

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

КОЗЬМИН Владимир Алексеевич,
кандидат технических наук, доцент
САВЕЛЬЕВ Алексей Михайлович
УФАЕВ Владимир Анатольевич,
доктор технических наук
ЧУБОВ Евгений Алексеевич

Определение местоположения ИРИ с помощью мобильной станции радиомониторинга является сложной задачей ввиду многолучевого распространения радиоволн и частого отсутствия прямой видимости. Совместная работа мобильной станции с сетью постов радиопеленгования стационарной системы значительно упрощает и ускоряет процедуру местоопределения ИРИ [1]. Но стационарная система, как правило, не обеспечивает полного покрытия всей необходимой территории, а поэтому задача определения местоположения ИРИ одиночной мобильной станцией по-прежнему остается актуальной. При одиночной работе мобильной станции для определения местоположения ИРИ могут использоваться несколько методов: метод привода, квазистационарный метод и метод вычисления координат источников в движении [2]. Метод привода основан на движении мобильной станции в зону расположения ИРИ по направлению пеленгов и росту амплитуды сигнала, в результате поиска мобильная станция оказывается в непосредственной близости от ИРИ. Квазистационарный метод сводится к нескольким сеансам пеленгования ИРИ из удаленных друг от друга стационарных позиций, координаты оцениваются на карте по засечкам, которые дают пересекающиеся

пеленги. Метод вычисления координат в движении основан на непрерывном пеленговании и измерении амплитуды сигнала во время всего движения станции.

Если в состав мобильной станции входят быстродействующее радиооборудование, навигационная аппаратура и соответствующее программное обеспечение, то, как свидетельствует практика, метод вычисления координат ИРИ в движении охотно используется операторами мобильных станций. Это объясняется тем, что при движении станции происходит непрерывный прием радиосигналов, что особенно важно при пеленговании периодически или кратковременно работающих источников, также возможно использование многоканального пеленгования для определения координат нескольких ИРИ одновременно, обеспечивается скрытность работы станции, поскольку она находится в потоке городского транспорта. При этом не запрещено пользоваться методом привода или если встречается «хорошая» позиция, например на доминирующей высоте, то поработать на остановке, а затем продолжить поиск в движении.

Использование метода вычисления координат ИРИ в движении становится возможным при наличии программного обеспечения, позволяющего работать с одиночной мобильной станцией как с территориально распределен-

ной многопозиционной системой. В специальном математическом обеспечении картографии и навигации СМО-КН для мобильной станции радиомониторинга АРГУМЕНТ реализовано несколько методов оценки координат ИРИ [3, 4]:

- матричный;
- кластерный;
- максимума правдоподобия;
- амплитудный;
- амплитудно-угломерный.

Целью настоящей статьи является систематизация перечисленных методов, рассмотрение результатов их экспериментальной проверки в городских условиях и загородной зоне, выбор методов, которые наиболее удобны для практики определения местоположения ИРИ одиночной мобильной станцией.

Рассмотрим вначале основные принципы, которые лежат в основе названных методов оценки координат ИРИ.

Методы оценки координат ИРИ

Во всех методах мобильная станция радиомониторинга, находящаяся в движении, рассматривается как многопозиционная система с поочередной обработкой принимаемых сигналов из точек, составляющих маршрут станции. Определение координат ИРИ осуществляется путем пространственно-временной обработки результатов измерения пеленгов или амплитуд принимаемых сигналов.

Матричный метод оценки местоположения ИРИ основан на использовании матричной сетки, покрывающей рабочую зону на электронной карте, размер ячеек сетки подбирается в зависимости от величины рабочей зоны и требуемой точности.

Сетка рассматривается как растр, пеленги прокладываются в ней растровым алгоритмом, они суммируются по амплитуде в ячейках сетки. В результате получается трехмерная поверхность с максимумами в тех ячейках сетки, где пеленги чаще накладывались друг на друга и имели большую амплитуду. Решение о местоположении ИРИ принимается для той ячейки, которой соответствует наибольшее накопленное значение.

Поверхность пеленгов отображается на карте в виде фигуры с цветовым выделением амплитуды, аналогично цветовой шкале высот. Задавая порог отображения в процентах от абсолютного максимума, можно регулировать объем отображаемой информации.

Для автоматического определения максимумов используется специальный алгоритм, в результате находятся изолированные области, амплитуда в которых превышает значение порога. Затем для каждой изолированной области определяется «центр», представляющий собой координаты абсолютного максимума, если он четко выражен, либо координаты математического ожидания области в случае, если картина «размазана». Координаты «центра» изолированной области выше порога считаются расчетной точкой расположения ИРИ [2].

На рис. 1 показано отображение поверхности пеленгов для матричного алгоритма. Мобильный пеленгатор обозначен белым кружком со стрелкой, расчетная точка – белым кружком.

При одновременной работе нескольких радиостанций на одной частоте на поверхности пеленгов можно наблюдать два или больше сравнимых по величине максимума. В результате могут быть выявлены несколько источников радиоизлучения, работающих на одной частоте.

