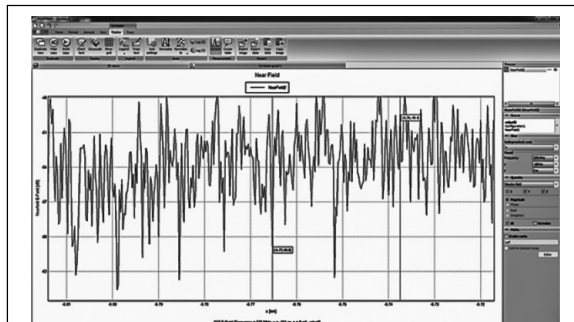


Рис. 13 Поле, формируемое антенной ретранслятора (точка В), в месте установки антенны пункта связи С

При расчётах не учитывались потери в линии передачи, соединяющей входы антенн ретранслятора. Полагая, что соединительная линия – коаксиальный кабель марки LCF78–50JL (50 Ом; $d = 27.8$ мм; потери на 100 метров на частоте 450 МГц 2.74 дБ) длиной 5

Поступила 24 мая 2017 г.

The paper is devoted to computer modeling of the energy parameters of the link between the transceivers complexes located in mountainous terrain at coordinates Biryulya (Latitude: 51.773472, Longitude: 86.053667), Middle Saydys (Latitude: 51.763750, Longitude: 86.150417).

Key words: calculation of the electromagnetic field, FEKO.

Гаврилов Валериан Михайлович – доцент, кандидат технических наук, преподаватель кафедры радиотехники и радиосистем института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: valerian.gavrilov@mail.ru.

Николашкин Дмитрий Глебович – магистрант института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: mr.nikolashkin@mail.ru.

Никитин Олег Рафаилович – профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой радиотехники и радиосистем института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: olnikitin@mail.ru.

Адрес: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, каф. РТ и РС.

метров, получим дополнительные потери в ретрансляторе 0.14 дБ.

Заключение

Выполненные расчёты позволяют сделать заключение о возможности с энергетической точки зрения надёжной связи между заданными пунктами на закрытой трассе с помощью пассивного ретранслятора, образованного двумя однозеркальными параболическими антеннами диаметром 2.35 м, входы которых соединены 5 метровым отрезком коаксиального кабеля.

Литература

1. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет излучаемых структур с помощью FEKO – М. ЗАО «НПП «Родник», 2008, 246 с.
2. Банков С.Е., Курушин А.А. Практикум проектирования СВЧ структур с помощью FEKO – М. ЗАО «НПП «Родник», 2009, 200 с.