

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SM.2140-0
(08/2021)

**Оценка рабочих характеристик
мобильных радиопеленгаторов
в эксплуатационных условиях**

Серия SM
Управление использованием спектра



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2022 г.

© ITU 2022

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.2140-0

**Оценка рабочих характеристик мобильных радиопеленгаторов
в эксплуатационных условиях**

(2021)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлено руководство по стандартным методам оценки общих рабочих характеристик мобильных радиопеленгаторов в реальных условиях эксплуатации, предпочтительно в типичных условиях, в которых систему будет эксплуатировать приобретающая ее администрация. Эта оценка может являться частью оценочных испытаний в рамках тендера или служить в качестве приемо-сдаточных испытаний для служб контроля после приобретения.

Ключевые слова

Оценка рабочих характеристик радиопеленгаторов (РП), проводимое на месте измерение, реальная обстановка, мобильное/переносное оборудование, самонаведение, пеленг

Сокращения/аббревиатуры

CDF	Cumulative distribution function		Кумулятивная функция распределения
CW	Continuous wave or continuous waveform		Непрерывная волна или непрерывный сигнал
DF	Direction finder	РП	Радиопеленгатор
GNSS	Global navigation satellite system	ГНСС	Глобальная навигационная спутниковая система
LoB	Line of bearing		Линия пеленга
LoS	Line of sight		Линия прямой видимости
OATS	Open-air test site	ОМПИ	Открытое место проведения испытаний
PDF	Probability density function		Функция плотности вероятности
RF	Radio frequency	РЧ	Радиочастота
RMS	Root mean square		Среднеквадратичное значение
SNR	Signal to noise ratio		Отношение сигнал/шум
Tx	Transmitter		Передатчик

Соответствующие Рекомендации, Отчеты и Справочник МСЭ-R

Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (издание 2011 года)

Рекомендация МСЭ-R SM.854

Рекомендация МСЭ-R SM.1723

Рекомендация МСЭ-R SM.2060

Рекомендация МСЭ-R SM.2061

Рекомендация МСЭ-R SM.2096

Рекомендация МСЭ-R SM.2097

Отчет МСЭ-R SM.2125

Отчет МСЭ-R SM.2354

ПРИМЕЧАНИЕ. – Во всех случаях следует использовать последнее действующее издание Рекомендации/Отчета.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что в целях получения точного измерения рабочих характеристик системы радиопеленгации испытания должны осуществляться в реальных условиях эксплуатации, аналогичных тем, в которых система в действительности будет использоваться, и такие измерения служат для определения "инструментальной точности" системы¹;
- b) что точность радиопеленгатора (РП) может быть проверена в реальных условиях, на открытом месте проведения испытаний (ОМПИ) или в лабораторных условиях²;
- c) что в других документах МСЭ измерение общих рабочих характеристик мобильных РП в реальных условиях подробно не рассматривается;
- d) что мобильные РП-системы находят все более широкое применение;
- e) что производители используют разные радиопеленгаторные антенны и методы радиопеленгации, что приводит к разным уровням рабочих характеристик в разных условиях эксплуатации³;
- f) что в городских условиях анализ пеленга проводится вероятностными методами из-за влияния многолучевого распространения и других местных эффектов. Статистическая обработка непрерывно получаемых пеленгов на подвижных станциях контроля упрощает локализацию источников радиоизлучения с помощью процедуры самонаведения⁴;
- g) что рабочие характеристики в спецификациях оборудования РП, как правило, соответствуют работе в идеальных условиях испытаний и не учитывают влияния препятствий, отражений и РЧ-помех на месте установки оборудования⁵;
- h) что процедуры испытаний мобильных РП-систем в идеальных условиях (ОМПИ) должны быть аналогичны процедурам для стационарных РП-систем,

рекомендует,

- 1 чтобы процедуры испытаний, описанные в Отчете МСЭ-R SM.2125, могли использоваться для оценки точности радиопеленгации РП-системы в реалистичной радиочастотной среде;
- 2 чтобы процедуры испытаний, определенные в Рекомендации МСЭ-R SM.2096, могли использоваться для проверки и регистрации чувствительности мобильных РП-систем;
- 3 чтобы процедуры испытаний, определенные в Рекомендации МСЭ-R SM.2061, могли использоваться для проверки и регистрации устойчивости мобильной системы к воздействию среды с многолучевым распространением;
- 4 чтобы процедуры испытаний, указанные в Приложении 1, могли использоваться для проверки рабочих характеристик мобильных РП-систем в реальных условиях эксплуатации и регистрации результатов для улучшения администрирования пользователей, а также могли служить частью оценочных испытаний в рамках тендера или в качестве приемо-сдаточных испытаний для служб контроля после приобретения.

¹ Отчет МСЭ-R SM.2125.

² Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (см. пункт 4.7.2.1.1).

³ Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (см. пункт 4.7.2.2).

⁴ Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (см. пункты 3.6.2.2.5 и 3.6.2.2.6).

⁵ Рекомендация МСЭ-R SM.2097.

Приложение 1

Процедуры испытаний для оценки рабочих характеристик мобильных радиопеленгаторов в эксплуатационных условиях

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1 Введение.....	3
2 Общие положения.....	4
2.1 Подготовка к измерениям.....	6
3 Процедуры испытаний.....	7
3.1 Оценка работы в режиме самонаведения (рекомендуемый метод).....	7
3.1.1 Общие положения.....	7
3.1.2 Самонаведение при движении по заданному маршруту.....	7
3.1.3 Самонаведение в реальных условиях – локализация цели.....	10
3.2 Оценка работы в дистанционном режиме (альтернативный метод).....	16
3.2.1 Подготовка к измерениям.....	16
3.2.2 Процедура измерения.....	17
3.2.3 Анализ результатов испытаний.....	18
4 Отчет о результатах испытаний.....	22

1 Введение

Мобильные радиопеленгаторы (РП) являются, вероятно, наиболее эффективными средствами определения местонахождения источника вредных помех и обнаружения передатчиков, работающих без разрешения. В то же время они зачастую относятся к числу самых дорогостоящих средств службы радиоконтроля.

Основные технические особенности РП:

- точность;
- чувствительность;
- невосприимчивость к искаженным волновым фронтам;
- нечувствительность к деполяризации;
- эффекты помех в совмещенном канале;
- устойчивость к десенсибилизации приемника;
- минимальная длительность сигнала.

Большинство вышеупомянутых характеристик можно протестировать с использованием ограниченного количества частот на ОМПИ, где отсутствуют отражения от близкорасположенных препятствий, фоновый шум и другие радиосигналы, которые могут создавать помехи измерению (Рекомендации МСЭ-R SM.2060 и МСЭ-R SM.2061) или могут быть измерены с использованием блока моделирования (Рекомендация МСЭ-R SM.2354). Для определения точности прибора и чувствительности системы можно использовать методы, описанные в Отчете МСЭ-R SM.2125-1 и в Рекомендации МСЭ-R SM.2096.

В идеальных условиях (лаборатория, безэховая камера, ОМПИ) большинство систем радиопеленгации демонстрируют превосходные характеристики, что не позволяет устанавливать различия между системами радиопеленгации. Та или иная администрация может приобрести систему, которая хорошо работает при лабораторных испытаниях, и обнаружить, что она не действует при реальном развертывании⁶. Следовательно, точность системы не всегда является мерой того, как РП-система будет работать в реальных условиях эксплуатации. Тем не менее точность системы обычно включается в формуляр и может использоваться в качестве эталона для сравнения с результатами испытаний эксплуатационной точности для приемо-сдаточных испытаний в месте эксплуатации и для сравнения с результатами испытаний защищенности РП от многолучевого распространения для контролируемых условий многолучевого распространения.

Испытания в реальных условиях в основном используются для определения эксплуатационных рабочих характеристик системы или общих рабочих характеристик системы в реальных условиях эксплуатации, предпочтительно в типичных местах, где система будет эксплуатироваться приобретающей администрацией. Они могут являться частью оценочных испытаний в рамках тендера или служить средством, помогающим администрации выбрать наиболее подходящий инструмент из имеющихся в наличии для удовлетворения конкретных потребностей.

