

Экспериментальная оценка эффективности местоопределения и идентификации источников радиоизлучения диапазона коротких волн

С.Н. Разиньков, Е.А. Решетняк

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
394064, Российская Федерация, г. Воронеж
ул. Старых Большевиков, 54а

Проведены экспериментальные исследования эффективности местоопределения и идентификации источников радиоизлучения с фиксированными значениями и псевдослучайной перестройкой рабочих частот в угломерных и угломерно-дальномерных системах диапазона коротких волн. Выявлены закономерности изменения среднеквадратических ошибок оценок координат объектов в различное время года и суток, а также повышения вероятности их правильной идентификации при фиксированной вероятности ложной тревоги за счет уменьшения секторов углов обзора и диапазона рабочих частот пеленгаторов.

Ключевые слова: угломерный и угломерно-дальномерный методы оценки координат источника радиоизлучения, вероятность правильной идентификации объектов.

Поиск путей повышения эффективности радиомониторинга включает в себя совершенствование технологий определения местоположения и идентификации источников радиоизлучения (ИРИ). С использованием координатной информации, инвариантной к контрастности демаскирующих признаков в различные моменты времени, проводится анализ динамических состояний объектов при смене режимов работы и применении мер маскировки и снижения заметности [1]. По результатам идентификации излучателей на основе сравнения параметров классификации [2] с номинальными значениями из банка эталонных описаний устанавливается их принадлежность информационно-коммуникационным системам, что обеспечивает комплексный анализ обстановки [1; 2].

В диапазоне коротких волн (КВ), где структура и характеристики сигналов, распространяющихся в радиоканалах, могут существенным образом изменяться за счет рефракции в ионизированных слоях атмосферы, а также интерференции поверхностных и пространственных волн [3–5], местоопределение ИРИ выполняется угломерным и угломерно-дальномерным методами [6].

Первый из указанных методов базируется на фиксации направлений прихода сигналов в про-

странственно разнесенных позициях и нахождении местоположения ИРИ по координатам точек пересечения пеленгов [7]; реализация второго метода включает в себя однопунктное пеленгование, построение с использованием данных о высоте ионизированных слоев атмосферы лучевых траекторий сигналов и определение дальности до излучателей [8].

В предлагаемой работе по результатам испытаний двухпозиционной системы азимутально-угломестных пеленгаторов [8] в период с июня по декабрь 2015 года исследованы среднеквадратические ошибки (СКО) угломерной оценки координат:

- радиостанций метеоинформации аэродромных сетей Российской Федерации и ближнего зарубежья;
- радиостанций стандартных частот и времени;
- передатчиков телекодовых (ТЛК) сообщений и непрерывных сигналов с амплитудной модуляцией (АМ) на фиксированных частотах (ФЧ) и с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ).

С применением одиночного пеленгаторного поста и станции вертикального зондирования ионосферы в тождественных условиях найдены погрешности местоопределения этих объектов угломерно-дальномерным методом.

Получены оценки вероятности правильной идентификации ИРИ и вероятности ложной тревоги в угломерных и угломерно-дальномерных системах.

Цель работы – анализ эффективности местоопределения и идентификации ИРИ КВ-диапазона.

В пеленгаторных постах использовались активные антенные решетки из 16 вибраторов высотой 2,5 м, расположенные на площади размером 200 × 200 м, и синхронизированные когерентные радиоприемные устройства с преобразованием частоты. За счет предварительной калибровки антенно-фидерного тракта при настройке на частоту пеленгуемого сигнала фазовая неидентичность каналов приемника не превышала 3°, амплитудная неидентичность – 2% [8].

В летний период пеленгаторы развертывались в Центральном и Северо-Западном федеральных округах на удалении 1000 км; в осенне-зимний период измерения проводились при размещении пеленгаторных постов в Центральном и Южном федеральных округах с базой 500 км. Геометрические факторы угломерных систем, выбираемые из условия достижения наименьшей СКО оценок координат излучателей [7], характеризовались максимальным значением угла прихода сигналов в азимутальной плоскости 30° и удалением их источников от центра базы пеленгования от 200 км до 6500 км. При однопунктном местоопределении расстояние между пеленгаторным постом и ИРИ изменялось в пределах от 450 км до 6600 км.