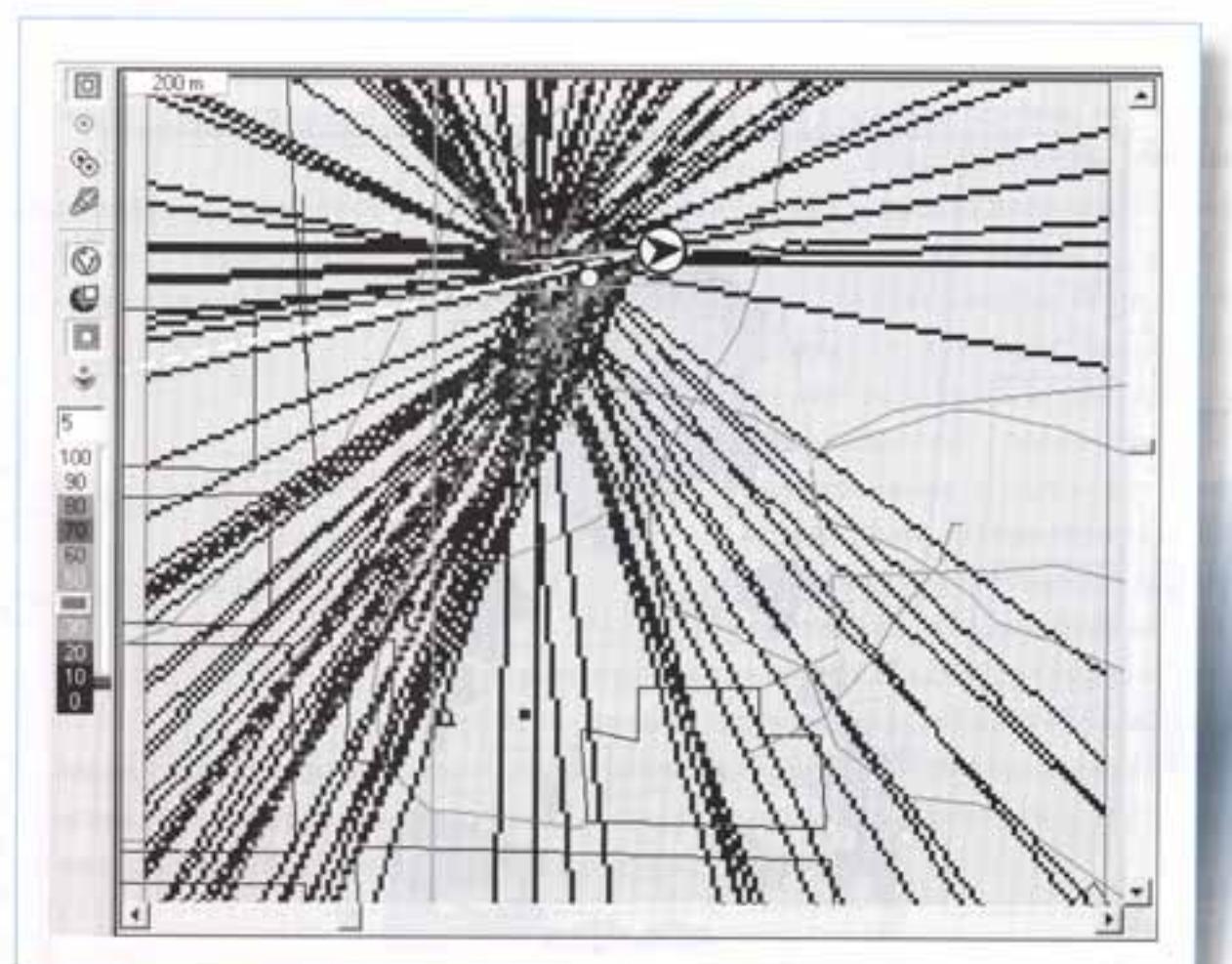


Рис. 1. Отображение поверхности пеленгов и расчетной точки по матричному методу

К достоинствам матричного метода можно отнести вычислительную простоту, что дает возможность использования ПЭВМ с небольшим быстродействием.

Основным недостатком метода является невозможность вычисления координат ИРИ в случае, если мобильная станция перемещается по направлению к точке расположения ИРИ. Действительно, в этом случае пеленги будут проходить через одни и те же ячейки матрицы, в результате будет формироваться поверхность в виде протяженного «гребня» с большой амплитудой, а не в виде локальной области с четко выраженным максимумом в месте расположения ИРИ. Другими словами, использование этого метода затруднено при работе мобильной станции по методу привода. Кроме того, для сети из стационарных пеленгаторов при пеленговании неподвижного ИРИ пеленги также будут проходить через одни и те же ячейки матрицы, создавая «гребни».

Кластерный метод является развитием матричного метода. В его основе лежит метод моментов [5]. Исходными данными для расчетов являются: выборка пеленгов $\hat{\theta}_n$, измеренных с учетом курсового угла пеленгатора, координаты пеленгатора на момент приема $\hat{Z}_n = X_n + j Y_n$, где $n = 0, \dots, N - 1$ – номер пункта приема.

Измеренные пеленги приравнивают к истинным значениям, зависящим от неизвестных координат (x, y) ИРИ:

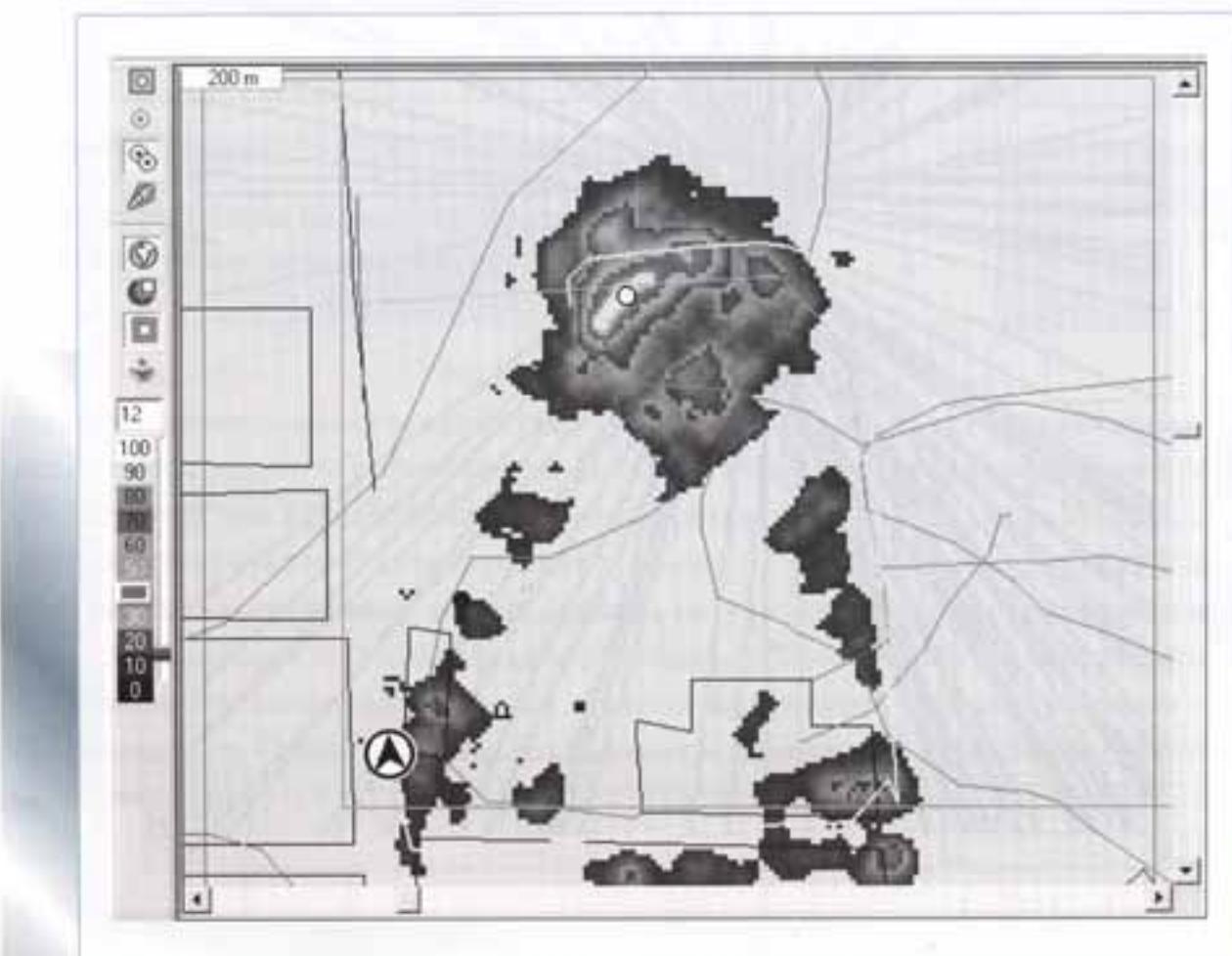


Рис. 2. Отображение поверхности пеленгов и расчетной точки по кластерному методу

$$\hat{\theta}_n = \theta_n(x, y) = \arg(\hat{z}(x, y) - \hat{Z}_n), \quad (1)$$

где $\arg(y)$ означает операцию вычисления аргумента комплексной функции y . Из выражения (1) имеем уравнение линии пеленга

$$\hat{y}_{(n)} = Y_n + (\hat{x}_{(n)} - X_n) \operatorname{tg} \hat{\theta}_n. \quad (2)$$

Уравнение линии пеленга (2) есть луч в декартовой системе координат. Представим этот луч как функцию двух переменных

$$\hat{z}_n(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = \hat{x}_n, y = \hat{y}_n; \\ 0, & \text{если } x \neq \hat{x}_n, y \neq \hat{y}_n. \end{cases} \quad (3)$$

При однократном пеленговании координаты источника неоднозначны, поэтому осуществляют их усреднение по совокупности пеленгов, полученных в l позициях мобильной станции, максимизация функции (3) обеспечивает оценку координат ИРИ:

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \arg \left(\max_{(x, y)} \sum_n \hat{z}_n(x, y) \right), \quad (4)$$

где $\arg(y)$ обозначает операцию вычисления значений аргументов функции y .

Техническая реализация кластерного метода также основана на использовании матричной сетки, покрывающей рабочую зону на карте. Но в ячейках сетки накапливаются не линии пеленгов, а засечки – точки пересечения пеленгов, которые определяются как решения триангуляционной задачи. В результате образуется трехмерная поверхность, амплитуда будет больше в тех ячейках сетки, где пеленги чаще пересекались друг с другом.

Первая часть алгоритма состоит в построении поверхности пеленгов. Задача триангуляции сводится к вычислению координат точки пересечения пеленгов для двух позиций мобильной станции с известными координатами. По сравнению с матричным методом вычисление координат точек пересечения пеленгов требует больших вычислительных ресурсов. Для

определения точек пересечения используются все значения пеленгов. Каждой точке присваивается весовая

коэффициент, учитывающий угол пересечения пеленгов, коэффициент будет тем больше, чем ближе к 90° значение угла пересечения.

Вторая часть алгоритма состоит в определении на матрице центров зон максимумов. Здесь используются те же приемы, что и в матричном методе.

На рис. 2 показано отображение поверхности пеленгов для кластерного алгоритма.

Как и для матричного метода, при одновременной работе нескольких радиостанций на одной частоте на поверхности пеленгов наблюдаются несколько максимумов, то есть кластерный метод обеспечивает определение координат нескольких ИРИ, работающих одновременно на одной частоте.

К достоинствам кластерного метода можно отнести возможность определения местоположения ИРИ по меньшему числу пеленгов, чем для матричного алгоритма, возможность использования для местоопределения в территориально распределенной системе, состоящей из стационарных радиопеленгаторов.

Основным недостатком метода является большой объем вычислительных затрат. Поэтому для кластерного метода желательно использование ПЭВМ с высоким быстродействием. Кластерный метод, как и матричный, не позволяет вычислять координаты ИРИ в случае перемещения мобильной станции по направлению к источнику.

Метод максимума правдоподобия основан на описании выборки некоррелированных пеленгов многомерной нормальной плотностью распределения вероятностей:

$$w[\hat{\theta}, x, y] = \frac{1}{(2\pi\sigma_\theta^2)^{\frac{N}{2}}} e^{-\frac{1}{2\sigma_\theta^2} \sum_{n=0}^{N-1} (\hat{\theta}_n - \theta_n(x, y))^2}, \quad (5)$$

где σ_θ^2 – дисперсия измерений пеленгов, зависящая от инструментальной ошибки пеленгования, отношения сигнал/шум; условий распространения радиоволн, $\hat{\theta}_n$ – выборка значений пеленгов, $\theta_n(x, y)$ – неизвестное истинное значение пеленга для n -й позиции мобильной станции.

Оценка координат ИРИ соответствует координатам максимума функции правдоподобия (5) или минимума оценочной дисперсии:

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \arg \left(\min_{(x, y)} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (\hat{\theta}_n - \theta_n(x, y))^2 \right) \right), \quad (6)$$

где $\arg(z)$ обозначает операцию вычисления значений аргументов функции z .

При практической реализации рассмотренного метода используется последовательное по мере увеличения количества полученных пеленгов вычисление координат ИРИ [2].