В настоящей Рекомендации предлагаются общие процедуры испытаний, которые можно использовать для оценки рабочих характеристик нестационарной автоматической РП-системы на движущемся транспортном средстве, именуемой общим термином "мобильный радиопеленгатор", в реалистичной радиочастотной среде⁷.

Испытания, описанные в настоящей Рекомендации, предназначены для оценки общих рабочих характеристик радиопеленгатора в той радиочастотной среде, в которой планируется эксплуатировать конкретную систему мобильного радиопеленгатора. Реальная радиочастотная обстановка включает в себя влияние соседних зданий, препятствий, отражения от близлежащих и движущихся объектов, низкое значение отношения сигнал/шум (либо низкий уровень сигнала или высокий уровень собственных шумов), передачи по совмещенному и соседнему каналам, а в некоторых случаях – присутствие мощных радиосигналов. Следовательно, в этих наиболее часто встречающихся условиях администрации могут выбирать, какой именно метод испытаний следует использовать в соответствии с их фактическими потребностями и характеристиками самого мобильного радиопеленгатора.

Следует отметить, что результаты измерения рабочих характеристик радиопеленгатора, полученные с помощью методов, описанных в настоящей Рекомендации, относятся только к конкретной системе мобильного радиопеленгатора и не могут напрямую применяться к другим системам мобильных радиопеленгаторов (в том числе к системам того же типа), работающим в других радиочастотных условиях.

Администрация может использовать эти процедуры для сравнения характеристик мобильных РП-систем разных производителей, протестированных в одних и тех же местах с одинаковыми параметрами сигнала (частотой, мощностью и типом модуляции), однако их нельзя использовать для сравнения рабочих характеристик РП-систем, протестированных разными администрациями в разных местах.

2 Общие положения

Предполагается, что характеристики точности, чувствительности, невосприимчивости к искаженным волновым фронтам, нечувствительности к деполяризации и помехам в совмещенном/соседнем канале, а также устойчивости к десенсбилизации приемника были отдельно проверены и оценены в идеальной среде и их значения включены в техническое руководство, прилагаемое к мобильному радиопеленгатору.

⁶ Отчет МСЭ-R SM.2125-1.

⁷ Рекомендация МСЭ-R SM.1723-2.

Ожидается, что в разных местах эксплуатации применяемый мобильный радиопеленгатор будет соответствовать разным условиям и требованиям. В этом плане:

- a) можно предположить различные типичные географические условия, а именно:
 - открытое пространство – отсутствие построек, невысокая растительность;
 - сельские районы – очень низкая плотность застройки, здания небольшой высоты;
 - жилые районы – средняя плотность застройки с некоторым количеством открытого пространства, здания средней высоты;
 - городские районы – высокая плотность застройки, высокое значение отношения высоты зданий к ширине улиц;
 - холмистая местность;
- b) можно исследовать различные типичные сигналы:
 - немодулированная несущая;
 - узкополосная модуляция – широкополосная модуляция;
 - аналоговая модуляция – цифровая модуляция;
- c) можно предположить различные радиочастотные условия:
 - помехи в совмещенном канале;
 - помехи в соседнем канале;
 - высокий уровень собственных шумов;
 - большая мощность радиопередачи;
- d) можно выбрать разные полосы частот для испытаний.

Любой радиопеленгатор, измеряющий AoA⁸, независимо от используемого типа, количества и размера антенн или количества элементов на антенну и способа их установки на мачте или транспортном средстве, работающий постоянно или временно, предназначен для получения единственного выходного сигнала – линии пеленга (LoB). Антенная система принимает исследуемый сигнал, и радиопеленгатор, используя соответствующий метод пеленга на основе AoA, вычисляет наиболее вероятное (с некоторой степенью неопределенности) направление, с которого поступает сигнал.

На практике система мобильного радиопеленгатора используется в двух разных режимах⁹.

- a) Режим самонаведения – транспортное средство определяет геолокацию передатчика, следуя по пути, выбранному согласно собранным данным радиопеленгации. Анализ в режиме самонаведения основан на вероятностных методах вследствие эффектов многолучевого распространения и других местных эффектов. Статистическая обработка непрерывно получаемых пеленгов на движущихся станциях контроля упрощает эту процедуру. Следовательно, неотъемлемой частью движущегося мобильного радиопеленгатора является используемое программное обеспечение.
- b) Дистанционный режим – предусматривает получение результатов нескольких отдельных измерений LoB¹⁰ в фиксированных местах, расположенных на подходящем расстоянии от исследуемого излучателя. Последовательные измерения могут быть выполнены в разных местах единственной станцией мобильного радиопеленга и объединены с использованием стандартных методов триангуляции для целей геолокации.

В зависимости от требований приобретающей администрации эффективность мобильного радиопеленгатора оценивается в обоих или в одном из вышеупомянутых режимов и в выбранных требуемых типичных условиях.

⁸ Угол прихода сигнала.

⁹ Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (см. пункт 4.7.3.3).

¹⁰ Линия пеленга.

Как следствие, предлагаются две альтернативные процедуры оценки, чтобы приобретающая администрация могла получить более полное и всестороннее представление о возможностях и рабочих характеристиках мобильного радиопеленгатора в требуемых РЧ-условиях и условиях окружающей среды:

- a) оценка работы в режиме самонаведения;
- b) оценка работы в дистанционном режиме на основе измерения LoB.

2.1 Подготовка к измерениям

Для проведения полевых испытаний следует подготовить испытательное оборудование. В комплект оборудования входят тестовые передатчики для генерации CW и модулированных сигналов в требуемом диапазоне частот, мощность которых позволяет получить необходимое отношение сигнал/шум или значение напряженности поля^{11, 12}.

Поляризация тестовой передающей антенны должна совпадать с поляризацией оцениваемой системы мобильного радиопеленгатора. Испытания должны проводиться для всех основных углов поляризации, обеспечиваемых антеннами РП. Используемая поляризация должна быть указана в отчете об испытаниях.

Перед началом любых измерений система мобильного радиопеленгатора должна быть откалибрована/настроена в соответствии с инструкциями производителя. В качестве второго шага следует быстро проверить/настроить работу устройства, перемещая тестовый передатчик (работающий на центральной частоте антенны РП) вокруг РП, и убедиться, что линия пеленга следует за движущимся передатчиком, что подтверждает работоспособность системы.

Выбранные частоты должны быть равномерно распределены по требуемым диапазонам частот (указанным в спецификациях производителя). Выбранные сигналы (комбинации частоты и типа модуляции) могут генерироваться тестовыми передатчиками или возможными целями, обеспечивающими услуги, которые интересуют приобретающую администрацию и являются типичными для среды тестирования¹³.

Для выбора частот для испытаний можно использовать методику, изложенную в Рекомендации МСЭ-R SM.2060 (количество частот для испытаний может быть ограничено лицензиями или другими факторами)¹⁴.

Следует принять все необходимые меры для обеспечения точности данных о направлении и местоположении. Если бортовой компас не дает достаточно точной информации о курсе, то для обеспечения точности ориентирования системы радиопеленгации с помощью ГНСС мобильное устройство следует вести по прямой с постоянной скоростью (около 20 км/ч) в течение 10 секунд, а затем остановиться в месте измерения без заключительных парковочных маневров. Для обеспечения/подтверждения точности данных о направлении и местоположении можно использовать источники данных, внешние по отношению к РП-антенне (например, ориентиры, цифровые карты, спутниковые изображения, одомер, компас, геодезическое оборудование на основе ГНСС и т. п.).

¹¹ Если имеется не так много вариантов возможных целей для оценки рабочих характеристик мобильного пеленгатора при различных типах модуляции, в состав оборудования можно включить тестовые передатчики и генераторы модуляции для генерирования сигналов с некоторой комбинацией основных типов модуляции (аналоговых и цифровых) и диапазонов излучаемых частот (например, узкополосный, среднеполосный и широкополосный в диапазоне от 10 кГц до 20 МГц).

¹² ПРИМЕЧАНИЕ. – Рекомендуется проводить испытания с согласованным значением SNR, эквивалентным минимальной заявленной производителем мощности сигнала, при которой достигается указанная точность.

¹³ По взаимному соглашению между администрациями и изготовителями допустимо проведение испытаний определенных видов модулированных сигналов.