Длительность пеленгуемых ТЛК сообщений не превышала 2 минут, время передачи непре-

рывных АМ сигналов на ФЧ – 1 часа. Скорость ППРЧ сигналов в диапазоне частот 1500...18000 кГц принимала значения, установленные требованиями по обеспечению помехозащищенности сетей международной, государственной и ведомственной стационарной и подвижной радиосвязи [3; 9], а в диапазоне частот 18000–30000 кГц определялась техническими характеристиками средств магистральной и зоновой связи [3]. Выходная мощность радиостанций изменялась в пределах от 1 до 50 кВт. Измерения проводились в режиме доплеровского разделения лучей [8], из обработки исключались результаты, полученные в периоды естественных возмущений ионосферы [3; 4]. Координаты объекта оценивались по максимальному значению плотности распределения при отношении сигнал-шум на входах пеленгаторов не менее 18 дБ в серии из 10 измерений на каждой частоте. Погрешность оценки местоположения ИРИ вычислялась как математическое ожидание квадрата отклонения результатов измерений от полученной оценки координат в степени 0,5 [10].

В таблице 1 приведены СКО местоопределения радиостанций метеоинформации аэродромных сетей угломерным методом в летний период. Селекция сигналов на совпадающих частотах осуществлялась в соответствии с временным регламентом работы радиостанций [6; 10].

Из анализа результатов следует, что точность выполняемых измерений существенно зависит от частоты обрабатываемых сигналов и геометрического фактора [7] угломерной си-

Таблица 1

Точность местоопределения радиостанций метеоинформации аэродромных сетей угломерным методом в летний период

Местоположение ИРИ	Удаление ИРИ от центра базы угломерной системы, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Таллинн	700	4645	4,7
Ростов-на-Дону	1000	6617 8939	6,3 7,6
Самара	1000	6693 8888	4,8 2,8
Сыктывкар	1100	8888	5,6
Екатеринбург	1600	8888	7,9
Тюмень	1800	8888	14,3
Новосибирск	2900	6693 8888	17,2 12,7
Ташкент	3000	8819	10,5

стемы. Погрешность оценки местоположения радиостанции, развернутой в районе г. Самары, на частоте 6693 кГц более чем в 1,7 раза превышает значение, достижимое на частоте 8888 кГц. Показатели точности определения координат радиостанции вблизи г. Новосибирска на указанных частотах различаются в 1,35 раза. При различии удалений от центра базы угломерной системы до 12,5 % СКО местоопределения ИРИ в районе г. Тюмени на частоте 8888 кГц превосходит значение, полученное для радиостанции, размещенной вблизи г. Екатеринбург, в 4,9 раза вследствие смещения направления прихода сигнала в азимутальной плоскости к максимально допустимому значению [10]. При поступлении сигналов под близкими по значениям углами, не превышающими 30°, СКО местоопределения объектов возрастает пропорционально отношению дальности до них во второй степени к базе угломерной системы.

Установлено, что СКО оценки координат радиостанции вблизи г. Новосибирска при работе в дневное время на частоте 11318 кГц не превышает 9,4 % от дальности. Погрешность местоопределения радиостанции, размещенной в

районе г. Ташкента, в дневное время на частоте 11279 кГц составляет 22,4 % от дальности, а в ночное время на частоте 3407 кГц – 18,7 % от дальности. Согласно таблице 1, эти показатели превосходят СКО местоопределения радиостанций на частоте 8819 кГц в 2,13 и 1,78 раза соответственно.

В таблице 2 приведены СКО оценок координат радиостанций метеоинформации аэродромных сетей в летний период угломерно-дальномерным методом.

Согласно таблице 2, точность оценки координат объектов составляет (8,5–21,6) % от дальности. Значительная СКО местоопределения ИРИ в районе г. Новосибирска обусловлена погрешностями построения лучевых траекторий сигналов вследствие флуктуаций плотности электронов [5] и пространственного распределения ионизированных слоев атмосферы. Как показано в [8], на трассах протяженностью около 1000 км вариации направлений прихода сигналов по углу места при 3 отражениях от ионосферы достигают 15...20°, а в плоскости азимута – до 4...5°.

