

**АШИХМИН Александр Владимирович,
кандидат технических наук
КОЗЬМИН Владимир Алексеевич,
кандидат технических наук, доцент
КОЧКИН Дмитрий Евгеньевич
ЧУБОВ Евгений Алексеевич**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА «АРГАМАК-ИМ» ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ В МОБИЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ РАДИОМОНИТОРИНГА

О

дной из важных задач, решаемых радиоконтрольными службами, является измерение напряженности электромагнитного поля или плотности потока мощности источников радиоизлучения (ИРИ) в целях определения зоны уверенного приема, оценки электромагнитной совместимости, исследования распространения радиоволн, измерения диаграмм направленности антенн передатчиков и других целей.

Существует большое количество теоретических методик [1 – 8], позволяющих проводить расчет распределения напряженности электромагнитного поля в пространстве. Однако эти расчеты носят оценочный характер, поскольку математические модели в принципе не могут учесть все конкретные особенности распространения радиоволн. Поэтому экспериментальные измерения напряженности поля остаются необходимым этапом при планировании и эксплуатации радиосетей подвижной радиосвязи, систем радиовещания и телевидения, поиске помех, решении задач электромагнитной совместимости.

Измерение напряженности поля выполняется с помощью измерительных приемников или спектроанализаторов с калиброванными антеннами. На практике наиболее удобно использовать переносные или носимые приборы. При

измерении напряженности поля модулированных сигналов весьма важно знать ширину полосы, виды детекторов и их постоянные времени, время измерений. Эти параметры обычно известны для измерительных средств промышленного производства, а при использовании составного оборудования такая информация часто отсутствует, что может привести к ошибкам даже при наличии высококвалифицированных операторов.

Цифровой панорамный измерительный приемник «Аргамак-ИМ»

На базе цифрового радиоприемного устройства АРК-ПР5 «Аргамак» [9, 10] разработан панорамный измерительный приемник «Аргамак-ИМ», который сертифицирован Госстандартом России как средство измерений [11]. Особенностью данного приемника является использование цифровых технологий коррекции тракта приема. Введение изменяемой первой ПЧ позволяет практически исключить количество пораженных частот при панорамном анализе, а устойчивость абсолютного коэффициента передачи тракта достигается путем его цифровой коррекции с учетом рабочей температуры. Применение термостабилизированного внутреннего генератора обеспечивает стабильность опорной частоты при изменении температу-

Таблица 1. Основные технические характеристики панорамного измерительного приемника «Аргамак-ИМ»

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих частот, МГц	от 25 до 3000
Пределы допустимой относительной погрешности измерения частоты синусоидального сигнала	не более $\pm 3 \cdot 10^{-9}$
Полоса пропускания по выходу ПЧ при неравномерности АЧХ в пределах ± 1 дБ, МГц	не менее 2
Чувствительность (при дискретности спектра 3 кГц и отношении сигнал/шум 10 дБ) в диапазоне рабочих частот, мкВ	не более 1
Ослабление побочных каналов приема, дБ	не менее 70
Предел допустимой погрешности измерения уровня синусоидального сигнала в диапазоне рабочих частот, дБ:	
- без калибровки	± 3
- с калибровкой	$\pm 1,5$
Динамический диапазон по интегральной модуляции третьего и второго порядка (при дискретности спектра 3 кГц), дБ	не менее 75
Разрешающая способность по различению двух равноуровневых сигналов, Гц:	
- при полосе обзора 3,2 МГц	не более 7000
- при полосе обзора 250 кГц	не более 500
- при полосе обзора 120 и 50 кГц	не более 200
- при полосе обзора 25 кГц	не более 100
- при полосе обзора 9 кГц	не более 50
- при полосе обзора 6,25 кГц	не более 30
Напряжение питания постоянного тока, В	от 9 до 32
Потребляемая мощность, ВА	не более 35
Габаритные размеры, мм	не более 300x300x200
Масса, кг	не более 5

ры, а возможность подстройки частоты с помощью специального программного обеспечения устраниет эффект старения кварцевого резонатора. Основные технические характеристики приемника приведены в табл. 1.

С использованием дополнительного выносного конвертера APK-KHB4, также внесенного в Государственный ре-

естр средств измерений [12], рабочий диапазон приемника расширяется до 18 ГГц.

Внешний вид измерительного приемника показан на фото 1, 2.



Фото 1. Цифровой панорамный измерительный приемник «Аргамак-ИМ»



Фото 2. Цифровой панорамный измерительный приемник «Аргамак-ИМ» с открытым аккумуляторным отсеком

Приемник смонтирован в прочном корпусе в виде кейса (степень защиты IP65), имеет внутреннюю аккумуляторную батарею, время непрерывной работы не менее 4 ч. При работе от внешнего источника электропитания внутренняя аккумуляторная батарея автоматически заряжается. Приемник имеет выход внутреннего опорного генератора, выход цифрового демодулятора, вход сигнала внешнего опорного генератора, вход и выход промежуточной частоты 41,6 МГц. Для подключения антенны используется радиочастотный разъем N-типа. Для работы под управлением внешней ПЭВМ используется интерфейс USB 2.0.

