

УДК 621.396.663

**А.А. Мещеряков, М.В. Крутиков, В.Ю. Куприц**

**Сравнение эффективности методов оценки пеленга устройствами со слабонаправленными антеннами в условиях пересеченной местности**

**Аннотация.** Приводятся результаты сравнения трех способов оценки направления на источник радиоизлучения амплитудным пеленгатором с малогабаритными широконаправленными антеннами трех типов (рупорных, логопериодических, спиральных) в условиях пересеченной местности.

**Ключевые слова:** амплитудный пеленгатор,малогабаритные антенны,оценка пеленга, диаграмма направленности антенны.

Mescheryakov A.A., Krutikov M.V., Kuprith V.U.

**The efficiency comparison of radio bearing estimation methods over rough terrain by using low directivity antennas**

The comparison results of three methods of estimating the arrival angle of HF radiation over rough terrain, which use a small-sized angle finder with wide pattern horn, log-periodic or spiral antenna having wide direction pattern, are discussed and compared.

**Keywords:** amplitude angle finder, small-sized antennas, arrival angle estimation, directional antennapattern.

Источником погрешностей в оценке направления на источник радиоизлучения (ИРИ) в условиях пересеченной местности является наличие радиосигналов, переотраженных эле-ментами рельефа и растительностью. Оценка направления в этих условиях становится случайной, зависящей от характера местности, и способа обработки принимаемых сигналов.

Влияние переотражателей на местности можно формально свести к появлению искажений диаграммы направленности (ДН) антенн пеленгатора. Случайное расположение переотражателей и изменение во времени их отражающих свойств определяют и случайный характер искажений ДН. Уменьшения ошибок пеленгования из-за искажений ДН можно попытаться достигнуть выбором способа пеленгования.

Ниже приводятся результаты сравнения трех способов оценки пеленга по данным эксперимента, который заключался в пеленговании источника радиоизлучения на пере-сеченных наземных трассах.

* качестве источника радиоизлучения использовалась РЛС ПСНР-1 с частотой излучения 9600 МГц. Антенна РЛС с диаграммой направленности в горизонтальной плоскости шириной 15 градусов ориентировалась на точку приема (позицию пеленгатора) и в процессе сеанса измерений оставалась неподвижной.

Для определения направления на источник использовались три независимых пеленгатора, имеющих различные антенные системы [1]. Каждая из антенных систем состоит из пары антенн определенного типа (логопериодических, спиральных, рупорных) развернутых относительно друг друга в горизонтальной плоскости для образования равносигнального направления. Антенные системы конструктивно расположены одна над другой на общей вращающейся в горизонтальной плоскости платформе с возможностью изменения ее высоты. Максимумы ДН разнесены по азимуту на угол α, составляющий для логопериодических и спиральных антенн 90°, для рупорных – 40°. Измерения ДН в отсутствие переотражений показали, что они достаточно хорошо аппроксимируются квадратичной функцией (см. пример на рис. 1). Ширина ДН по уровню –3 дБ логопериодических и спиральных антенн составила 85°, рупорных антенн – 42°.



*а* *б*

Рис. 1. Диаграммы направленности: *а* – логопериодической и *б* – спиральной антенны на частоте 9600 МГц (кривая *1*) и их аппроксимация (кривая *2*) полиномом второй степени



|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Система пеленгаторов с вычислительным оборудованием и питанием располагалась на подвижном носителе, что позволяло менять позиции приемного пункта. Измерения проводились на 4 трассах. Две из них проходили над ровным полем (открытые трассы, пп. 1 и 2 на рис. 2), две пересекались лесным массивом (закрытые трассы, пп. 3 и 4).

На рис. 2 указаны длины трасс в метрах и направления от приемного пункта на РЛС относительно севера в градусах.



На каждой позиции (трассе) производилось азимутальное сканирование приемных антенн пеленгаторов в секторе от –90 до + 90° относительно направления на ИРИ на трех высотах антенных систем относи-тельно земли. Истинный пеленг на ИРИ устанавливался по точным координатам установки РЛС и пеленгаторов.

Рис. 2. Схема проведения

эксперимента

Сигнал РЛС принимался одновременно антеннами всех пеленгаторов, поступал на со-

ответствующие входы многоканального приемника, оцифровывался и поступал в ЭВМ

для дальнейшей обработки по каждому каналу.

Примеры полученных в ходе эксперимента ДН на различных трассах при высоте ан-

тенных систем 1,3 м над землей представлены на рис. 3–6.