¹⁴ Важным фактором при выборе частот является доступность частот для лицензирования в целях испытаний. Помимо требования избегать частот, которые могут использоваться в близлежащих районах (если эти сигналы принимаются на месте проведения испытаний), во многих странах принято обязательное лицензирование даже для временного использования частот. Могут иметь место ограничения на частоты и полосы частот, которые можно использовать для тестирования системы радиопеленгации; прежде всего это касается городских районов.

Все параметры испытаний (тип сигнала, пропускная способность радиопеленгатора, угол контрольной точки, расстояние и т. д.) должны быть отражены в отчете об испытаниях.

Наконец, в целях обеспечения достоверности результатов все испытательное оборудование (включая передатчик, передающие антенны и т. д.) подлежит регулярной калибровке.

В качестве метода оценки работы любого мобильного радиопеленгатора в требуемых условиях администрация может использовать приведенные ниже процедуры. Они не предназначены для публикации рейтинга систем мобильных радиопеленгаторов; их цель состоит в том, чтобы оценить, используя количественные и качественные показатели, как мобильный радиопеленгатор будет действовать в разных типичных условиях, диапазонах частот и при разных типах модуляции, представляющих интерес для конкретной администрации, желающей использовать наиболее подходящее оборудование для решения определенных задач.

3 Процедуры испытаний

3.1 Оценка работы в режиме самонаведения (рекомендуемый метод)

3.1.1 Общие положения

Мобильный радиопеленгатор – это инструмент, предназначенный для расследования и урегулирования случаев помех и несанкционированных радиопередач, как правило, требующих безотлагательного решения. Большим преимуществом мобильного радиопеленгатора перед стационарной станцией радиопеленгации является его способность определять местонахождение искомого радиисточника, следуя по мгновенной или средней линии пеленга по направлению к нему по мере своего движения.

Однако условия работы (движущегося) мобильного радиопеленгатора намного жестче, чем у стационарной РП-станции:

- постоянно меняющиеся условия распространения радиоволн (от прямой видимости до сильного рэлеевского рассеяния);
- разная РЧ-среда в зависимости от местоположения (высокий уровень шума, сигналы с очень высокой напряженностью поля);
- разные значения SNR в зависимости от расстояния до цели и местных радиочастотных условий;
- передачи на той же частоте или в соседних каналах без всякого защитного отношения.

Тестируемый мобильный радиопеленгатор должен определять местонахождение определенного количества источников радиосигналов в географической и радиочастотной среде определенного типа. В качестве источников сигналов (целей) приобретающая администрация может установить несколько передатчиков специально для испытаний или использовать возможные цели. Каждая цель настраивается на то или иное сочетание частоты и типа модуляции (с помехами в совмещенном или соседнем канале и без помех).

Комбинация параметров измерения выбирается приобретающей администрацией в соответствии с ее потребностями. Если оцениваются разные системы, то для каждой отдельной системы мобильного радиопеленгатора следует использовать одни и те же параметры измерений.

3.1.2 Самонаведение при движении по заданному маршруту

Это испытание эффективности самонаведения мобильного радиопеленгатора в контролируемых условиях. Следуя приведенным ниже процедурам, приобретающая администрация сможет количественно оценить эффективность самонаведения мобильного радиопеленгатора, выбирая различные параметры и контролируемые условия.

Шаг 1

Следует составить определенный маршрут, образующий замкнутый контур. Можно выбрать разные сценарии (открытое место, малоэтажные здания, плотная городская застройка и т. д.). Цель находится в ограниченной зоне, определяемой заранее заданным маршрутом. На рисунке 1 показан пример маршрута вокруг района малоэтажной застройки.

РИСУНОК 1



SM.2140-01

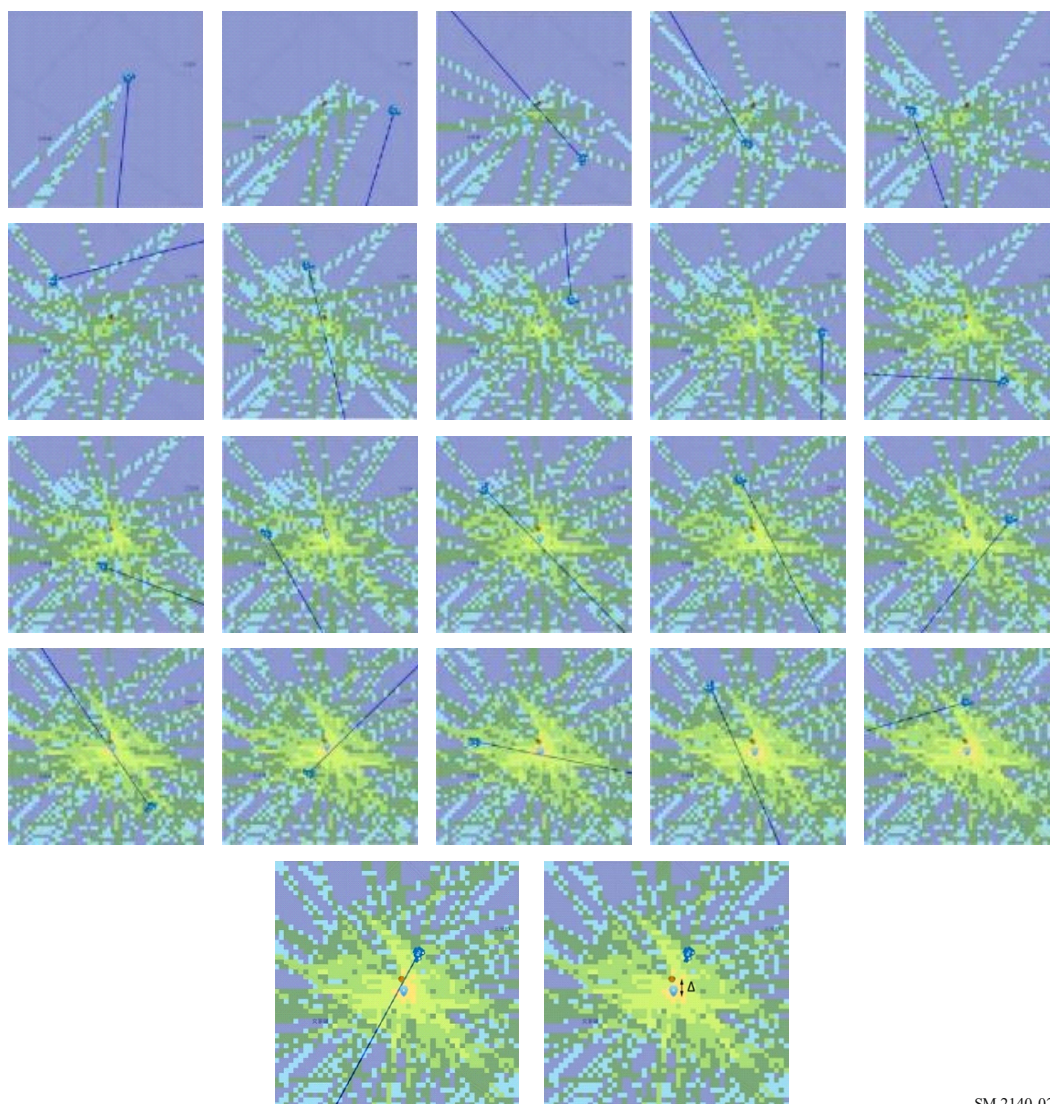
Шаг 2

Тестируемый мобильный радиопеленгатор движется по заданному маршруту. Следует убедиться, что на большей части маршрута устройство может принимать сигнал с достаточным значением отношения сигнал/шум (20 дБ). В процессе движения программное обеспечение позиционирования запускается автоматически (без ручного вмешательства). Мобильный радиопеленгатор должен пройти по заданному маршруту хотя бы один раз, но для исключения случайных факторов и повышения повторяемости испытаний настоятельно рекомендуется сделать три и более проходов по маршруту. На рисунке 2 показан типичный процесс позиционирования с помощью программного обеспечения.

Шаг 3

По завершении движения программное обеспечение позиционирования выводит местоположение передатчика. Затем регистрируется ошибка позиционирования.

РИСУНОК 2



SM.2140-02

Шаг 4

Проведите несколько испытаний, выбирая разные комбинации условий работы (произвольно, из основных комбинаций рабочих условий покупателя).