В таблице 3 приведены погрешности угломерного местоопределения радиостанций стандарт-

Таблица 2

Точность местоопределения радиостанций метеоинформации аэродромных сетей угломерно-дальномерным методом в летний период

Местоположение ИРИ	Удаление ИРИ от пеленгаторного поста, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Таллинн	1300	4645	9,5
Ростов-на-Дону	500	6617 8939	10,2 8,5
Самара	800	6693 8888	7,6 8,9
Сыктывкар	1300	8888	11,9
Екатеринбург	1500	8888	12,3
Тюмень	1800	8888	16,5
Новосибирск	2900	6693 8888	21,6 13,7
Ташкент	2500	8819	15,7

Таблица 3

Точность местоопределения радиостанций стандартных частот и времени угломерным методом в летний период (день/ночь)

Местоположение ИРИ	Удаление ИРИ от центра базы угломерной системы, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Москва	200	<u>14996</u> 4996	<u>51,7</u> 65,0

ных частот и времени в различное время суток летнего периода.

Существенные СКО местоопределения обусловлены незначительным удалением ИРИ, при котором углы прихода сигналов к пеленгаторам малы, и геометрический фактор угломерной системы, обратно пропорциональный их значениям [7], даже в направлении нормали к базе пеленгования достаточно велик.

При выбранных позициях пеленгаторных постов достоверная оценка координат радиостанций стандартных частот и времени, размещенных в районах гг. Иркутск, Новосибирск, Таллинн, затруднена ввиду нестабильности их работы и уровней сигналов, превышающих спектральную плотность мощности шумов приемных каналов пеленгаторов менее чем на 18 дБ [6].

В таблице 4 приведены СКО оценки координат радиостанций стандартных частот и времени угломерно-дальномерным методом в дневное и ночное время летнего периода.

Полученные результаты подтверждают выводы [8] о снижении погрешности определения позиций ИРИ по мере повышения частоты принимаемых сигналов. Из сопоставления данных таблицы 4 и [8] следует, что СКО местоопределения излучателей КВ-диапазона в летний период возрастают относительно показателей, достижимых для тех же трасс в осенне-зимний период, на 12...25 %. Данное явление обусловлено рефракцией сигналов на спорадическом Es-слое ионосферы, прогноз характеристик которого является кратковременным и, как правило, имеет низкую точность [4].

В таблицах 5 и 6 приведены СКО угломерной системы при оценке координат передатчиков ТЛК сообщений и непрерывных АМ сигналов на ФЧ и с ППРЧ в летний и осенне-зимний периоды соответственно. Проверка в столбце с СКО оценок координат соответствует результатам местоопределения ИРИ с аномальными ошибками за счет обработки сигналов на фоне пространствен-

Таблица 4

Точность местоопределения радиостанций стандартных частот и времени угломерно-дальномерным методом в летний период (день/ночь)

Местоположение ИРИ	Удаление ИРИ от пеленгаторного поста, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Москва	500	14996	11,5
		4996	15,9

Таблица 5

Точность местоопределения передатчиков ТЛК сообщений и непрерывных АМ сигналов на ФЧ и с ППРЧ угломерным методом в летний период

Местоположение ИРИ (вид сигнала)	Удаление ИРИ от центра базы угломерной системы, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	Время работы ИРИ (мск)	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Калининградская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	1000	1500–4500	20.00–03.00	24,5
		4500–18000	10.00–03.00	2,9
		18000–30000	10.00–19.00	2,4
Свердловская область (АМ на ФЧ)	1500	1500–4500	20.00–03.00	37,2
		4500–18000	10.00–19.00	3,3
		18000–30000	11.00–20.00	2,2
Новосибирская область (ППРЧ)	3000	1500–4500	21.00–23.00	14,5
		4500–18000	21.00–23.00	5,3
		18000–30000	10.00–12.00	4,6
Республика Бурятия (ТЛК, АМ на ФЧ)	4700	1500–4500	20.00–03.00	14,2
		4500–18000	10.00–03.00	5,2
		18000–30000	10.00–19.00	4,6
Хабаровский край (ТЛК, АМ на ФЧ)	6500	1500–4500		*
		4500–18000	10.00–19.00	6,7
		18000–30000		–

Таблица 6

Точность местоопределения передатчиков ТЛК и непрерывных АМ сигналов на ФЧ и с ППРЧ угломерным методом в осенне-зимний период