Как и для измерительного приемника предыдущего поколения АРК-Д1ТР [13], при использовании управляющей ПЭВМ «Аргамак-ИМ» обеспечивает выполнение задач радиомониторинга, к которым относятся: цифровой спектральный анализ со скоростью не менее 600 МГц/с и дискретностью спектра 3,125 кГц, ведение баз данных, поиск источников радиоизлучений, определение вида модуляции и измерение параметров модулированных сигналов как в автоматическом, так и в ручном режиме. Указанные задачи решаются с помощью программного обеспечения, поставляемого с приемником: программ СМО-ПАИ, СМО-СТА, СМО-АСПД.

В программе СМО-ПАИ вычисление напряженности поля в заданной полосе можно осуществлять как по спектру, так и по временной выборке с помощью пикового, квазипикового и среднеквадратического детектора. Детекторы реализованы программным методом. Они работают по временной выборке сигнала на промежуточной частоте. Для выполнения требований [17] перед тем, как подвергнуть сигнал детектированию, он фильтруется в полосовом

цифровом фильтре. Полосу цифрового фильтра можно задавать из списка, в том числе имеются полосы пропускания 9 и 120 кГц, рекомендованные государственным стандартом. Предусмотрена возможность изменения постоянных времени заряда и разряда для квазипикового детектора.

Небольшие размеры устройства, широкий диапазон питающих напряжений, внутренний источник электропитания делают возможным его использование в мобильных иносимых вариантах. При наличии направленных антенн и карманного персонального компьютера измерительный приемник «Аргамак-ИМ» можно использовать как ручной пеленгатор.

На *фото 3* показан пример крепления приемника «Аргамак-ИМ» в мобильной станции «Аргумент» (слева от кресла оператора), а на *фото 4* показан оператор поста обнаружения и измерения параметров ИРИ, работающий в программе СМО-ПАИ.

Для измерения напряженности поля в мобильной станции «Аргумент» могут использоваться измерительные антенны, например П6-51, П6-52, П6-59, которые устанавливаются на поворотную телескопическую диэлектрическую мачту АРК-МТ1 [9], прикрепленную к корпусу автомобиля.

Построение распределения напряженности поля на местности

Расчетное (теоретическое) значение напряженности поля (E_T , В/м), создаваемого ИРИ, в точке приема определяется как поле свободного пространства, умноженное на коэффициент ослабления трассы распространения радиоволн [1]:

$$E_T = \frac{\sqrt{30P_c G_c}}{d_o} L, \quad (1)$$

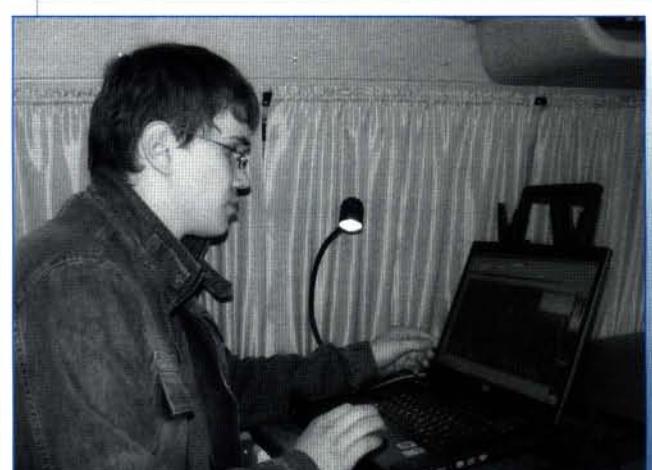


Фото 4. Пост обнаружения и измерения параметров ИРИ

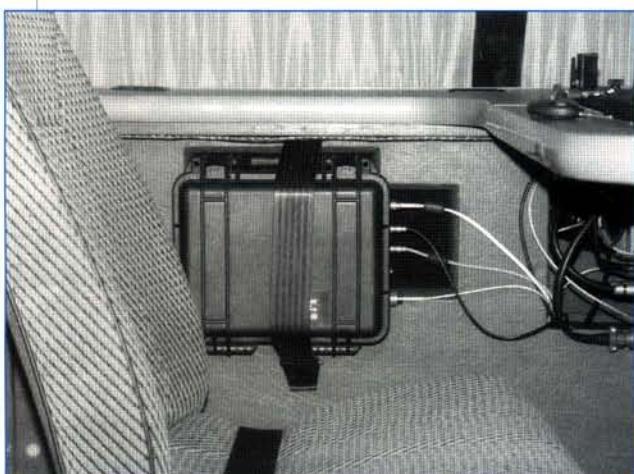


Фото 3. Размещение приемника «Аргамак-ИМ» в мобильной станции радиомониторинга «Аргумент»

где P_c – мощность передатчика радиостанции, Вт; G_c – коэффициент усиления антенны передающей радиостанции; d_o – длина трассы, м; L – дополнительный множитель ослабления (потерь) на трассе радиосвязи (дБ).