Метод максимума правдоподобия, как и два предыдущих метода, не может вычислить координаты ИРИ в случае перемещения мобильной станции по направлению к нему.

Амплитудный метод основан на учете зависимости амплитуды поля источника от расстояния до него. Исходные данные: выборка амплитуды и координаты пеленгатора на момент приема. В предположении, что выборочные комплексные амплитуды сигналов \dot{S}_n не связаны между собой, они задаются многомерной нормальной плотностью распределения вероятностей

$$W(\dot{S}, x, y) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{\frac{N}{2}}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} \left(\dot{S}_n - \frac{\mu}{r_n^p(x, y)} e^{i\phi_n} \right)^2}, \quad (7)$$

где σ^2 – дисперсия шума в канале приема, ϕ_n – начальная фаза сигнала, μ – энергетический параметр, $r_n(x, y) = |\dot{z}(x, y) - \dot{Z}_n|$ – расстояние от источника до точки приема.

Зависимость амплитуды напряженности поля в точке приема от пространственного положения источника в данном случае определяется параметром распространения p . Эта зависимость может быть более сложной с учетом рельефа местности, плотности застройки. Энергетический параметр μ определяется мощностью излучения, высотами поднятия антенн передатчика и пеленгатора, длиной волны излучения. Выполнив усреднение функции правдоподобия (7) по неизвестным параметрам μ и ϕ_n , приходим к выражению:

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \arg \left(\min_{(x, y)} \left(\sum_{n=0}^{N-1} |\dot{S}_n|^2 - \frac{\left(\sum_{n=0}^{N-1} |\dot{S}_n| / r_n^{-p}(x, y) \right)^2}{\sum_{n=0}^{N-1} r_n^{-2p}(x, y)} \right) \right). \quad (8)$$

В программе СМО-КН в реализации амплитудного метода учитываются также зависимости напряженности поля от рельефа местности, городской застройки, лесных массивов, а также отражение сигналов от кварталов домов. В качестве примера на рис. 3 показана поверхность уровней сигнала, полученная в ходе определения местоположения ИРИ. Белый кружок соответствует расчетной точке, флагжками показаны точки измерения и уровни сигналов, использованные для вычисления координат ИРИ. Очевидно, что при использовании амплитудного метода желательно выбирать такой маршрут движения станции, чтобы наблюдалось явное изменение амплитуды сигнала. Для реализации амплитудного метода достаточно

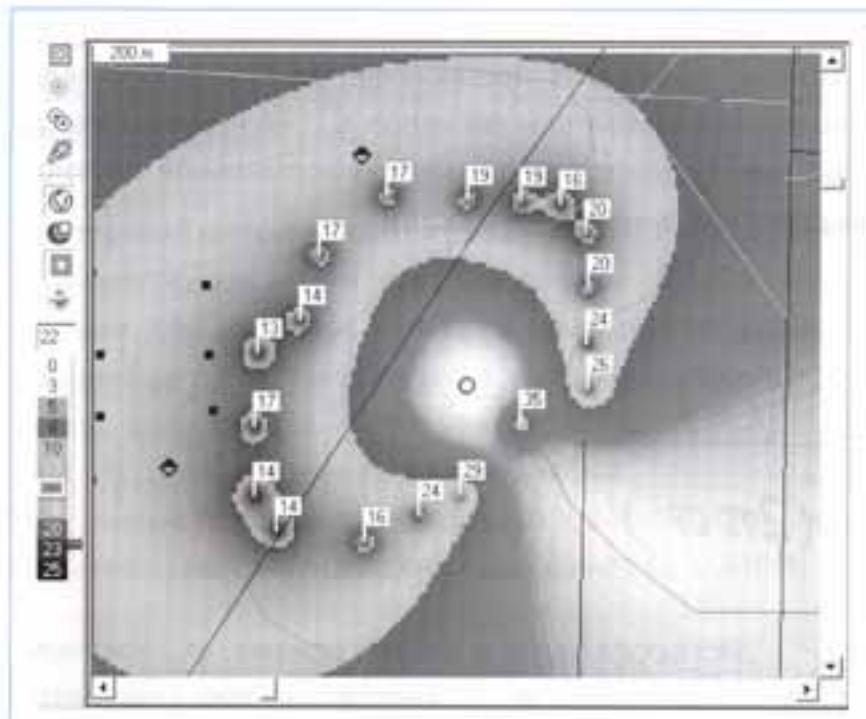


Рис. 3. Поверхность уровней сигнала и расчетная точка по амплитудному методу

Учет совокупности значений пеленгов и амплитуд, зависящих от координат источника (9), обеспечивает уменьшение времени местоопределения ИРИ. Кроме того, обеспечивается оценка координат ИРИ при движении мобильной станции по направлению к ИРИ, что невозможно при использовании матричного, кластерного или метода максимума правдоподобия.

В программе СМО-КН для амплитудно-угломерного метода используется наглядное отображение функции правдоподобия, показывающей зону наиболее вероятного расположения источника. На рис. 4 показан пример отображения зоны расположения источника сразу после начала движения мобильной станции. Маршрут движения

