



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU (11)

38 509 (13) U1

(51) МПК  
G01S 3/02 (2000.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004102411/20, 28.01.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.01.2004

(46) Опубликовано: 20.06.2004

Адрес для переписки:  
347900, Ростовская обл., г. Таганрог, ул.  
Петровская, 99, Завод "Прибор", А.А.  
Борисову

(72) Автор(ы):  
Борисов А.А. (RU),  
Борисов А.А. (RU),  
Чубаров А.В. (RU),  
Назаренко И.П. (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное унитарное  
предприятие "Ростовский завод "Прибор"  
(RU)

## (54) СИСТЕМА МНОГОПОЗИЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЗАГОРИЗОНТНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИЗЛУЧЕНИЯМ ИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

### (57) Формула полезной модели

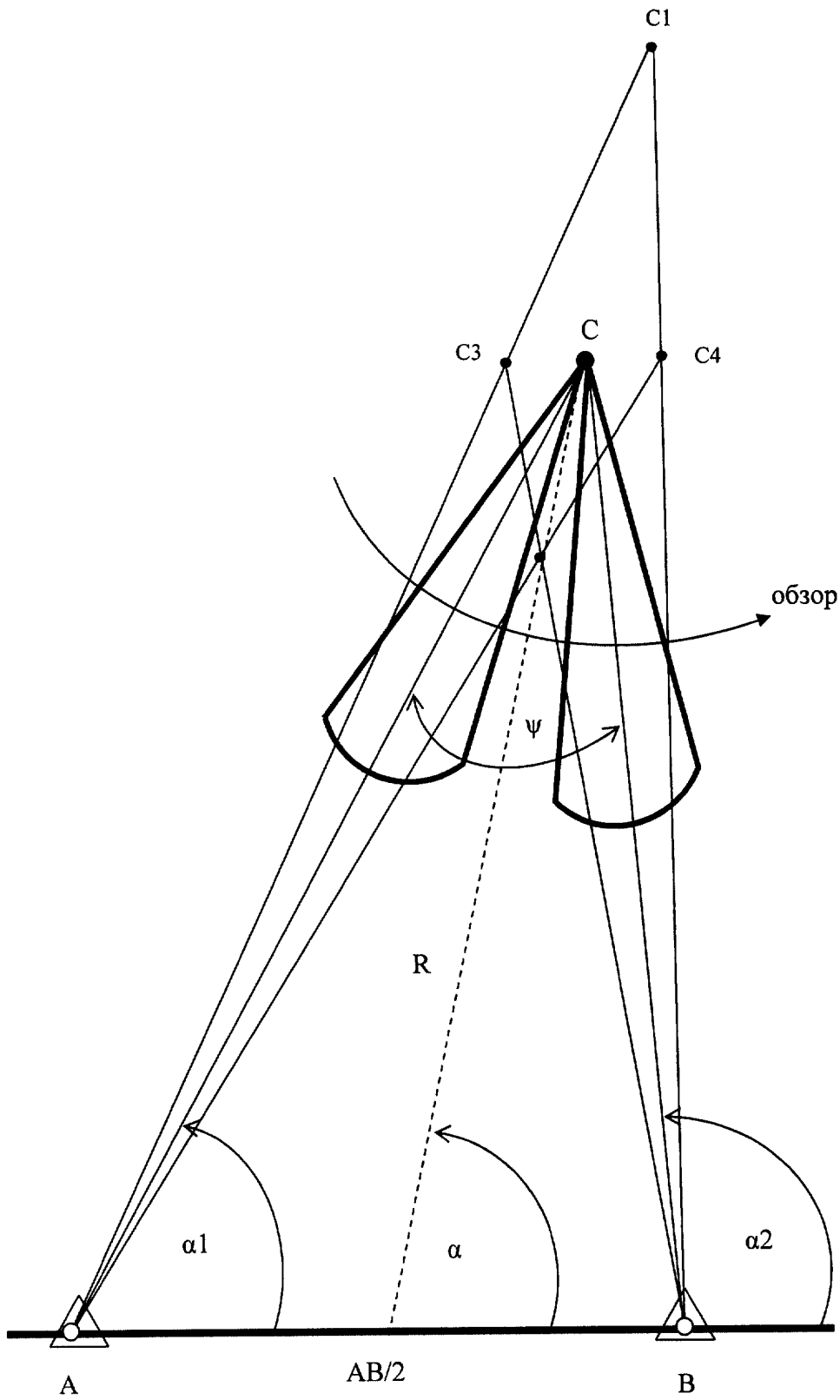
1. Система многопозиционного определения координат загоризонтных объектов по излучениям их радиолокационных станций (РЛС), содержащая не менее двух пространственно разнесенных антенн и пассивную радиолокационную станцию (ПРЛС), включающую одну из антенн и устройство обработки информации и определения координат РЛС, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит вторую пассивную радиолокационную станцию, включающую вторую антенну, каждая из пассивных радиолокационных станций содержит устройство взаимного обмена информацией и временной синхронизации и устройство измерения радиотехнических и временных параметров сигналов РЛС, а хотя бы одна ПРЛС дополнительно содержит устройство вычисления разности углов облучения обнаруженной радиолокационной станцией антенн пассивных радиолокационных станций.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что пассивная радиолокационная станция содержит антенны канала компенсации боковых и фоновых лепестков, узконаправленную зеркальную антенну, последовательно соединенные малошумящий усилитель высокой частоты, многоканальное приемное устройство, устройство измерения радиотехнических и временных параметров сигналов РЛС, включающее устройство первичной обработки информации и измерения несущей частоты, длительности, амплитуды и времени приема сигналов РЛС, устройство статистической обработки информации и измерения пеленга, периода повторения, длительности серии и повторения серий импульсов, первый вход которого соединен с выходом устройства первичной обработки информации и измерения несущей частоты, длительности, амплитуды и времени приема импульса, второй вход-выход - с первым входом-выходом устройства взаимного обмена информацией и временной синхронизации, третий вход-выход - с первым входом-выходом устройства