Местоположение ИРИ	Удаление ИРИ от центра базы угломерной системы, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	Время работы ИРИ (мск)	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Саратовская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	500	1500–4500	20.00–03.00	12,7
		4500–18000	10.00–03.00	5,5
		18000–30000	10.00–19.00	4,2
Пензенская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	600	1500–4500	10.00–03.00	–
		4500–18000		2,8
		18000–30000		*
Самарская область (ТЛК, АМ на ФЧ, ППРЧ)	800	1500–4500	10.00–19.00	–
		4500–18000		3,8
		18000–30000		*
Оренбургская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	1400	1500–4500	10.00–19.00	*
		4500–18000		4,3
		18000–30000		*
Свердловская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	1700	1500–4500	10.00–03.00	*
		4500–18000		7,5
		18000–30000		*

Таблица 7

Точность местоопределения передатчиков ТЛК и непрерывных АМ сигналов на ФЧ и с ППРЧ угломерно-дальномерным методом в летний период

Местоположение ИРИ (вид сигнала)	Удаление ИРИ от пеленгаторного поста, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	Время работы ИРИ (мск)	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Калининградская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	1300	1500–4500	20.00–03.00	34,5
		4500–18000	10.00–03.00	11,4
		18000–30000	10.00–19.00	8,1
Свердловская область (АМ на ФЧ)	1500	1500–4500	20.00–03.00	53,2
		4500–18000	10.00–19.00	12,6
		18000–30000	11.00–20.00	9,9
Новосибирская область (ППРЧ)	3000	1500–4500	21.00–23.00	22,9
		4500–18000	21.00–23.00	13,7
		18000–30000	10.00–12.00	12,4
Республика Бурятия (ТЛК, АМ на ФЧ)	4600	1500–4500	20.00–03.00	37,3
		4500–18000	10.00–03.00	14,9
		18000–30000	10.00–19.00	17,6
Хабаровский край (ТЛК, АМ на ФЧ)	6600	1500–4500	10.00–19.00	*
		4500–18000		15,9
		18000–30000		*

но-коррелированных помех. Символ * означает, что условия распространения сигналов в поддиапазоне частот [3–5] не позволяют осуществлять их прием в точках размещения пеленгаторов в соответствующий период времени.

Анализ таблиц 5 и 6 показывает, что в ночные часы СКО местоопределения объектов возрастают. Данный факт может быть обусловлен уси-

лением интерференционных эффектов сигналов при суточных изменениях электрофизических параметров подстилающей поверхности на трассах распространения и флуктуаций электрической неоднородности ионизированных слоев атмосферы [6; 10].

Вследствие малых действующих высот пеленгаторных антенн диапазоне частот 1500–4500 кГц

Таблица 8

Точность местоопределения передатчиков ТЛК и непрерывных АМ сигналов на ФЧ и с ППРЧ угломерно-дальномерным методом в осенне-зимний период

Местоположение ИРИ (вид сигнала)	Удаление ИРИ от пеленгаторного поста, км	Частота излучаемого сигнала, кГц	Время работы ИРИ (мск)	СКО местоопределения ИРИ (% от дальности)
Саратовская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	500	1500–4500	20.00–03.00	16,2
		4500–18000	10.00–03.00	11,4
		18000–30000	10.00–19.00	10,5
Пензенская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	450	1500–4500	10.00–03.00	–
		4500–18000		15,8
		18000–30000		*
Самарская область (ТЛК, АМ на ФЧ, ППРЧ)	750	1500–4500	10.00–19.00	–
		4500–18000		11,3
		18000–30000		*
Оренбургская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	1200	1500–4500	10.00–19.00	*
		4500–18000		9,7
		18000–30000		*
Свердловская область (ТЛК, АМ на ФЧ)	1500	1500–4500	10.00–03.00	*
		4500–18000		9,5
		18000–30000		*

и низкой чувствительности приемников, обусловленной мерами защиты от промышленных помех и атмосферных радиопомех [3; 8], местоопределение ИРИ в системе с базой 1000 км на дальности 1000–1500 км выполняется с СКО, превышающей погрешность, характерную для диапазона частот 18000–30000 кГц, в 10,2–16,2 раза, а на дальности 3000–4700 км – в 3,1 раза.

В угломерной системе с базой 500 км СКО оценки координат радиопередатчиков на расстоянии до 500 км в поддиапазонах частот 1500–4500 кГц и 4500–18000 кГц различаются в 2,3 раза; в поддиапазоне частот 18000–30000 кГц погрешность местоопределения ИРИ возрастает в 1,55 раза относительно показателей, полученных в средней части КВ-диапазона.