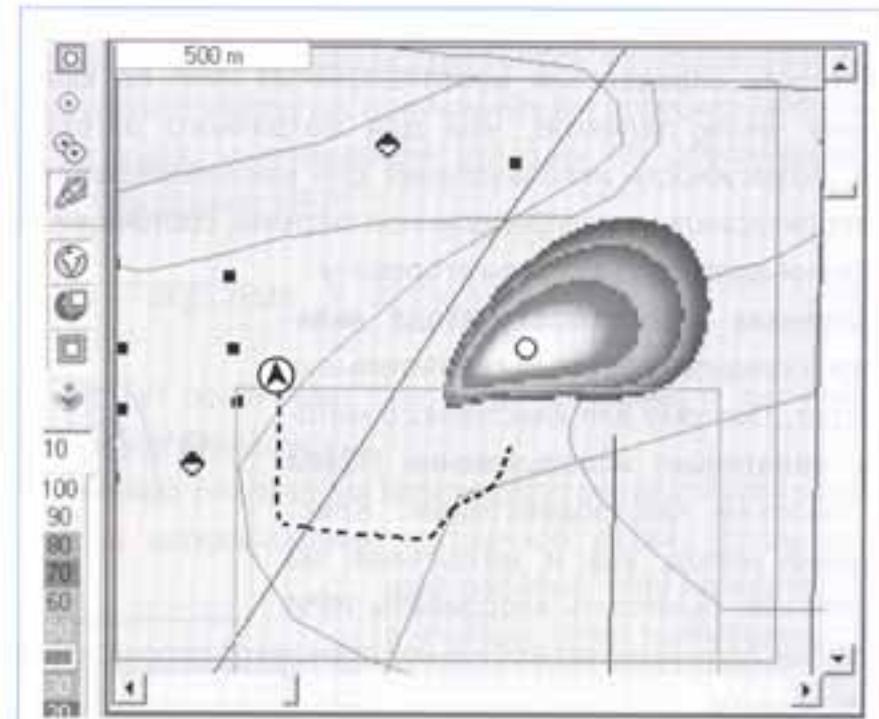


Рис. 4. Амплитудно-угломерный метод

наличие измерительного приемника и навигационной аппаратуры, при этом непосредственно радиопеленгатор не требуется, что в ряде случаев оказывается предпочтительным по критерию стоимости оборудования.

Амплитудно-угломерный метод основан на комплексном использовании информации об амплитуде и пеленге, он объединяет амплитудный метод и метод максимума правдоподобия. Правило оценки координат при независимых измерениях состоит в минимизации произведения:

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \arg \min_{(x, y)} \left\{ \sum_{n=0}^{N-1} \left(\bar{\theta}_n - \theta_n(x, y) \right)^2 \left(\sum_{n=0}^{N-1} \left| \dot{S}_n \right|^2 - \frac{\left(\sum_{n=0}^{N-1} \dot{S}_n / r_n^{-p}(x, y) \right)^2}{\sum_{n=0}^{N-1} r_n^{-2p}(x, y)} \right) \right\} \quad (9)$$

станицы показан пунктиром. По мере накопления данных зона вероятного расположения источника будет сужаться, его местоположение уточняться.

При использовании амплитудно-угломерного метода для оценки координат ИРИ в отличие от матричного, кластерного и метода максимума правдоподобия возможны маршруты движения по лучу непосредственно к ИРИ или от ИРИ. Таким образом, амплитудно-угломерный метод хорошо сочетается с движением автомобиля по методу приво-

да, при этом имея на карте наглядное отображение необходимого направления движения.

Условия проведения испытаний

Для проведения испытаний была использована мобильная станция радиомониторинга АРГУМЕНТ, оборудованная радиопеленгатором АРТИКУЛ-М с легкосъемной антенной системой, аппаратурой навигации АРК-КН1, панорамным измерительным приемником АРГАМАК-ИМ с

активной антенной АРК-А7А, тремя ПЭВМ, объединенными локальной сетью [6]. На первой ПЭВМ было установлено программное обеспечение СМО-ППК версии 4.5.22, к ней были подключены радиопеленгатор и аппаратура навигации. На второй ПЭВМ было развернуто программное обеспечение картографии и навигации СМО-КН версии 1.18.8. На третьей ПЭВМ было установлено программное обеспечение СМО-ПАИ версии 4.5.18, и к ней подключен панорамный измерительный приемник.

Для проведения испытаний использовано два маршрута, каждый длиной около 4 км, в городских и загородных условиях. Маршруты движения показаны на рис. 5, 6 пунктирными линиями. Черными прямоугольниками показаны городские кварталы, серым цветом – лесная зона. Место расположения ИРИ помечено белым крестиком. Начало маршрута – точка А – находилось на минимальном расстоянии от ИРИ. Мобильная станция двигалась по кольцу от точки А к точке К по часовой стрелке.

В качестве ИРИ использовался маломощный тестовый генератор АРК-ТГ1 со штыревой антенной и выходной мощностью не более 30 мВт, запрограммированный для работы на двух радиолюбительских частотах $f_1 = 145$ МГц, $f_2 = 434$ МГц. Вид излучения – непрерывный гармонический сигнал. В городской зоне ИРИ располагался на нижнем этаже многоэтажного здания, а в загородной зоне – непосредственно на земле.

Для маршрута в городской зоне характерно наличие кварталов с многоэтажными зданиями. Практически на всем протяжении маршрута отсутствует прямая видимость (прямое прохождение радиоволны от ИРИ к мобильной станции). В то же время загородный маршрут проходит почти по открытому месту, имеются только несколько лесных полос, показанных на рис. 6 серым цветом.

Для обоих маршрутов скорость движения автомобиля составляла не более 40 км/ч. Во время движения производилось пеленгование и измерение амплитуды сигнала ИРИ, измеренные значения пеленгов и амплитуды, а также координаты станции и ее курсовой угол сохранялись в базе данных.

Результаты испытаний

На рис. 7 показаны полученные зависимости амплитуды принимаемых сигналов на входе приемника (в децибелах по отношению к микровольту) от позиций на маршруте движения. Зависимости 1 и 2 получены для загородной зоны, 3 и 4 – для городской. При этом зависимости 1 и 3 соответствуют частоте 434 МГц, зависимости 2 и 4 – частоте 145 МГц.

Как видно из рис. 7, зависимости амплитуды принимающего сигнала от позиции станции на маршруте движения имеют флюктуирующий характер относительно сравни-

