

**Методика оценки достижимого усиления антенны земной станции без функции слежения с лучом круглого сечения, гарантируемого в направлении активных дуг высоких околоземных орбит**

Я.И. Львович

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Научно-исследовательский институт радио

Государственной программой социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года для обеспечения на её территории транспортно-коммуникационных возможностей предусмотрено широкое использование средств космической связи [1]. Поскольку в Арктической зоне геостационарные космические аппараты либо видны под малыми углами места, либо не видны вообще, для космической связи необходимо применять системы с космическими аппаратами на негеостационарных орбитах.

Для покрытия арктической зоны можно использовать высокие околоземные орбиты, на которых космические аппараты видны под большими углами места. При таких построениях космические аппараты работают поочерёдно, последовательно сменяя друг друга на активной дуге орбиты.

Небольшой угловой размер активной дуги позволяет предположить, что передача сигнала между земной станцией и космическим аппаратом возможна с использованием спутниковой антенны без функции слежения. При этом антенна должна выбираться и нацеливаться таким образом, чтобы обеспечить максимально возможный коэффициент усиления, который гарантируется в направлении активных дуг орбит.

Известно [2], что в случае применения антенны земной станции с круглым сечением главного лепестка диаграммы направленности задача обеспечения наибольшего усиления сводится к поиску оптимального конуса с вершиной в позиции земной станции с круглым поперечным сечением, в пределах раствора которого целиком содержится активная дуга орбиты.

На данный момент существует несколько методов поиска оптимального конуса: итерационный метод [2], метод Ширмана и Аби-Эззи [3] и метод сферической диаграммы Вороного [4]. Метод сферической диаграммы Вороного точен и имеет минимальную сложность среди этих методов.

В настоящей работе разработана методика оценки достижимого коэффициента усиления в случае применения антенны с круглым сечением главного лепестка диаграммы направленности, в которой для поиска оптимального конуса используется сферическая диаграмма Вороного. В рамках используемой модели, алгоритм является точным. С помощью созданной методики рассчитано, что гарантируемое в течение сеанса связи усиление антенны земной станции без

функции слежения в направлении космического аппарата на активных дугах орбит «Тундра» и «Молния» может достигать относительно больших значений за счёт надлежащего выбора антенны и её правильной ориентации. Так, например, для земной станции, находящейся в положении  $50^{\circ}$  с.ш. и  $50^{\circ}$  в.д. ширина главного лепестка по  $-3\text{дБ}$   $\theta_{3\text{дБ}}$  достигает значения  $15,2^{\circ}$  и  $5,6^{\circ}$  для орбит «Тундра» и «Молния» соответственно. А гарантируемое усиление в направлении активной дуги  $G$  16,2 дБи и 24,1 дБи соответственно. Траектории подспутниковых точек для орбит «Тундра» и «Молния» представлены на рисунке 1.

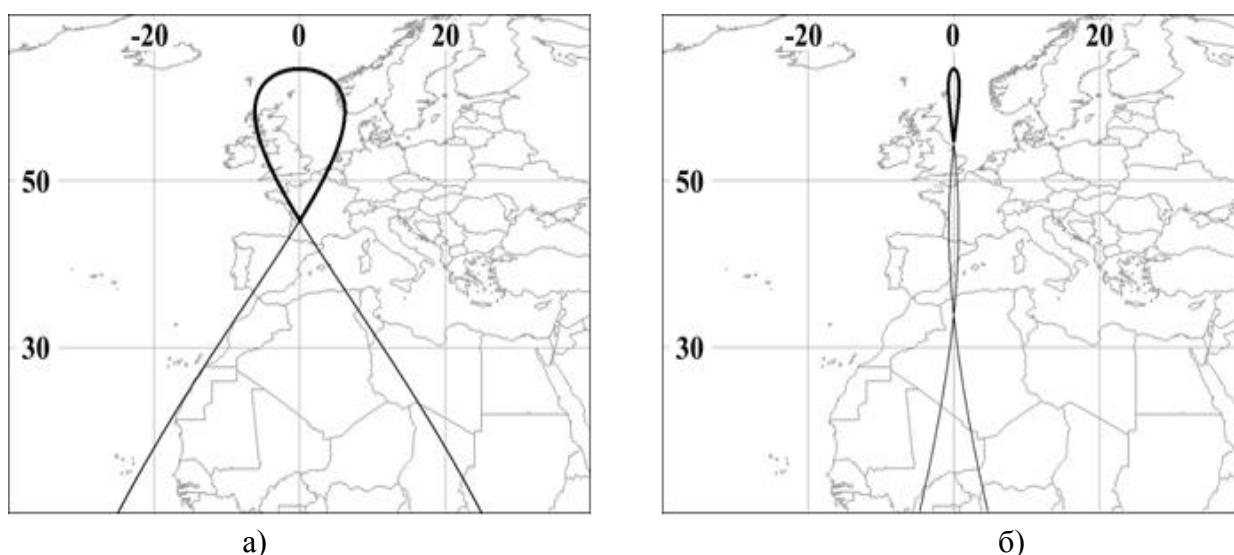


Рис. 1. Участок траектории подспутниковой точки, содержащий активную дугу орбиты «Тундра» (а) и «Молния» (б)

В работе показано, что в отличие от известной методики [2], разработанная методика является точной и неитерационной. Принципиально отличается от [2] алгоритмом поиска оптимального конуса.

Разработанная методика является практически значимой для определения возможности удешевления спутниковых систем за счёт применения простых антенн земных станций: без функции слежения и имеющих луч круглого сечения.

#### Литература

1. Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года. Государственная программа Российской Федерации. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 года №366.
2. Н.В. Андриевский, А.А. Лосев, А.Б. Слободян, Я.И. Львович. Оценка достижимого усиления антенны земной станции без функции слежения, гарантируемого в направлении активных дуг орбит «Тундра» и «Молния».
3. L.A. Shirman and S.S. Abi-Ezzi, The cone of normal technique for last processing of curved patches, Computer Graphics Forum, 12 (1993), 261-772pp.
4. Aurenhammer F. Voronoi diagrams: A survey of a fundamental geometric data structure. ACM Comput. Surveys.—1991.—Vol. 23.—P. 345—405.