Выраженная в децибелах относительно 1 мкВ/м, формула (1) приобретает вид:

$$E_t = 134,77 + 10 \lg(P_c G_c) - 20 \lg(d_o) + L. \quad (2)$$

Расчет дополнительного множителя ослабления является сложной задачей. Можно выделить следующие основные факторы, существенно влияющие на распространение радиоволн:

- ▼ рельеф местности;
- ▼ характеристики подстилающей поверхности (шероховатость, электрические параметры);
- ▼ городская застройка;
- ▼ растительность.

Моделирование влияния перечисленных факторов на распространение радиоволн в настоящее время осуществляется различными способами: детерминированными, статистическими и комбинированными. К первым относят в основном методы геометрической оптики, физической и геометрической теорий дифракции, численные методы электродинамики. Они позволяют произвести расчеты напряженности поля с большой точностью, но предъявляют высокие требования к полноте задания модели среды. Статистические методы учитывают случайный характер распределения неоднородностей среды, оказывающих влияние на процесс распространения радиоволн. Они позволяют предсказать некоторые средние характеристики сигналов. Комбинированные методы являются сочетанием первых двух.

Необходимо обратить внимание еще на один аспект, влияющий на моделирование распространения радиоволн, – ставшее практически обязательным требование использования электронных карт местности. Появление высокопроизводительных ПЭВМ, развитие геоинформационных систем (ГИС) и обеспечение их цифровой картографической информацией (ЦКИ) дали новые возможности при решении практических задач радиомониторинга.

В настоящее время наиболее целесообразно в системах радиоконтроля использовать ГИС «Панорама», которая имеет следующие положительные особенности:

- ▼ сертификацию для использования в государственных органах и в силовых структурах;
- ▼ наличие ЦКИ на всю территорию России (номенклатурных листов масштаба 1:200000);
- ▼ наличие развитого инструментария разработчика прикладных ГИС-приложений.

В то же время необходимо отметить существующие недостатки, которые снижают эффективность использования цифровой картографии при решении практических задач:

- ▼ цифровые карты не обеспечивают высокую точность представления картографических объектов (для карт формата SXF масштаба 1:200000 точность местоположения объектов в плане 90 – 140 м, по высоте 16 – 40 м);
- ▼ цифровая картографическая информация частично устарела, т.к. оцифровывалась с листов 1980-х гг., поэтому некоторые картографические объекты отсутствуют на карте или их конфигурация не соответствует реальности (в частности, характеристики городской застройки и лесопарковых зон);
- ▼ перечень и характеристики ЦКИ не вполне удовлетворяют потребности в необходимой информации для использования существующих моделей распространения радиоволн применительно к реальным трассам (недостаточно подробно представлена информация о застройке, характеристиках растительности и подстилающей поверхности).

Таким образом, выбор теоретических моделей распространения радиоволн ограничен полнотой и точностью ЦКИ. В связи с этим для проведения расчетов целесообразно использовать адаптированную к точности ЦКИ комбинированную модель: детерминированный учет ЦКИ о рельефе местности, застройке, растительности, статистический учет эффектов распространения (подстилающей поверхности, распространения внутри кварталов и лесных массивов), и, наконец, коррекцию параметров модели распространения по результатам натурных измерений. Рельеф местности является важнейшим фактором при расчете трасс в условиях пересеченной местности. Наиболее часто для оценки влияния рельефа местности используются приближенные формулы, приведенные в докладах МККР [2]. Они основаны на статистической обработке реальных измерений для определенных типов рельефа, т.е. не учитывают характеристики конкретных трасс распространения.

В то же время наличие ЦКИ о рельефе местности и высокая производительность современных ПЭВМ позволяют решать задачи большой сложности на основе учета профилей трасс радиосвязи. Но применение точных методов ограничено малой достоверностью ЦКИ. Поэтому в последнее время широко распространен подход, сочетающий учет характеристик рельефа конкретных трасс и результаты статистической обработки реальных измерений. Так, для расчета дифракционных потерь, являющихся важнейшей составляющей множителя ослабления на приземных трассах радиосвязи, применяется следующий ме-

тод [3]. На реальных трассах, проходящих над среднепересеченной и горной местностями, углы дифракции обычно менее 5° , а радиус кривизны каждого препятствия много меньше земного радиуса. Препятствие обычно аппроксимируется сферой. При этих условиях дифракционные потери L_D (дБ) относительно свободного пространства могут быть рассчитаны (для одного препятствия на трассе с параметрами x, y , определяемыми координатами) по формуле:

$$L_D = -6,4 - 20 \lg \left[\sqrt{\left(\frac{2\theta^2}{x} + 1 \right)} + 1,41 \frac{\theta}{\sqrt{x}} \right] - K_H \left(6,6x^{0,75}y^{1,5} - \begin{cases} 18,3\theta & \text{для } \theta > 0 \\ 11,7x^{0,25}y^{1,5}\theta & \text{для } \theta < 0 \end{cases} \right), \quad (3)$$