Можно выбирать разные комбинации следующих параметров:

- диапазон частот;
- тип модуляции;
- погодные условия;
- количество кругов вокруг цели;
- скорость движения.

Результаты теста "Самонаведение при движении по заданному маршруту" можно представить в виде следующей таблицы.

ТАБЛИЦА 1

Результаты теста "Самонаведение при движении по заданному маршруту"

Вид местности	Частота	Модуляция	Погода	Кол-во кругов	Скорость (км/ч)	Ошибка позиционирования (м)

Вид местности: открытое пространство, малоэтажные здания, плотная городская застройка и т. п.

Частота: центральная частота и ширина полосы

Модуляция: тип модуляции сигнала

Погода: погодные условия и температура во время испытаний (например, солнечно, 31 °С)

Кол-во кругов: количество кругов вокруг цели

Скорость: скорость движения

Ошибка позиционирования: расстояние между лучшей позицией, определенной программным обеспечением, и фактической позицией

Обработка данных испытаний

Можно рассчитать среднее значение ошибки позиционирования (в метрах), стандартное отклонение и среднеквадратичное значение ошибки позиционирования:

$$\hat{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (1a)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \hat{x})^2}{n-1}}, \quad (1b)$$

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}, \quad (1c)$$

где:

\hat{x} : среднее значение;

$\hat{\sigma}$: стандартное отклонение;

RMS: среднеквадратичное значение;

x_i : i -я выборка данных ошибки позиционирования;

n : количество выборок.

Правила оценки для справок

- Чем ниже среднее значение и RMS ошибки позиционирования, тем лучше характеристика;
- чем меньше стандартное отклонение ошибки позиционирования, тем лучше согласованность показаний мобильного радиопеленгатора при разных условиях испытаний.

Важнее всего для приобретающей администрации – решить, приемлема ли измеренная ошибка позиционирования. Как правило, ошибка позиционирования должна быть достаточно мала, чтобы обеспечить возможность дальнейшего поиска с помощью портативного устройства или визуального поиска, например, в пределах 200–300 м.

3.1.3 Самонаведение в реальных условиях – локализация цели

Фактически это проверка эффективности самонаведения мобильного радиопеленгатора в реальных условиях эксплуатации.

Тестируемому мобильному радиопеленгатору предлагается определить местонахождение определенного количества целей в определенных географических и РЧ-условиях и при заданных комбинациях частоты и типа модуляции.

Администрация может предложить следующие сценарии.

- А) Трехточечная триангуляция.** Можно выбрать три местоположения на линии прямой видимости от цели. Мобильный радиопеленгатор последовательно останавливается в этих трех местах и выполняет измерения LoB дистанционным методом. Результаты этих трех измерений используются для триангуляции, чтобы определить многоугольник, в котором может находиться цель. Для хорошего качества измерения LoB уровень сигнала источника (цели) в этих точках измерения должен быть достаточно высоким, превышая минимальный уровень шума¹⁵.

РИСУНОК 3



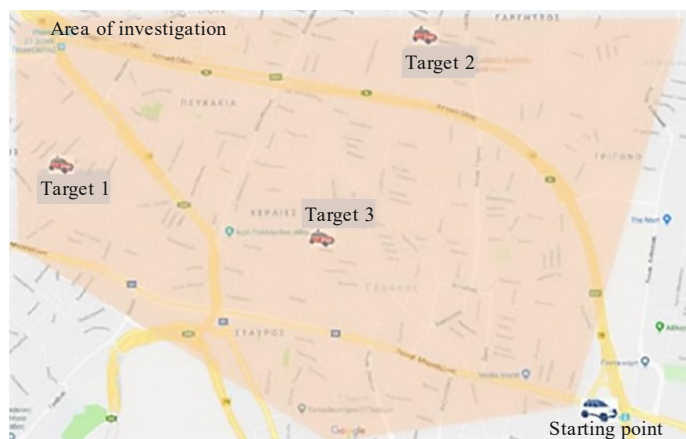
SM.2140-03

Полученный треугольник для каждой цели изображается на карте и включается в окончательный отчет. Еще одним показателем, определяющим рабочие характеристики мобильного радиопеленгатора, может служить площадь многоугольника (m^2), в котором находится цель (см. рисунок 3).

- В) Слепое самонаведение.** Администрация наносит на карту многоугольники, содержащие местоположение целей, и устанавливает начальную точку в одном из углов исследуемой зоны (см. рисунок 4).

¹⁵ SNR = 20 дБ (обычно оно ниже, когда мобильный радиопеленгатор пытается найти источник помех или несанкционированной передачи).

РИСУНОК 4



SM.2140-04

После этого мобильные радиопеленгаторы могут начать процедуру самонаведения. Во время движения мобильный радиопеленгатор постоянно получает пеленг для определения местонахождения цели, как описано выше. Из-за эффектов многолучевого распространения и других локальных эффектов анализ пеленга основан на вероятностных методах; процедура самонаведения упрощается с помощью соответствующего программного обеспечения, и мобильный радиопеленгатор перемещается в область, где, вероятнее всего, находится цель.

Программное обеспечение для анализа пеленга обычно принадлежит производителю радиопеленгатора и является неотъемлемой частью устройства как и антенна, приемник и метод радиопеленгации. Водитель мобильного радиопеленгатора должен следовать только общим указаниям этого программного обеспечения (учитывая дорожные знаки), не пользуясь специальными знаниями находящегося на борту технического персонала. В любом случае необходимо соблюдать правила дорожного движения и двигаться со скоростью от 20 до 40 км/ч.

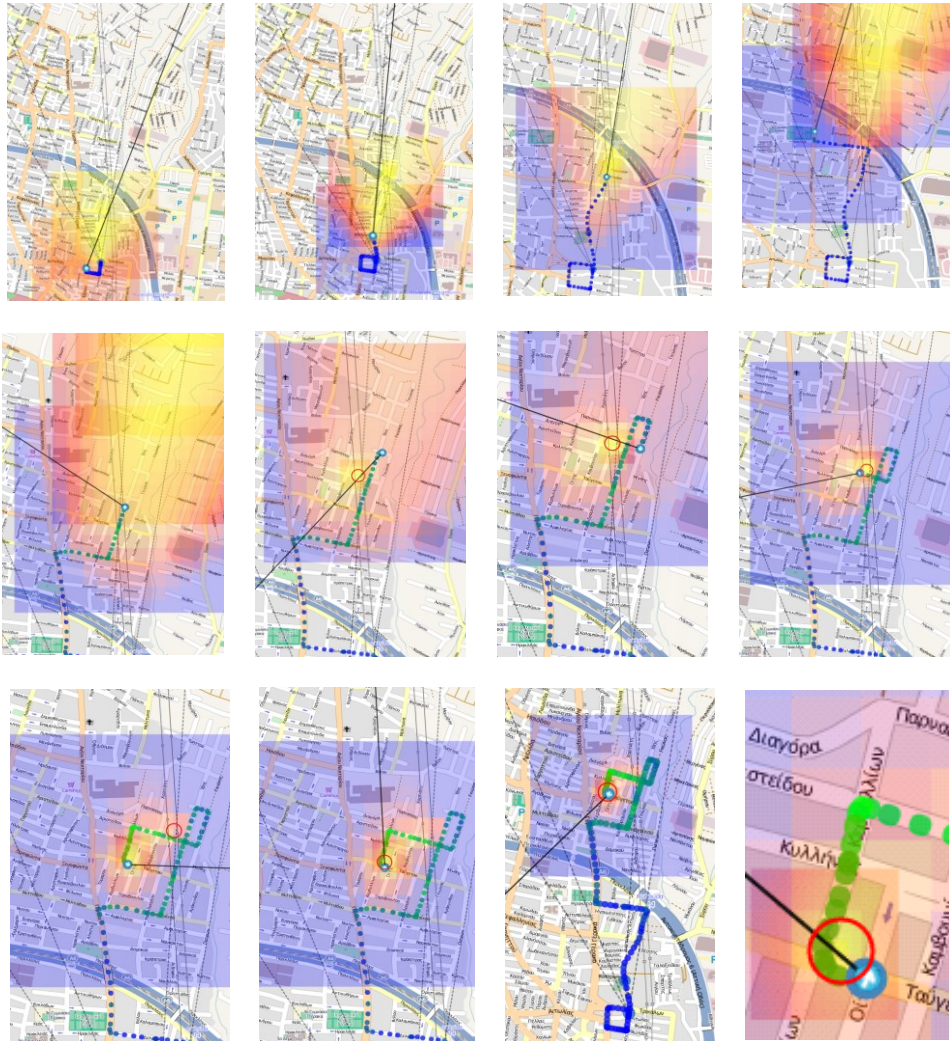
Излучаемая мощность устанавливается достаточно высокой, чтобы в начальной точке каждого цикла самонаведения значение SNR составляло 20 дБ.