В таблице 7 приведены СКО оценки координат передатчиков ТЛК и непрерывных сообщений угломерно-дальномерным методом в летний период, а в таблице 8 – в осенне-зимний период.

Установлено, что погрешность местоопределения объектов в поддиапазоне частот 1500–4500 кГц с летний период лежит в пределах (22,9–53,2) % от дальности, а в осенне-зимний период снижается до 16,2 %. Минимальная нормированная СКО оценки координат ИРИ в поддиапазоне частот 4500–18000 кГц на удалении 6600 км составляет 5,7 % от дальности. Наибольшая для летнего периода погрешность определения местоположения излучателей в поддиапазоне ча-

стот 18000–30000 кГц (17,6 % от дальности) в осенне-зимний период снижается в 1,68 раз.

Из таблиц 2, 4, 7 и 8 следует, что усредненная по частоте, времени проведения измерений, дальности и направлению трассы СКО местоопределения КВ ИРИ составляет (11–13) %.

Идентификация объектов выполнялась по результатам обработки сигналов с амплитудой, превышающей уровни шумов приемников не менее чем на 14 дБ, длительностью более 2 минут в серии из 10 реализаций.

В таблице 9 представлены оценки вероятности правильной идентификации ИРИ, полученные при исследовании угломерной и угломерно-дальномерной систем с круговыми секторами пеленгования в плоскости азимута и диапазонами частот 1500–30000 кГц в летний и осенне-зимний периоды, при вероятности ложной тревоги не более 0,03. В числителе приведены результаты для передатчиков АМ сигналов на ФЧ, в знаменателе – для источников сигналов с ППРЧ. В таблице 10 содержатся аналогичные показатели, найденные для систем, в которых ширина секторов углов пеленгования составляет 30°, а диапазон рабочих частот сокращен в 2,2 раза.

Из таблиц 9 и 10 следует, что в угломерной системе достигаются более высокие значения вероятности правильной идентификации ИРИ по сравнению с угломерно-дальномерной системой за счет приема сигналов в пространственно раз-

Таблица 9

Оценки вероятности правильной идентификации ИРИ в системах местоопределения с секторами углов пеленгования 360° и диапазонами частот 1500–30000 кГц

Тип системы местоопределения	Вероятность правильной идентификации ИРИ	
	Летний период	Осенне-зимний период
Угломерная	<u>0,61...0,64</u> 0,54...0,57	<u>0,80...0,82</u> 0,55...0,58
Угломерно-дальномерная	<u>0,53...0,55</u> 0,43...0,45	<u>0,62...0,65</u> 0,47...0,49

Таблица 10

Оценки вероятности правильной идентификации ИРИ в системах местоопределения с секторами углов пеленгования 30° при уменьшении диапазона частот в 2,2 раза

Тип системы местоопределения	Вероятность правильной идентификации ИРИ	
	Летний период	Осенне-зимний период
Угломерная	<u>0,88...0,90</u> 0,74...0,78	<u>0,88...0,92</u> 0,82...0,85
Угломерно-дальномерная	<u>0,60...0,63</u> 0,54...0,58	<u>0,78...0,81</u> 0,60...0,63

несенных точках, что позволяет парировать их пропуски на одном из пеленгаторных постов. Вследствие однопозиционного размещения аппаратуры радиомониторинга угломерно-дальномерной системы эффективность идентификации объектов зависит от их электромагнитной доступности, определяемой характеристиками трассы распространения, сезонными и суточными флюктуациями электрофизических параметров радиоканалов [3–5]. Прирост показателей эффективности идентификации объектов в осенне-зимний период обусловлен улучшением условий их обнаружения за счет снижения уровня промышленных помех [3], а также более высокой стабильности концентрации электронов в ионизированных слоях атмосферы по сравнению с летним периодом [5].

В угломерной системе с круговым сектором углов приема излучений при просмотре диапазона частот 1500...30000 кГц правильная идентификация ИРИ выполняется с вероятностью 0,54...0,82. За счет уменьшения сектора обзора до 30° и анализируемого диапазона частот в 2,2 раза этот показатель возрастает до 0,74...0,92 при неизменной вероятности ложной тревоги.