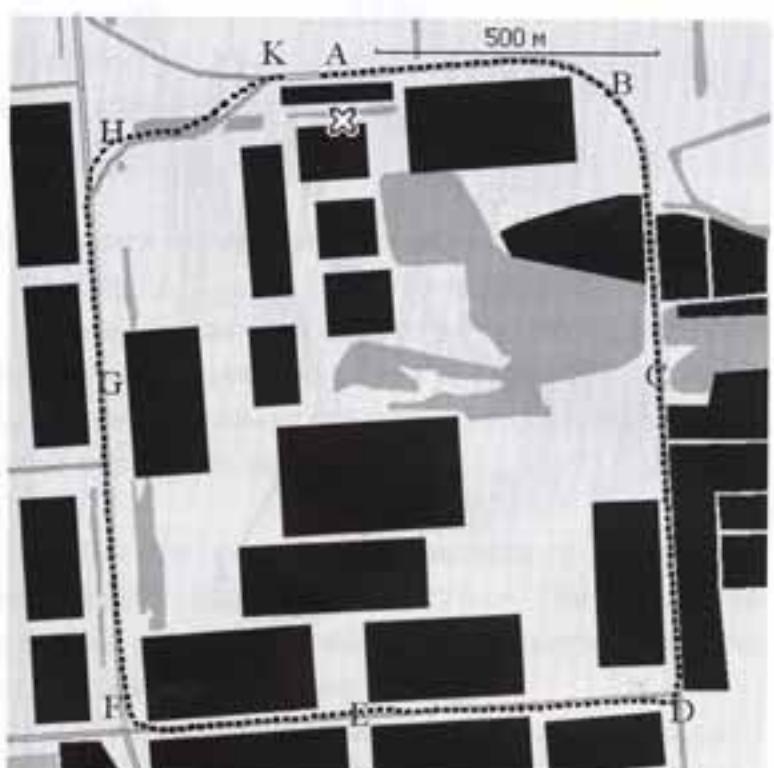


Рис. 5. Маршрут в городской зоне

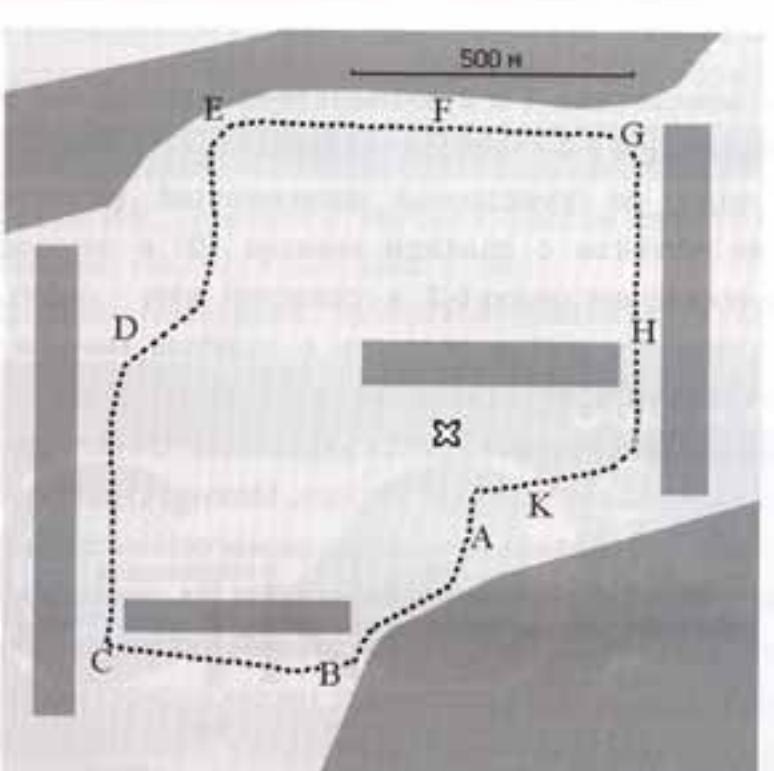
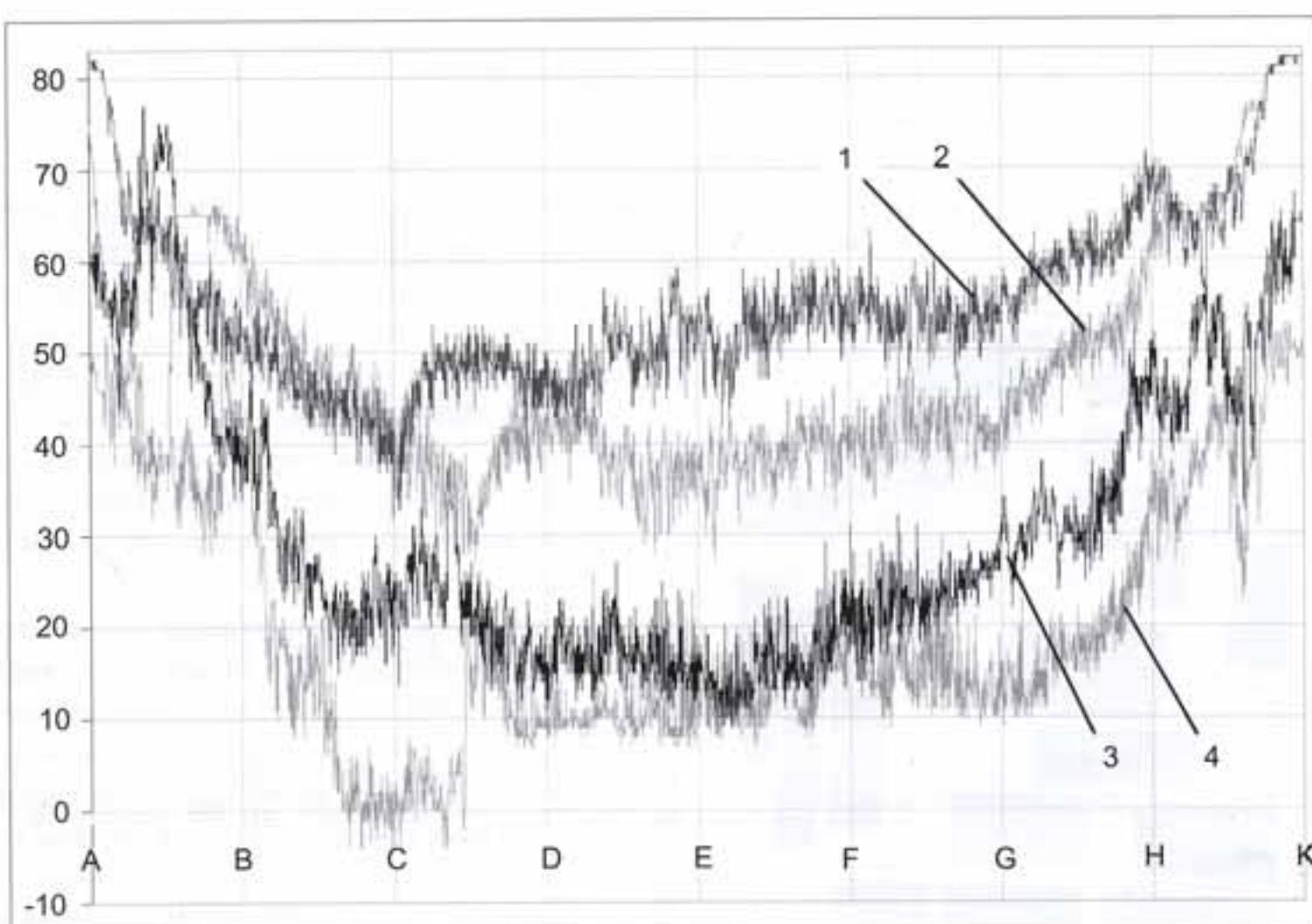