где

$$x = \frac{3 \times 10^{-4} d_0}{f d_a d_b}; \quad y = 14,9 R^{1/3} f^{1/3}; \quad K_H = \exp \left(-0,5 \left(\frac{f}{R} \right)^{1/3} \right);$$

d_0 – длина трассы, км; d_a и d_b – расстояния от конечных точек трассы до пересечения касательных к препятствию, км; f – частота, ГГц; θ – угол дифракции, рад; R – радиус кривизны препятствия, км; K_H – дополнительный множитель, учитывающий рассеяние радиоволн на шероховатостях вершины.

Полное дифракционное ослабление на трассе с несколькими препятствиями складывается из ослаблений на каждом препятствии с учетом взаимного влияния соседних препятствий. В работе [4] представлена полуэмпирическая модель для расчета дифракционного ослабления радиоволн на произвольном числе реальных препятствий на трассе. Городская среда создает специфические условия для распространения радиоволн. Теневые зоны, многократные отражения и рассеяние волн формируют многолучевые поля со сложной интерференционной структурой и резкими пространственными изменениями уровня сигнала. В городских условиях можно выделить следующие основные элементы, влияющие на распространение радиоволн:

- ▼ направляющие структуры (проспекты, улицы, участки рек, контактные линии городского электротранспорта и др.);
- ▼ отдельное здание или группы зданий;
- ▼ поверхность земли и объекты на ней (автомобили, столбы, заборы и т.п.);
- ▼ участки растительности (парки, скверы, дворовые насаждения и пр.);
- ▼ рельеф местности.

В настоящее время существует целый ряд математических моделей, дающих возможность рассчитать в городских условиях усредненное значение ослабления радио-

сигнала в зависимости от различных параметров, характеризующих конкретные условия.

Исторически первыми явились эмпирические графики, полученные Дж. Окамурой [5] и позволяющие определить медианное значение сигнала в условиях статистически однородного города, а также учесть те или иные особенности города или отдельных городских районов.

По полученным Окамурой графикам различными авторами были выведены аналитические выражения для расчета потерь. Модель, разработанная К. Олсбруком и Дж. Парсонсом, позволяет предсказать основные потери передачи L [6]:

$$L = L_F + ((L_P - L_F)^2 + L_D^2)^{1/2} + L_B + \gamma, \quad (4)$$

где L_F – потери передачи в свободном пространстве (дБ), рассчитываемые по формуле:

$$L_F = 32,45 + 20 \lg(f) + 20 \lg(R), \quad (5)$$

где f – рабочая частота, МГц; R – расстояние между передающей и приемной антеннами, км;

L_P – потери распространения над плоской землей (дБ), которые могут быть рассчитаны следующим образом:

$$L_P = 120 - 20 \lg(h_m) - 20 \lg(h_b) + 40 \lg(R), \quad (6)$$

где h_m, h_b – высота приемной и передающей антенн соответственно, м; км; L_D – дифракционные потери, (дБ), обусловленные характером рельефа местности под городской застройкой (сферичностью земли, наличием холмистости, подстилающей поверхностью и др.), причем эти потери рассчитываются в предположении отсутствия застройки методом, описанным выше (3);

L_B – потери, вызванные наличием городской застройки, (дБ), рассчитываемые по формуле:

$$L_B = 20 \lg \left(\frac{h_0 - h_m}{\sqrt{d \lambda}} \right) + 16, \quad (7)$$

где λ – длина волны, м; d – эффективная ширина улицы, на которой расположена приемная антенна, м; h_0 – средняя высота зданий вблизи приемной антенны, м; h_m – высота приемной антенны, м; γ – поправочный коэффициент, зависящий от частоты, причем $\gamma = 0$ при $f < 200$ МГц, а для $f > 200$ МГц значение определяется по специальному графику [6].

Усредненные эмпирические формулы для расчета потерь распространения в условиях города позволяют определить затухание с точностью до 7...17 дБ [7].

На рис. 1 приведены примеры основных трасс распространения радиоволн, для которых производились расчеты ослабления с использованием ЦКИ о характеристиках городской застройки.

При расчете переотражений от кварталов городской застройки целесообразно учитывать только кварталы, находящиеся далее от рассчитываемой точки на трассе распространения, как дающие наибольший вклад, боковые переотражения не учитываются из-за больших алгоритмических и вычислительных проблем.