В угломерно-дальномерной системе с круговым сектором углов пеленгования источники АМ сигналов на ФЧ правильно идентифицируются с вероятностью 0,53...0,65, вероятность правильной идентификации передатчиков с ППРЧ составляет 0,43...0,49. При сокращении сектора углов до 30°, а диапазона рабочих частот пелен-

гатора в 2,2 раза указанные значения возрастают до 0,60...0,81 и 0,54...0,63 соответственно.

Таким образом, по результатам испытаний двухпозиционной системы азимутально-угломерной оценки координат передатчиков сигналов КВ-диапазона; с применением одиночного пеленгаторного поста и станции вертикального зондирования ионосферы найдены показатели точности местоопределения этих объектов угломерно-дальномерным методом. Выявлены зависимости погрешностей выполняемых измерений от частоты, протяженности и направления трассы распространения сигналов в различное время года и суток.

Установлено, что в нижней части диапазона точность местоопределения ИРИ угломерной системой составляет единицы процентов от дальности (минимальное значение 4,7 %); по мере роста частоты этот показатель увеличивается не менее чем в 1,2 раза. Оценка координат ИРИ угломерно-дальномерным методом может быть выполнена с СКО (11–13) % от дальности.

Возможности повышения ее точности ограничены погрешностями прогноза лучевых траекторий [4] и аномальными ошибками измерений направлений прихода сигналов [6; 9] при флюктуациях электрофизических параметров и пространственного распределения ионосферы.

Получены оценки вероятности правильной идентификации ИРИ и вероятности ложной тре-

воги в угломерных и угломерно-дальномерных системах. Проведен анализ закономерностей их изменения по мере сокращения секторов углов и диапазонов рабочих частот пеленгаторов. Показано, что идентификация объектов более эффективно выполняется в угломерных системах, вследствие сокращения числа пропусков обрабатываемых сигналов за счет приема в разнесенных точках пространства по сравнению с вариантом однопозиционного приема.

Список литературы

1. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. М.: Радиотехника, 2004. 432 с.
2. Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок. М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008. 536 с.
3. Головин О.В., Простов С.П. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / под ред. О.В. Головина. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 598 с.
4. Использование радиодиагностики ионосферы в задаче пеленгации источников декаметрового излучения / П.Ф. Денисенко [и др.] // Электромагнитные волны и электронные системы. 2006. Т. 11. № 5. С. 24–27.
5. Агарышев А.И. Прогнозирование характеристик дальнего распространения радиоволн в неоднородной ионосфере: дисс. ... д-ра физ.-мат. наук (01.04.01). Иркутск: Иркутский госуниверситет, 2000. 357 с.
6. Разиньков С.Н., Решетняк Е.А. Экспериментальная оценка точности местоопределения источников излучения диапазона высоких частот угломерным и угломерно-дальномерным методами // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2017. Т. 20. № 1. С. 19–25.
7. Кондратьев В.С., Котов А.В., Марков Л.Н. Многопозиционные радиотехнические системы / под ред. В.В. Цветнова. М.: Радио и связь, 1986. 264 с.
8. Ветроградов Г.Г., Чайка Е.Г. Оценка точности однопозиционного местоопределения на среднеширотных трассах при различных способах задания состояния ионосферы // Сборник трудов XXII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета, 2016. Т. 2. С. 734–745.
9. Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. Помехозащитность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. СПб.: Свое издательство, 2013. 166 с.
10. Разиньков С.Н., Решетняк Е.А. Экспериментальная оценка эксплуатационной точности триангуляционной системы местоопределения источников излучения КВ-диапазона // Антенны. 2016. № 5 (229). С. 50–54.

The experimental assessment of quality of measurement of coordinates and identifications of sources of radio-frequency radiation of high frequencies range

S.N. Razinrkov, Ye.A. Reshetnyak

The pilot studies of quality of measurement of coordinates and identifications of sources of radio-frequency radiation with the fixed values and pseudorandom reorganization of operating frequencies in the goniometric and goniometric and range-metering systems of high frequencies range are conducted. Regularities of change of mean squared errors of estimates of coordinates of objects in different season and days and also increase in probability of their correct identification are revealed in case of the fixed probability of false alarm due to reduction of sectors of viewing angles and the range of operating frequencies of direction finders.

Keywords: goniometric and goniometric and range-metering valuation methods of coordinates of a source of radio-frequency radiation, probability of the correct identification of objects.