Указания программного обеспечения для анализа пеленга и маршрут автомобиля записываются для последующей обработки и оценки.

Программное обеспечение геолокации выдаст на экран оценку направления, в котором следует вести мобильный радиопеленгатор, и, наконец, оценку местоположения цели – с помощью изображений, подобных показанным на рисунках 5 или 6.

РИСУНОК 5

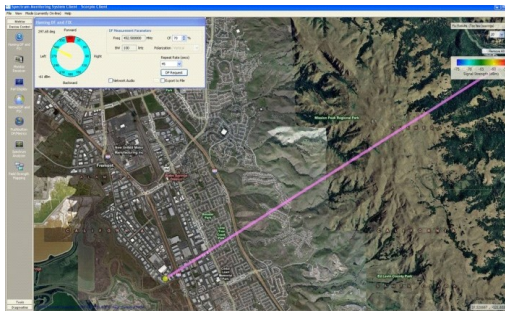
Использование тепловой карты неопределенности для указания наиболее вероятного местоположения цели в процессе самонаведения



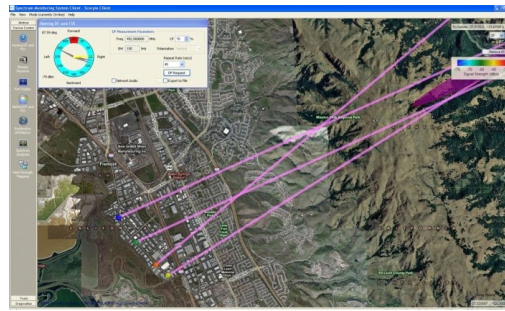
SM.2140-05

РИСУНОК 6

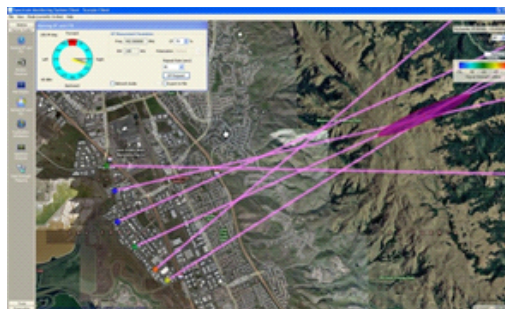
Использование эллипса неопределенности для указания наиболее вероятного местоположения цели в процессе самонаведения



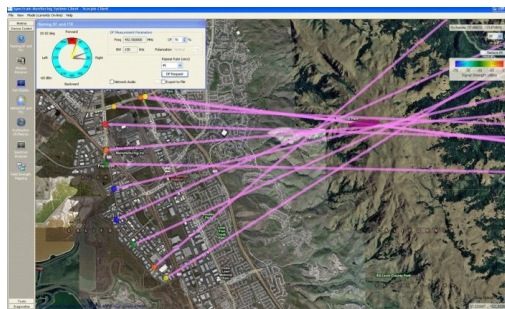
(i) Первоначальный перехват цели, местонахождение которой необходимо установить



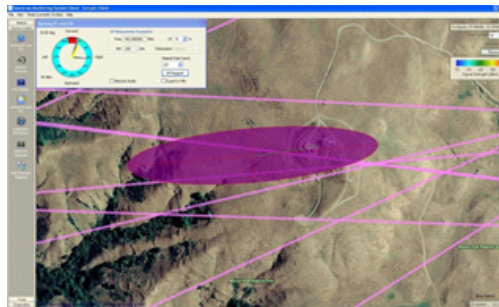
(ii) После некоторого перемещения и сбора данных



(iii) После дальнейшего продвижения и сбора дополнительных данных



(iv) После приближения к цели



(v) Увеличение масштаба для эллипса неопределенности; цель находится в здании внутри эллипса или рядом с ним

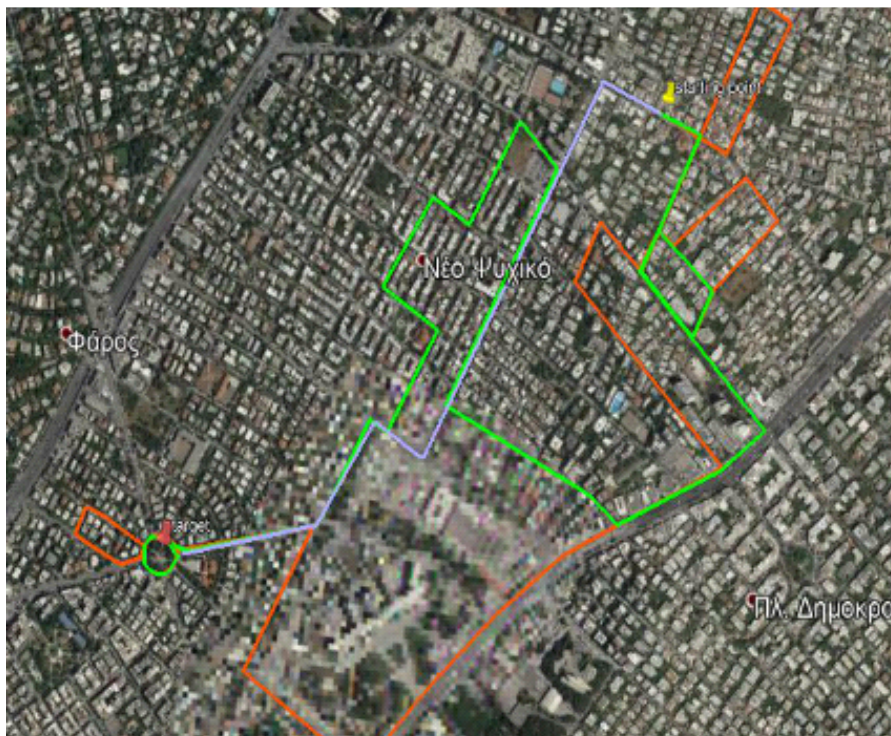
SM.2140-06

Передатчик считается обнаруженным, когда пользователи системы радиопеленгации определяют, в каком здании он размещен, или обнаруживают местонахождение транспортного средства с передающей антенной. Это обычно происходит, когда предполагаемое местоположение окрашено в самый горячий цвет используемой палитры и полностью окружено более холодными цветами (когда для представления возможного направления к цели и оценки ее местоположения программное обеспечение использует цветовую карту) и/или находится в пределах эллипса неопределенности (когда для представления возможного направления к цели и оценки ее местоположения программное обеспечение использует эллипс ошибок).

В конце каждого прохода фиксируется расстояние, пройденное мобильным радиопеленгатором.

Результаты теста "Самонаведение" можно представить в виде таблицы 2. На рисунке 7 показана работа двух разных мобильных радиопеленгаторов в условиях плотной городской застройки (красный и зеленый маршруты). Синим цветом показан рассчитанный более короткий маршрут из начальной точки к цели.

РИСУНОК 7



SM.2140-07

ТАБЛИЦА 2

Результаты теста "Слепое самонаведение"

Местоположение	Частота (МГц)	Модуляция	Тип среды	Информация о местоположении цели	Кратчайшее расстояние (м)		Пройденное расстояние (м)		Результат	
					Eq 1	Eq 2	Eq 1	Eq 2	Eq 1	Eq 2

Местоположение: название места, в котором осуществлялось самонаведение (например, Афины)

Тип среды: зависит от плотности препятствий (городские, сельские, жилые районы и т. д.)

Частота: частота сигнала, передаваемого целью

Модуляция: тип модуляции передаваемого сигнала (CW, ЧМ и т. д.)