Наиболее существенное влияние на условия распространения радиоволн в лесопарковых зонах оказывают следующие факторы: порода (вид) деревьев, плотность их расположения, высота и форма кроны. Следует иметь в виду, что плотность листвы в кронах деревьев

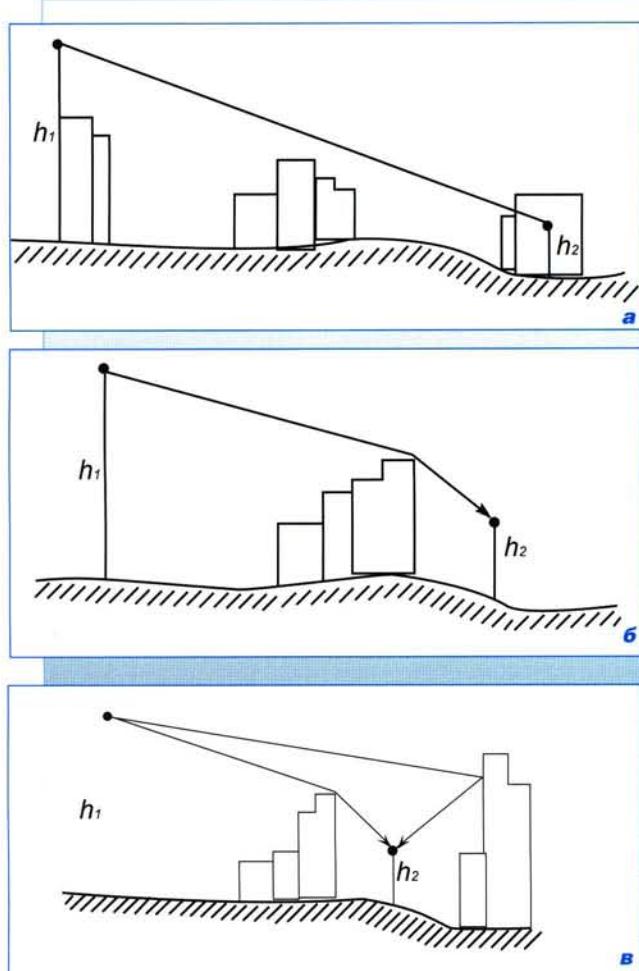


Рис. 1. Примеры основных трасс распространения радиоволн в городе:
a – открытая трасса распространения вплоть до начала квартала застройки и далее – затухание внутри квартала (высота приемной антенны ниже средних высот домов);
б – закрытая трасса с дифракцией радиоволн на краях крыш зданий (здания моделируются клиновидными полупрозрачными препятствиями);
в – комбинированная трасса с дифракцией волн на краях крыш зданий и отражениями сигнала от зданий, находящихся на открытых участках

меняется в разные времена года, а электрические характеристики древесины значительно изменяются с погодными условиями. Очевидно, что учет всех факторов, определяющих условия распространения радиоволн в лесопарковых зонах, невозможен без применения статистических методов.

При затенении приемной антенны лесным массивом дополнительное ослабление, вносимое лесом, определяется как [8]:

$$L_{\text{л}} = \alpha_{\text{л}} R_{\text{л}}, \quad (8)$$

где $\alpha_{\text{л}}$ – погонное ослабление сигнала в лесу, дБ/м; $R_{\text{л}}$ – длина пути волны в лесу, м (рис. 2).

Ослабление, вносимое лесом, возрастает только до определенного значения и далее остается примерно на том же уровне вследствие приема волны, огибающей лес. По гру-

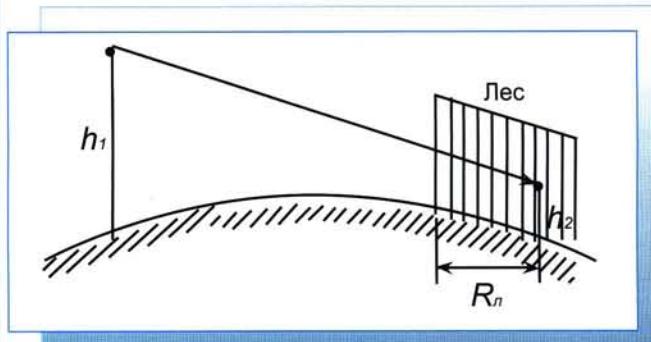


Рис. 2. К расчету дополнительного ослабления в условиях леса

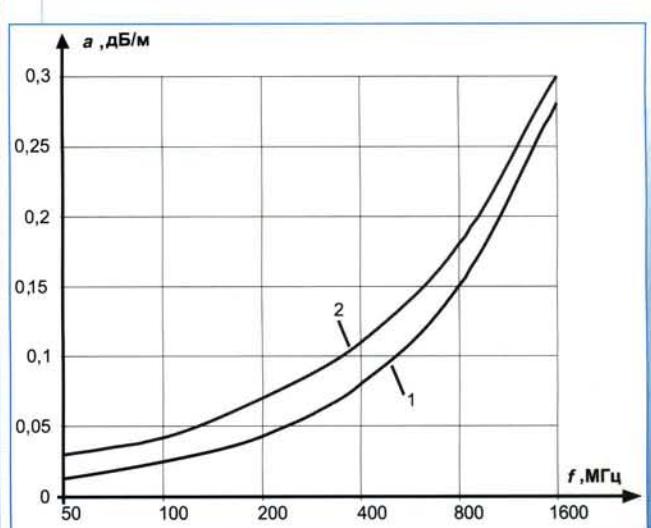


Рис. 3. Зависимость погонного ослабления в лесу от частоты и поляризации:
1 – горизонтальная поляризация;
2 – вертикальная поляризация

бой оценке ослабление может достигать значения около 30 дБ в дециметровом диапазоне.