*а* *б* *в*

Рис. 3. Диаграммы направленности: *а* – логопериодических; *б* – рупорных и *в* –спиральных антенн пеленгатора,расположенного в первой точке приема



*а* *б* *в*

Рис. 4. Диаграммы направленности: *а* – логопериодических; *б* – рупорных и *в* – спиральных антенн пеленгатора, расположенного во второй точке приема

Из рис. 3–6 видно, что несмотря на то, что в условиях эксперимента расстояния ме-жду передающим и приемными пунктами были не велики, ДН слабонаправленных ан-тенн существенно искажены переотражениями, так что задача отыскания рационального способа пеленгования в этих условиях является актуальной.





*а* *б* *в*

Рис. 5. Диаграммы направленности: *а* – логопериодических; *б* – рупорных и *в* – спиральных антенн пеленгатора, расположенного в третьей точке приема



*а* *б* *в*

Рис. 6. Диаграммы направленности: *а* – логопериодических, *б* – рупорных и *в* – спиральных антенн пеленгатора, расположенного в четвертой точке приема

Оценка направления на источник выполнялась тремя методами.

А) За оценку пеленга принималось направление, соответствующее точке пересечения полученных при разовом сканировании искаженных ДН антенн пеленгатора после нормирования к их максимуму.

Б) Искаженные ДН сглаживались аппроксимирующим полиномом шестой степе-ни. Пример такой аппроксимации показан на рис. 7, где кривая *1* соответствует искаженным ДН, кривая *2* – аппроксимирующим полиномам. За оценку пеленга принима-лось направление, соответствующее точке пересечения полученных кривых.

1. По измеренным ДН антенн строилась зависимость

*f* (α) = *U*1 ( α) − *U*2(α) .



*U*1(α)+*U*2(α)

Аналогичная кривая рассчитывалась для пеленгационных диаграмм и совмещалась корреляционным методом с экспериментальной кривой в ее линейной части.



За оценку пеленга принималось направ-ление, соответствующее угловому положению равносигнальной точки неискаженных ДН антенн пеленгатора.

Рис. 7. Пример аппроксимации эксперименталь-ных ДН логопериодических антенн полиномом шестой степени

На рис. 8 приведены примеры, иллюстрирующие алгоритм оценки пеленга источника с использованием корреляционной обработки.

Результаты расчета погрешности пеленга тремя описанными выше способами приведены в табл. 1. Значения погрешности получены путем усреднения по трем измерениям, выполненным в пределах 5 мин.

Анализ представленных результатов проведенных измерений приводит к следующим выводам:

* 1. Оценка пеленга при использовании различных типов антенн (логопериодических, рупорных, спиральных) оказывается примерно одинаковой.
	2. Точность оценки пеленга существенно зависит от высоты расположения пеленгаторных антенн над земной поверхностью. В условиях эксперимента наилучшие результаты получились при высоте 1,3 м.
	3. Среди исследованных методов пеленгования наихудшим оказался метод Б (сгла-живание искаженных ДН аппроксимирующим полиномом шестой степени), методы А и
* не имеют существенного различия.
	1. Достигнутая точность оценки пеленга амплитудным пеленгатором с различными (используемыми в эксперименте) типами антенн в условиях пересеченной местности лежит в пределах 6–7 градусов.
	2. По результатам измерений наименьшие искажения ДН из-за условий распростра-

нения были выявлены у рупорных антенн, которые обладают более высокой направленностью из всех используемых в экспериментах.

*Литература*

1. Экспериментальная оценка точности пеленгаторов с малогабаритными антеннами, находящимися у поверхности земли/ А.А. Мещеряков, В.Ю. Куприц, А.С. Аникин, П.И. Кудряшов // Сб. докл. XV Междунар. науч.-техн. конф. «Радиолокация, навига-

ция, связь». – Воронеж: НФП «САКВОЕЕ», 2009. – Т. 3. С. 1658–1665.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Мещеряков Александр Алексеевич**

Канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник НИИ радиотехнических систем ТУСУРа Тел.: (382-2) 41-34-55

Эл. почта: rwplab@ms.tusur.ru

**Крутиков Михаил Владимирович**

Зав. лаб. распространения радиоволн НИИ радиотехнических систем ТУСУРа Тел.: (382-2) 41-39-69

Эл. почта: rwplab@ms.tusur.ru

**Куприц Владимир Юрьевич**

Мл. науч. сотрудник НИИ радиотехнических систем ТУСУР Тел.: (382-2) 41-38-89

Эл. почта: tomskvlad@mail.ru