Информация о местоположении цели: известно или неизвестно

Кратчайшее расстояние до цели на карте: кратчайшее расстояние на карте по имеющимся дорогам от начальной точки самонаведения до цели

Пройденное расстояние: реальное расстояние, пройденное мобильным радиопеленгатором из начальной точки самонаведения до момента окончательной локализации цели при следовании по существующим дорогам и соблюдении правил дорожного движения

Результат: обнаружена цель или нет

3.2 Оценка работы в дистанционном режиме (альтернативный метод)

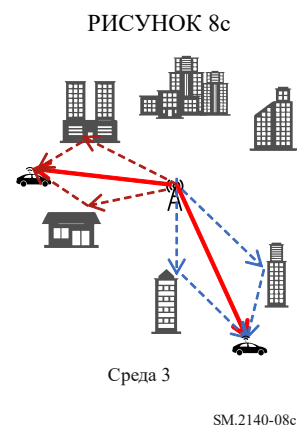
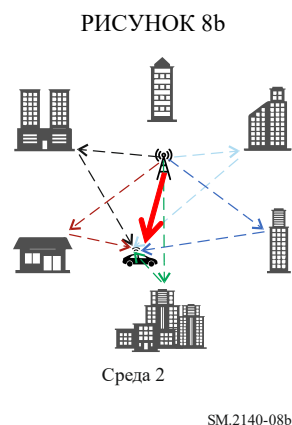
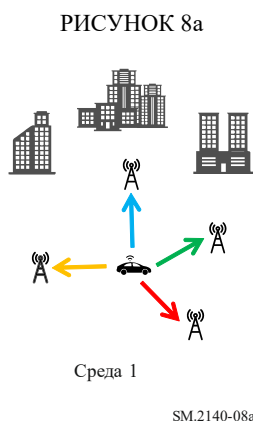
Цель тестирования дистанционного режима состоит в том, чтобы охарактеризовать типичное поведение мобильного радиопеленгатора в различных реальных условиях, поскольку эта его характеристика описана в документации МСЭ¹⁶. Во многих случаях мобильному радиопеленгатору предлагается исследовать возможную причину помех в районе, не охваченном фиксированной сетью радиоконтроля. Первоначальный набор по меньшей мере из трех измерений LoB, произведенных с использованием дистанционного метода в надлежащем образом выбранных местах (подходящее расстояние от исследуемого излучателя), может помочь в процессе геолокации помех¹⁷ (см. рисунок 3).

Технические параметры тестируемого мобильного радиопеленгатора определяются в соответствии с Отчетом МСЭ-R SM.2125. Испытания, описанные в следующих разделах, также основаны на принципах тестирования в реальных условиях, изложенных в Отчете МСЭ-R SM.2125.

3.2.1 Подготовка к измерениям

Предлагаются три типовые зоны тестирования.

- 1) В первом случае среда тестирования между мобильным радиопеленгатором и передатчиком должна быть свободной от препятствий (за исключением нескольких отдаленных отражателей вдали от передатчика). Преобладает беспрепятственный прямой путь между передатчиком и РП-антенной приемника (рисунок 8а). Это типичная среда, в которой препятствия между передатчиком и мобильным радиопеленгатором отсутствуют, и рабочие характеристики этой среды могут использоваться в качестве эталона.
- 2) Во втором случае в среде тестирования имеются как беспрепятственный прямой путь между передатчиком и мобильным радиопеленгатором, так и некоторые отражения, в основном от препятствий, расположенных позади устройства, как показано на рисунке 8б.
- 3) В третьем случае в среде тестирования имеются отражатели, окружающие мобильный радиопеленгатор, но существует также и беспрепятственный прямой путь между передатчиком и мобильным радиопеленгатором. Преобладают отражения от препятствий, расположенных между передатчиком и мобильным радиопеленгатором (рисунок 8с).



Тестируемое РП-оборудование размещено на транспортном средстве, снабженном устройством GPS и соответствующим источником питания, которое движется в средах трех типов. Каждое место тестирования должно находиться внутри расчетной зоны покрытия тестового передатчика. Как правило, мобильный радиопеленгатор проводит измерение LoB по крайней мере в восьми разных точках вокруг цели в каждой рассматриваемой полосе частот в типичных условиях. Азимутальное распределение испытательных положений не имеет значения, если выполнены условия каждой среды.

¹⁶ Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (см. пункт 4.7.3.3).

¹⁷ Справочник МСЭ. Контроль за использованием спектра (см. пункт 4.7.3.1).

Необходимым условием для первой среды тестирования является наличие преобладающего беспрепятственного прямого пути между передатчиком и мобильным радиопеленгатором без каких бы то ни было близлежащих препятствий во избежание интенсивного многолучевого приема.

Для второй среды тестирования требуется наличие беспрепятственного прямого пути между передатчиком и мобильным радиопеленгатором, а также существование отражений, создаваемых только препятствиями и отражателями, окружающими как передатчик, так и радиопеленгатор. Предпочтительно, чтобы контрольные точки по возможности находились на разных расстояниях от передатчика. Наиболее удаленная контрольная точка должна находиться на границе зоны покрытия, так чтобы SNR оставалось на 20 дБ выше уровня заданной минимальной напряженности поля. Ближняя контрольная точка может располагаться в дальнем поле, и этого будет достаточно.

Основным требованием для среды третьего типа является наличие беспрепятственного прямого пути между передатчиком и мобильным радиопеленгатором и отражающих препятствий, расположенных между передатчиком и мобильным радиопеленгатором. В этом случае отражения можно считать доминирующими. Предпочтительно, чтобы контрольные точки по возможности находились на разных расстояниях от передатчика. Наиболее удаленная контрольная точка может находиться на границе покрытия, так чтобы SNR оставалось на уровне 20 дБ или на уровне согласованной минимальной напряженности поля. Ближняя контрольная точка может располагаться в дальнем поле, и этого будет достаточно.

Испытание может выполняться с немодулированными (CW) или модулированными сигналами с использованием тестового передатчика или возможных целей – имеющихся источников аналоговых или цифровых сигналов, модуляция которых типична для сигналов, принимаемых установленной системой радиопеленгации, и для рабочих радиочастотных условий.

При проведении испытаний с использованием немодулированных несущих полоса пропускания радиопеленгатора устанавливается в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.2060. При проведении испытаний с использованием аналоговой или цифровой модуляции сигналов полоса пропускания радиопеленгатора устанавливается в соответствии с шириной полосы сигнала.

Администрации, проводящей оценку, следует выбрать полосы частот и тип модуляции тестовых сигналов, соответствующие ее конкретным потребностям.

Все параметры испытаний (уровень сигнала (мкВ/м), отношение сигнал/шум, тип сигнала, местоположение, пропускная способность радиопеленгатора, угол контрольной точки, расстояние, типы антенн и т. д.) должны быть отражены в отчете об оценке рабочих характеристик.

3.2.2 Процедура измерения

а) Открытое пространство

a1) Первоначальное испытание направлено на оценку рабочих характеристик радиопеленгатора, установленного на транспортном средстве определенного типа.

Если установка мобильного устройства (стационарно закрепленного на транспортном средстве) проверена в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.2097 (заводские эксплуатационные испытания) для требуемого набора частот/типов модуляции и имеются соответствующие технические спецификации, это измерение можно исключить.

Если радиопеленгатор переносной, то есть может временно устанавливаться на транспортных средствах разного типа или если стационарная установка не испытана в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.2097, то можно использовать процедуру, описанную в этом разделе.

a2) Мобильный радиопеленгатор паркуется в центре открытой площадки, а передатчик движется вокруг него. Записываются мгновенные значения LoB и координаты местоположения. Измерения повторяются для каждого набора параметров (частота, модуляция).

в) Другие внешние условия

В ходе этой процедуры передатчик размещается в фиксированном месте в центре зоны испытаний. Можно также использовать возможную цель, если таковая имеется.

Мобильный радиопеленгатор должен заезжать в разные места, находящиеся поблизости от передатчика, но на разных расстояниях от него, обеспечивая указанную выше точность измерения направления и местоположения для регистрации непрерывных показаний LoB. Координаты каждого отдельного места измерения LoB должны тщательно регистрироваться.