Описываемый метод расчета пригоден и для случая, когда в лесу расположены обе антенны (передатчика и приемника). На трассе, показанной на рис. 2, возникнут дополнительные потери в несколько децибел при «вхождении» волн в лесной массив.

В качестве примера на рис. 3 приведены зависимости пологового ослабления от частоты и поляризации сигнала для трасс с лесом. Для вертикальной поляризации ослабление несколько выше, чем для горизонтальной, что объясняется влиянием стволов деревьев [8].

Решение задач, связанных с измерением напряженности поля, в программе картографии и навигации СМО-КН

Для расчетов и отображения результатов измерений, связанных с напряженностью поля, используется программа СМО-КН, в которой учитывается влияние следующих факторов:

- ▼ рельефа местности;
- ▼ кварталов застройки;
- ▼ переотражений от кварталов застройки;
- ▼ участков растительности;
- ▼ диаграммы направленности антенны передатчика;
- ▼ высоты подъема антенны передатчика.

Для представления распределения напряженности поля на картографическом фоне в программе используется цветовое представление интенсивностей, при этом используется геодезическая палитра цветов. С помощью перемещения порога на карте можно отображать зоны, для которых значение напряженности поля превышает заданную величину, формируя таким образом зону покрытия. В базе данных истории сохраняются все поступившие измеренные значения и навигационные данные:

- ▼ отбор значений для расчета по конкретной частоте (источнику);
- ▼ отбор данных для расчета распределения напряженности поля в выбранной области;
- ▼ отбор данных для расчета по произвольному интервалу времени;
- ▼ прокрутка маршрута движения мобильной станции с графическим и текстовым отображением данных;
- ▼ полная имитация сеанса работы, когда накопленные данные поступают из файла истории;
- ▼ расчет распределения напряженности поля на местности с учетом выбранных влияющих факторов;
- ▼ расчет и отображение зоны уверенного приема источника радиоизлучения с учетом измерений напряженности;

▼ определение местоположения ИРИ и их предполагаемых характеристик;

▼ формирование отчетов с результатами измерений.

По полученному электромагнитному рельефу поля в программе СМО-КН решаются задачи определения зон покрытия и местоположения ИРИ, проверки заявленных характеристик передатчиков, оценки электромагнитной совместимости источников.

Маршрут движения мобильной станции при измерениях напряженности электромагнитного поля зависит от решаемой задачи.

Например, при определении местоположения ИРИ маршрут должен выбираться следующим образом. Для формирования начальных данных о градиентах напряженности поля необходимо проехать несколько километров в одном направлении, затем примерно столько же в перпендикулярном направлении. После этого на основе полученных измерений решается в первом приближении задача определения местоположения ИРИ, при этом для ускорения расчетов используется теоретическая модель распространения радиоволн без учета рельефа местности и других параметров. Ориентируясь на результаты решения этой задачи, выбирается маршрут, имеющий форму сужающейся спирали и охватывающий район возможного расположения ИРИ. После предварительной локализации ИРИ с точностью 1–2 км рассчитывают местоположение ИРИ с учетом рельефа местности, застройки и растительности. Описанная выше процедура поиска ИРИ в движении иллюстрируется на рис. 4.

Здесь показаны последовательные состояния решения задачи определения местоположения ИРИ по проводимым измерениям напряженности электромагнитного поля. Мобильная станция обозначена кружком со стрелкой, которая показывает направление ее движения, в прямоугольных флагах приведены измеренные в этих точках значения напряженности поля, белым кружком обозначено местоположение ИРИ, концентрическими зонами разных оттенков показаны зоны, в каждой из которых напряженность поля имеет одно значение. В ходе измерений, проводимых в движении, местоположение ИРИ постепенно уточняется. Если использовать модель распространения радиоволн без учета рельефа местности, застройки, растительности, то точность определения местоположения ИРИ в данном примере составляет около 1 км, с учетом этих факторов – менее 200 м.