Рис. 6. Маршрут в загородной зоне

Рис. 7. Зависимости амплитуды радиосигнала от позиции станции на маршруте движения



тельно медленно меняющегося среднего значения. Размах пульсаций в отдельных точках превышает 10 дБ. В начале маршрута – точке А, где мобильная станция находится от ИРИ на минимальном удалении, амплитуды сигналов за городом и в городе сравнимы по величине, однако далее, по мере движения станции по маршруту в городской зоне по сравнению с загородной наблюдается большее ослабление радиосигналов. Приведенные зависимости амплитуды сигнала от позиций станции вместе с координатами этих позиций являются исходным материалом для работы амплитудного метода местоопределения ИРИ.

По результатам пеленгования была оценена вероятность ошибки пеленгования $P(\delta < \Delta)$ – вероятность того, что ошибка пеленгования δ будет меньше заданной величины Δ . Ошибка пеленгования $\delta = |\alpha_{\text{ист}} - \alpha|$, где $\alpha_{\text{ист}}$ – истинный пеленг, вычисленный на основе известных координат ИРИ и мобильной станции, α – полученный пеленг. Результаты представлены на рис. 8. Зависимости 1 и 2 получены для загородной зоны, 3 и 4 – для городской. При

этом зависимости 1 и 3 соответствуют частоте 434 МГц, зависимости 2 и 4 – частоте 145 МГц.

Как видно из приведенных зависимостей, вероятность взятия пеленгов с ошибкой меньше 10° в загородной зоне составляет около 0,2, в городской зоне – около 0,1, а вероятность взятия пеленгов с ошибкой меньше 20° в загородной зоне – около 0,4, а городской – около 0,2. В городской зоне наблюдается ухудшение точности пеленгования на более высокой частоте. Можно предположить, что основное влияние на точность пеленгования оказывает интерференция радиоволн, вызванная их многолучевым распространением, которая в условиях города из-за наличия большого числа различных неоднородностей, вызывающих отражение, будет проявляться сильнее. Поэтому в загородных условиях вероятность ошибки оказывается меньше, чем в городе.

Зависимости, приведенные на рис. 7, 8, подтверждают, что вычисление местоположения ИРИ одиночной мобильной станцией радиомониторинга является слож-