В каждой контрольной точке принимаемый сигнал (при правильной настройке передающей части) должен быть на 20 дБ выше уровня шума ($SNR = 20$).

Для каждой зоны производится измерение и регистрация LoB в течение определенного периода времени (10 минут). Мгновенные значения LoB и координаты местоположения вносятся в таблицу результатов (см. таблицу 1), и рассчитывается отклонение от фактического направления на цель ($\Delta DF = LoB - A$).

Таблица 1 представляет собой пример таблицы результатов; для каждой комбинации типа среды/испытательного положения/модуляции/частоты используется одна таблица.

ТАБЛИЦА 3

Таблица выборки тестовых данных

№ п/п	Координаты	Вычисленный истинный азимут цели (градусы)	LoB (градусы)	Вычисленное значение $\Delta DF = LoB - A$ (градусы)	Вычисленное значение $\Delta DF = LoB - A $ (градусы)
1	C ₁	TAz ₁	LoB ₁	ΔDF_1	
2	C ₂	TAz ₂	LoB ₂	ΔDF_2	
3	C ₃	TAz ₃	LoB ₃	ΔDF_3	
...	
x	C _x	TAz _x	LoB _x	ΔDF_x	

- Истинный азимут (A) рассчитывается по известному точному положению передатчика на карте и точным координатам мобильного радиопеленгатора.
- LoB измеряется мобильным РП.
- $\Delta DF = LoB - A$.

3.2.3 Анализ результатов испытаний

Представленная процедура может служить отправной точкой для оценки администрацией рабочих характеристик мобильного радиопеленгатора.

Оценку результатов (ΔDF), рассчитанных по собранным данным (LoB), можно провести в два этапа, чтобы получить количественную оценку рабочих характеристик мобильного радиопеленгатора в дистанционном режиме в реальных условиях.

Шаг 1

Каждый производитель указывает в спецификации точность своего мобильного радиопеленгатора. Точность обычно указывается в среднеквадратичных значениях для всего рабочего диапазона или для разных частотных поддиапазонов и независимо от типа модуляции сигнала. Это значение соответствует тестированию в среде без отражений (обычно на ОМПИ); информация о размере набора данных измерений, их среднем значении и стандартном отклонении отсутствует. Нередко точность характеризуется как типовая, без каких-либо дополнительных подробностей.

Для любого набора измерений выпадающие значения (неправдоподобные данные) отдельных измерений РП можно отбросить, используя уравнение межквартильного правила (3):

$$\Delta DF_{discarted} = \begin{cases} \Delta DF > (Q_{75} + 1,5IQR); \\ \Delta DF < (Q_{25} - 1,5IQR), \end{cases} \quad (3)$$

где:

- Q_{75} : наименьшее значение ΔDF , большее или равное 75% измеренных значений;
- $IQR = Q_{75} - Q_{25}$;
- Q_{25} : наименьшее значение ΔDF , большее или равное 25% измеренных значений.

Ожидаемое значение ΔDF_{rms} будет отличаться от одной среды к другой. Для среды первого типа оно должно быть как можно меньше (примерно равным значению, указанному производителем). Для среды второго типа ожидается более высокое значение, поскольку это измерение устойчивости к многолучевому распространению. Для среды третьего типа ожидается, что ΔDF_{rms} будет еще выше из-за преобладания отражений, приходящих на РП.

В среде каждого типа ΔDF_{rms} рассчитывается для поддиапазона частот, определенного производителем, и с учетом всех измерений для всех типов модуляции, частот и местоположений (после исключения выпадающих значений для набора измерений) в соответствии с уравнением (2):

$$\Delta DF_{rms_{envz_{band_j}}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta DF_{i_{envz}}^2} \text{ град.}, \quad (2)$$

где:

- env_z : тип среды $z = 1, 2$ или 3 ;
- $band_j$: один из частотных поддиапазонов тестирования, указанных в спецификации;
- j : количество частотных поддиапазонов в спецификации (от 1 до J);
- N : количество измерений (количество азимутов * L * M * количество типов модуляции);

Количество азимутов: обычно 8 (позиций);

L : количество LoB, собранных по каждому азимуту, для каждой частоты и каждого типа модуляции;

M : количество отдельных частот в каждом из J поддиапазонов;

Количество типов модуляции: CW плюс количество разных типов модуляции.

В конце процедуры оценки будет получен набор из J значений $\Delta DF_{rms_{env1_{band_j}}}$ для среды каждого типа по числу указанных производителем значений точности радиопеленгации (для каждого поддиапазона). Следовательно, если допустить, что среда 1 аналогична ОМПИ, получим прямое указание на рабочие характеристики мобильного радиопеленгатора, сравнивая вычисленные RMS с соответствующими значениями из спецификации.

Шаг 2

Каждый мобильный радиопеленгатор, подлежащий оценке, может считаться проверенным производителем на наличие систематических ошибок в оценке линии пеленга. ΔDF можно рассматривать как случайную погрешность и подвергнуть статистической обработке. Эти неопределенности могут возникать из-за неточности прибора и/или статистической природы наблюдаемых явлений (влияния окружающей среды). Статистически оба случая рассматриваются одинаковым образом как неопределенности, возникающие вследствие конечной выборки из бесконечной совокупности событий. Представленный здесь процесс измерения представляет собой процесс выборки из распределения, слишком большого, чтобы его можно было измерить целиком.

Пользователь пытается определить рабочие характеристики мобильного радиопеленгатора в средах определенного типа, получая случайную выборку конечного размера и используя параметры этой выборки в качестве оценки истинных значений.

Таким образом измерение фиксированной величины предполагает получение выборки из абстрактного теоретического распределения, определяемого неточностью прибора. Почти во всех случаях инструментальных ошибок можно утверждать, что распределение является гауссовым (нормальным). Следовательно, при условии отсутствия систематической ошибки среднее значение распределения Гаусса должно быть равно истинному значению измеряемой величины, а стандартное отклонение пропорционально точности прибора¹⁸.

Можно рассчитать экспериментальное среднее значение и экспериментальное стандартное отклонение:

$$\hat{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (4a)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \hat{x})^2}{n-1}}, \quad (4b)$$

где:

- \hat{x} : экспериментальное среднее значение;
- $\hat{\sigma}$: экспериментальное стандартное отклонение;
- x_i : i -я выборка данных РП;
- n : количество собранных данных.

Значение ΔDF положительно, когда расчетное направление на цель (LoB) находится справа от фактического направления (A), и отрицательно, когда расчетное направление на цель (LoB) находится слева от фактического направления (A).

Распределение собранных данных (после исключения неправдоподобных данных согласно уравнению (3)) можно изобразить в виде гистограммы (см. рисунок 9).

Идеальная кольцевая антенная решетка с идентичными элементами, расположенными симметрично, собирающая значения LoB относительно целей, произвольно распределенных по ее периметру, не должна демонстрировать смещение в ту или иную сторону, а значения ΔDF , измеренные на открытом пространстве, должны быть равномерно распределены вправо и влево от значения ΔDF , равного нулю градусов.

Теоретически бесконечный набор данных значений ΔDF , полученных от идеально работающего РП на открытом пространстве, должен иметь нулевое экспериментальное среднее значение ($\hat{x} = 0$).

На практике, при условии что в сценарии открытого пространства (среда типа 1 на рисунке 7а) отражения отсутствуют, а радиопеленгаторная антенна надлежащим образом размещена на транспортном средстве, значения ΔDF будут составлять экспериментальное среднее значение, стремящееся к нулю.

Набор данных ΔDF после исключения статистических выпадающих значений с использованием уравнения (3) можно аппроксимировать нормальным распределением со средним значением $\mu = \hat{x}$ и стандартным отклонением $\sigma = \hat{\sigma}$, как показано на рисунке 9.