С помощью программы СМО-КН по результатам измерений напряженности поля решаются также задачи проверки заявленных характеристик ИРИ, в том числе его мощность, диаграмма направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях, высота подвеса

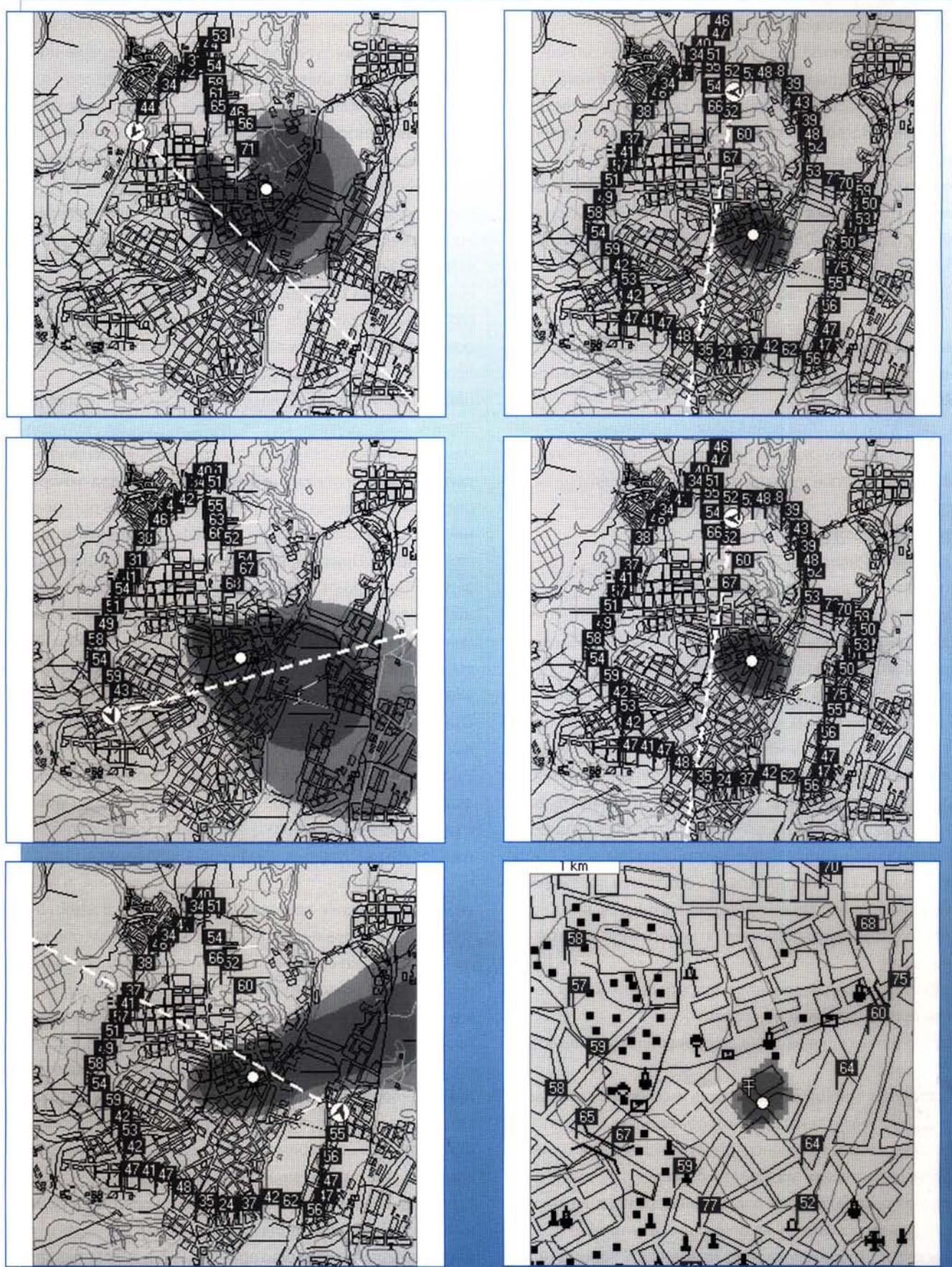


Рис. 4. Процедура локализации ИРИ

антенны и ее координаты. При этом могут использоваться измерения, сделанные в разное время, в различных погодных условиях, разными средствами измерений, отличающимися высотой антенны, т. к. в программе предусмотрен алгоритм приведения результатов к единым условиям.



Рис. 5. Теоретическое распределение напряженности поля сигнала источника



Рис. 6. Уточненное распределение напряженности поля сигнала по результатам измерений

Для уточнения различных характеристик требуются различные объемы экспериментальных данных. Например, для уточнения мощности передатчика оказывается достаточным сделать несколько десятков измерений напряженности электромагнитного поля, в то время как для уточнения параметров диаграммы направленности антенны необходимо увеличение числа измерений на два или даже три порядка. В последнем случае измерения должны проводиться на кольцевых маршрутах вокруг ИРИ и на разных удалениях от него.