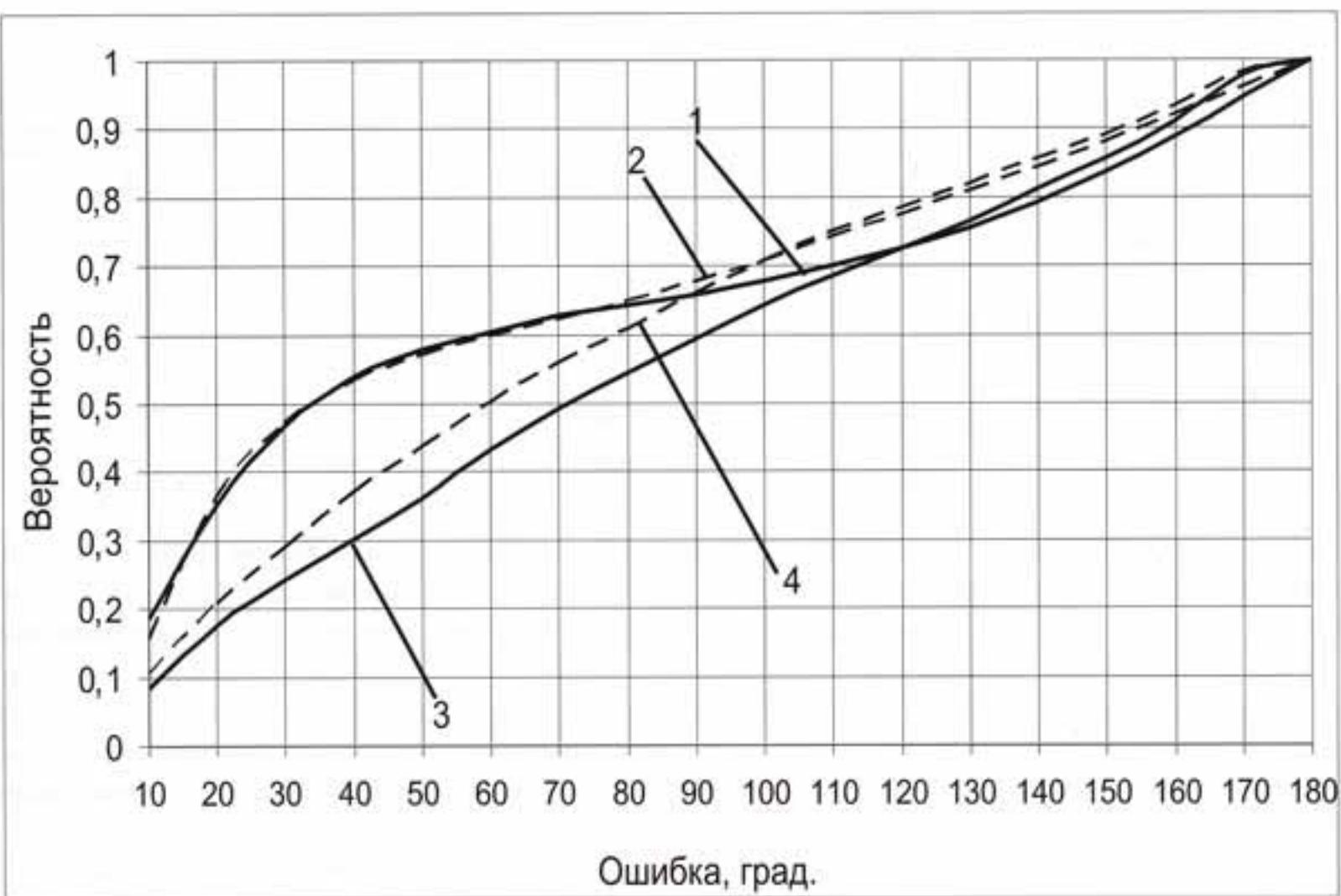


Рис. 8. Вероятность ошибки пеленгования

ной задачей, требующей статистических методов решения. Переходим к сравнению ошибок оценки местоположения ИРИ для рассматриваемых методов. Ошибки будем определять как решение обратной геодезической задачи, когда по известным географическим координатам двух точек требуется найти расстояние между ними. В качестве первой точки берем место расположения ИРИ, координаты которого известны, вторая точка – это расчетная точка местоположения ИРИ, координаты которой вычислены с помощью проверяемого метода. Отметим, что подобная проверка вряд ли является строгой, поскольку она проводится только для двух конкретных частот и двух конкретных маршрутов движения станции. Также здесь не учитываются погрешности навигационной аппаратуры при определении «истинных» координат ИРИ, координат и курсового угла мобильной станции. Тем не менее подобная проверка вполне способна дать представление о работоспособности сравниваемых методов.

В табл. 1 приведены результаты значения ошибок определения местоположения ИРИ, выраженные в метрах, для

полных маршрутов ABCDEFGHK в городе и загородной зоне.

В левом столбце указаны названия методов вычисления координат. Далее в табл. 1 приведены ошибки местоопределения для частот 146 МГц и 434 МГц. Сокращениями ВГ и ЗГ помечены столбцы для измерений в городе (ВГ) и за городом (ЗГ). В крайнем правом столбце указано среднее значение для ошибок по каждому методу. Значения ошибок округлены до 10 м.

Среднее значение ошибки, меньшее 50 м, показали кластерный и амплитудно-угломерный методы, наибольшее среднее значение ошибки, равное 100 м, оказалось у амплитудного метода, не использующего сведений о рельефе местности. Учет рельефа в амплитудном методе вызвал уменьшение средней ошибки почти на одну треть. Среднее значение ошибки местоопределения в условиях города, вычисленное по данным табл. 1, составило 76 м, а среднее значение ошибки в условиях загородной зоны – 56 м.

Результаты, приведенные в табл. 1, подтверждают, что все рассмотренные методы как эвристические – матрич-

Таблица 1. Полученные значения ошибок местоопределения

Метод вычисления координат	Частота ИРИ				Средняя ошибка	
	146 МГц		434 МГц			
	ВГ	ЗГ	ВГ	ЗГ		
Матричный	82	22	130	30	66	
Кластерный	40	30	50	60	45	
Максимума правдоподобия	90	60	50	40	60	
Амплитудный без учета рельефа	140	50	90	120	100	
Амплитудный с учетом рельефа	100	40	50	120	77,5	
Амплитудно-угломерный	20	40	70	60	47,5	

ный и кластерный, так и математически более строгие, как метод максимума правдоподобия, амплитудный и амплитудно-угломерный, показали приемлемую для практики точность местоопределения ИРИ. Поэтому для выбора предпочтительного метода, очевидно, следует принять во внимание дополнительные соображения.

Для мобильной станции, оснащенной только измерительным приемником, для местоопределения ИРИ приходится использовать амплитудный метод. Этот метод дает приемлемую точность, если цифровая карта местности имеет слои со сведениями о рельефе местности, кварталах застройки, лесных массивах и т.д., поскольку использование подобных сведений повышает точность вычисления координат ИРИ.

Для мобильной станции, оборудованной радиопеленгатором, применяются методы, основанные на обработке пеленгов, поскольку по сравнению с амплитудным методом они имеют большую точность определения координат ИРИ. Эти методы способны вычислять местоположение источников с кратковременным излучением сигнала всего по нескольким измеренным пеленгам, кроме того, их важным достоинством является сохранение работоспо-

собности при малых отношениях сигнал/шум. Однако матричный и кластерный методы, а также метод максимума правдоподобия применительно к одиночной мобильной станции имеют существенный недостаток – они не могут использоваться для вычисления местоположения ИРИ при движении станции непосредственно по направлению к источнику или от источника радиоизлучения. Амплитудно-угломерный метод свободен от этого недостатка, поскольку он обрабатывает как поступающие пеленги, так и информацию об уровнях сигнала. Дополнительный довод в пользу амплитудно-угломерного метода состоит в том, что при его использовании на электронной карте СМО-КН уже в начале сеанса работы отображается зона вероятного расположения ИРИ, эта зона в процессе движения станции все более конкретизируется. Если необходимо быстрое перемещение станции в точку расположения ИРИ, оператор может выбирать кратчайший маршрут по методу привода, пользуясь изображением зоны расположения ИРИ на электронной карте. Таким образом, для одиночной станции радиомониторинга использование амплитудно-угломерного метода является наиболее целесообразным. СТ

Литература

1. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Коровин А.Г., Рембовский А.М. Распределенные системы радиомониторинга и пеленгования. / Специальная техника, 2006, № 5, с. 38 — 53.
2. 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.
3. Глазнев А.А., Козьмин В.А., Литвинов Г.В., Шадрин И.А. Многостанционные системы радиоконтроля и определения местоположения источников радиоизлучения. / Специальная техника, Специальный выпуск, 2002, с. 20 — 29.
4. Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Кочкин Д.Е., Чубов Е.А. Использование цифрового измерительного приемника «Аргамак-ИМ» для измерения напряженности поля в мобильных станциях радиомониторинга. / Специальная техника, 2006, № 3, с. 35 — 44.
5. Царьков Н.М. Многоканальные радиолокационные измерители. — М.: Сов. радио, 1980, с. 190.
6. Каталог 2007. ИРКОС. Технические средства радиомониторинга. М.: ЗАО ИРКОС, с. 62.