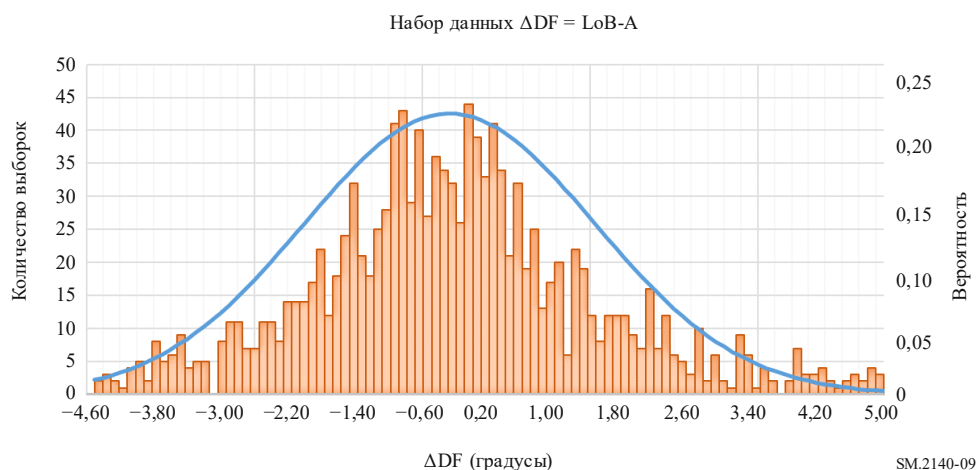
Данные на рисунке 9 получены в результате оценки мобильного радиопеленгатора на открытом пространстве в диапазоне частот от 150 до 1300 МГц с шагом 20 МГц и расположением контрольных точек вокруг цели с интервалом 15 градусов. Исходный набор данных состоял из 1416 значений LoB. После исключения неправдоподобных данных с использованием уравнения (3) в наборе данных осталось 1285 значений LoB. По этому набору данных построена гистограмма. Экспериментальное среднее значение составило $\hat{x} = -0,27$ градуса, а экспериментальная медиана $-\bar{x} = -0,4$ градуса. Экспериментальное стандартное отклонение составило $\hat{\sigma} = 1,73$ градуса. Среднеквадратичное значение составило $\Delta DF_{rms} = 1,775$.

¹⁸ Statistics and the treatment of experimental data. W. R. Leo (Adapted from Chapter 4, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, by W. R. Leo, Springer-Verlag 1992).

Если экспериментальное среднее значение превышает половину стандартного отклонения, то работа радиопеленгаторной антенны значительно смещена в одном направлении, что может означать неисправность, неправильное размещение на транспортном средстве или наличие значительного и, возможно, ненужного смещения в схеме или сценарии измерения. В любом случае следует выяснить причину смещения и устранить проблему, прежде чем приступать к дальнейшим измерениям.

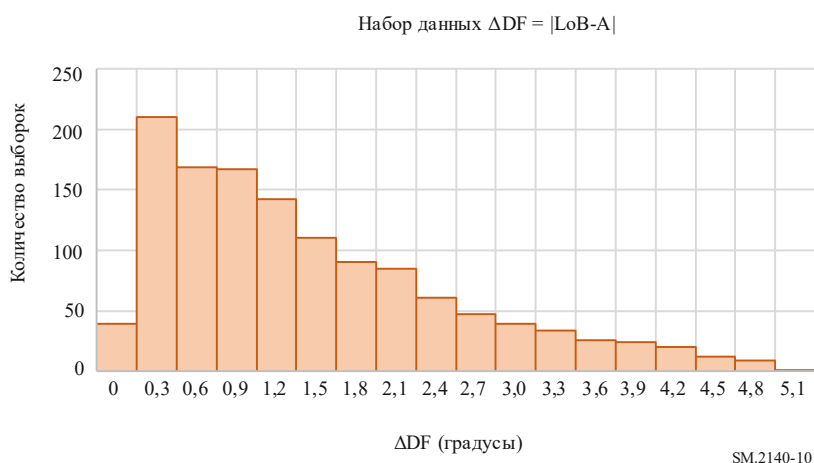
Когда кольцевая радиопеленгаторная антенная решетка исправна и правильно установлена на транспортном средстве, мобильный радиопеленгатор не будет давать результаты, смещенные в каком-либо определенном направлении. В этом случае пользователя интересует только величина углового отклонения в направлении цели, то есть только значения $|\Delta DF| = |\text{LoB-A}|$.

РИСУНОК 9



Соответствующая гистограмма набора данных $|\text{LoB-A}|$ (после исключения неправдоподобных данных $\Delta DF = \text{LoB-A}$ в соответствии с уравнением (2)) и применения метода Стёрджеса (уравнение (5)), дает более наглядное представление характеристик мобильного радиопеленгатора.

РИСУНОК 10



На рисунке 10 показана гистограмма величины набора данных, представленных на рисунке 9. Экспериментальное среднее значение составило $\hat{x} = 1,35$ градуса, а экспериментальная медиана – $\bar{x} = 1,0$ градуса. Экспериментальное стандартное отклонение составило $\hat{\sigma} = 1,106$ градуса. Среднеквадратичное значение осталось неизменным: $\Delta DF_{rms} = 1,775$.

Аналогичным образом можно проанализировать данные, собранные в средах типа 2 и типа 3.

После исключения выпадающих значений с использованием уравнения (3) можно построить гистограмму величины ΔDF по методу Стёрджеса (уравнение (5)):

$$\text{Количество комбинаций} = 1 + 3,322 \text{ Log}(k), \quad (5)$$

где k – размер набора данных.

Экспериментальные средние значения, медиана и стандартное отклонение для каждой комбинации типа среды/частоты/типа модуляции/SNR/погодных условий (см. таблицу 4) можно использовать для количественного описания рабочих характеристик мобильного радиопеленгатора при таком сочетании рабочих параметров.

ТАБЛИЦА 4

Таблица результатов анализа набора данных

РП	Условия эксплуатации					Результаты			
	Среда	Частота	Модуляция	Макс. SNR	Погодные условия	\hat{x}	\bar{x}	$\hat{\sigma}$	rms

Наилучшим рабочим характеристикам соответствует вариант с наименьшим средним значением ΔDF и наименьшим стандартным отклонением (узкий разброс случайных ошибок).

Построив на одной и той же оси X–Y гистограммы для разных наборов данных $|\Delta DF|$ – в соответствии с характеристиками мобильного радиопеленгатора в разных условиях и для разных рабочих параметров (частота, модуляция, SNR и т. д.) – пользователь может получить более полную общую картину рабочих характеристик мобильного радиопеленгатора в реальных условиях эксплуатации.

По завершении процедуры испытаний в дистанционном режиме приобретающая администрация будет уверена в работоспособности системы и получит представление о том, насколько хорошо мобильная установка работает в реальных условиях.

Администрации могут дополнительно оценить собранные наборы данных, используя более совершенные инструменты и методы статистического анализа, чтобы выявить более сложные взаимосвязи между рабочими характеристиками и различными переменными (условия окружающей среды, полосы частот и т. д.), а также силу воздействия этих переменных на рабочие характеристики.

4 Отчет о результатах испытаний

Окончательный отчет о результатах оценки должен включать:

- 1) все параметры настройки системы для каждого измерения, как указано в соответствующем разделе:
 - тип среды;
 - погодные условия;
 - местоположение цели;
 - место измерения;
 - частоту/модуляцию/SNR.

2) Результаты измерений каждого вида

I. Оценка работы в режиме самонаведения

а) Самонаведение при движении по заданному маршруту

- Таблица 1 – результаты теста "Самонаведение при движении по заданному маршруту"
- RMS ошибки позиционирования
- Снимки экрана программного обеспечения позиционирования
- Спутниковые снимки места проведения испытаний

б) Локализация цели

b1) Трехточечная триангуляция

- Многоугольник триангуляции, построенный по индивидуальным оценкам АоА на карте
- Площадь многоугольника (m^2) при условии, что цель находится в нем (см. рисунок 3)

b2) Слепое самонаведение

- Снимки экрана программного обеспечения позиционирования или видеозапись процесса слепого самонаведения
- Маршрут, пройденный мобильным радиопеленгатором, на карте
- Таблица 2 – результаты теста "Слепое самонаведение"

II. Оценка работы в дистанционном режиме

- Таблица 3 – таблица выборки тестовых данных для каждого набора рабочих параметров
 - Статистическая оценка рабочих характеристик на открытом пространстве
 - Спутниковые снимки мест проведения испытаний
 - Таблица 4 – таблица результатов анализа набора данных
 - Гистограмма значений ΔDF и $|\Delta DF|$ для каждого набора рабочих параметров
-