Задача решается на основе автоматического дискретного перебора значений мощности из диапазона, задаваемого оператором, в целях поиска такого значения мощности, который обеспечит максимальное совпадение результатов измерений с теоретическими расчетами. На рис. 5 представлено теоретическое распределение напряженности поля сигнала передатчика в соответствии с заявленной мощностью, равной 30 Вт. На рис. 6 представлены результаты уточнения напряженности поля сигнала по результатам измерений, при этом уточненная мощность передатчика составила всего 6 Вт.



Рис. 7. Участки конфликтного приема сигнала от двух радиостанций

Важной задачей измерений и расчетов напряженности поля является определение уровня взаимных помех для оценки электромагнитной совместимости ИРИ.

На рис. 7 приведены результаты расчета участков конфликтного приема сигналов от двух передатчиков (их расположение показано стрелками), рассчитанные на основе защитных отношений – предельных отношений напряжен-

ности полезного и мешающего сигналов для обеспечения условий устойчивого приема. Более светлым цветом показаны участки конфликтного приема.

Заключение

Панорамный цифровой измерительный приемник «Аргамак-ИМ» под управлением программы СМО-ПАИ предназначен для измерения напряженности поля и параметров модуляции сигналов как в режиме экспресс-анализа во время движения, так и на стоянке.

Это делает возможным построение точной картины пространственного распределения напряженности поля с последующим расчетом координат ИРИ, проверку мощности радиопередатчиков, определение фактической

диаграммы направленности их антенн, определение зон покрытия средств вещания и связи, оценку электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем.

При определении напряженности поля в программе СМО-КН учитывается влияние рельефа местности, кварталов застройки, расстояния, диаграммы направленности антенны передатчика, высоты подъема антенны передатчика, при этом в базе данных истории сохраняются все результаты измерений и навигационные данные. Анализ накопленных результатов может производиться по отдельной частоте или группе частот, выбранной пространственной области и временному интервалу. 

Литература

1. Калинин А.И., Черенкова Е.Л. *Распространение радиоволн и работа радиолиний: Учебник для вузов связи.* – М.: Связь, 1971, с. 440.
2. CCIR. Report 715-2, *Propagation by diffraction. – Recommendation and reports, XVII Plenary assembly, Dusseldorf, 1990.*
3. Ларин Е.А. *Расчет дифракционного ослабления радиоволн на приземных трассах над пересеченной и горной местностью.* // Электросвязь, 1997, № 1, с. 17 – 20.
4. Hata M. *Empirical formula for propagation loss in land mobile radio service. IEEE Trans. Veh. Technol., 1980, v. VT-29, no. 3, p. 317 – 325.*
5. Okamura, J. et. al., *Field Strength and its Variability in VHF and UHF Land Mobile Radio service, Rev. Inst. Elec. Eng., 1968, vol. 16, no. 9 – 10, pp. 825 – 873.*
6. Delise G.Y., *Propagation Loss Prediction: A Comparative Study with Application to the Mobile Radio Channel, IEEE Trans. Veh. Technol., 1985, vol. VT-34, no. 2, pp. 86 – 95.*
7. *Распространение УКВ в городах. Сб. статей /Науч. ред. Э.М. Квартиркин. – ВНИТИ. Итоги науки и техники. Сер. Радиотехника, 1992, т. 42.*
8. *Справочник сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ-вещания: Справочник/ М.Г. Локшин и др. – М.: Радио и связь, 1988, с. 144.*
9. Каталог компании «ИРКОС», М., 2006.
10. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Сергиенко А. Р. *Построение многофункциональных систем радиомониторинга на основе семейства малогабаритных цифровых радиоприемных устройств и модулей.* // Специальная техника, 2005, № 4.
11. АРГАМАК-И – приемник панорамный измерительный. Сертификат Госстандарта России об утверждении типа средств измерений RU.E.35.018.A № 18189 от 04.07.2004, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 27325-04.
12. APK-KHB4 – конвертер выносной. Сертификат № 17735 Госстандарта России от 04.06.2004 о внесении конвертеров выносных APK-KHB4 в реестр средств измерения РФ под № 26994-04.
13. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Столпин В.М., Токарев А.Б. *Использование панорамного измерительного приемника APK-Д1TP в мобильных станциях радиомониторинга «Аргумент».* // Специальная техника, 2004, № 5, с. 38 – 49.
14. Сергеев В.Б., Сергиенко А.Р., Переверзев С.Б. *Приемник панорамный измерительный APK-Д1TP.* // Специальная техника, 2004, № 4.
15. Ашихмин А.В., Жуков А.А., Козьмин В.А., Шадрин И.А. *Локализация источников радиоизлучения и измерение напряженности поля с помощью мобильной станции радиоконтроля.* // Специальная техника. Специальный выпуск, 2003, с. 9 – 18.
16. Сертификат № 17735 Госстандарта России от 04.06.2004 о внесении конвертеров выносных APK-KHB4 в реестр средств измерения РФ под № 26994-04.
17. ГОСТ Р_51319-99 «Приборы для измерения индустриальных радиопомех». Госстандарт России, М., 1999.