вычисления углов облучения обнаруженной радиолокационной станции антенн пассивных радиолокационных станций, четвертый вход-выход - с первым входом-выходом устройства управления, второй вход-выход устройства управления соединен со вторым входом-выходом устройства вычисления разности углов облучения обнаруженной радиолокационной станцией антенн пассивных радиолокационных станций, третий вход-выход которого соединен с вторым входом-выходом устройства взаимного обмена информацией и временной синхронизации, третий выход устройства управления соединен с приводом зеркальной антенны, выход усилителя канала компенсации боковых и фоновых лепестков соединен со вторым входом многоканального приемного устройства.

RU 38509 U1

RU 38509 U1



2004102411

МПК7 G01S 3/02.

Система многопозиционного определения координат загоризонтных объектов по излучениям их радиолокационных станций.

Полезная модель относится к радиотехнике и может использоваться для определения местоположения загоризонтных объектов по излучениям их радиолокационных станций, например, корабельных соединений или боевых кораблей с работающими навигационными РЛС с помощью береговых стационарных или мобильных пассивных радиолокационных станций.

Современные системы определения направления на источники радиоизлучения построены с использованием известных способов пеленгования: амплитудного (метод максимума, метод минимума, метод сравнения и др.), фазового, частотного и временного (см., В.В.Цветов, В.П.Демин, А.И.Куприянов, "Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. М.: Изд-во МАИ, 1998г., стр.27...43).

Известны способы и устройства пеленгования, основанные на том, что фазовые соотношения между сигналами, принимаемыми в пространственно разнесенных точках, можно преобразовать в амплитудную зависимость суммы принятых сигналов от местоположения источника радиоизлучения. Наиболее очевидным и широко применяемым является амплитудный способ пеленгования, при котором используется антенная система, имеющая диаграмму направленности с ярко выраженным максимумом (см., В.В.Цветов, В.П.Демин, А.И.Куприянов, "Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. М.: Изд-во МАИ, 1998г., стр.27). За счет механического изменения положения (ориентации) антенны осуществляется сканирование пространства, в результате чего определяется положение антенны, при котором выходной сигнал антенны имеет максимальную амплитуду, а направление, совпадающее с максимумом диаграммы направленности антенны, принимается за направление на ИРИ. Этот способ пеленгования можно рассматривать как вырожденный случай разностно-дальномерного способа, когда за счет механического перемещения антенной системы подбирается такое ее положение, чтобы разности дальностей от ИРИ до симметричных точек антенны были равны нулю (а, следовательно, и разности фаз сигналов, приходящих в эти точки, были равны нулю). Синфазное сложение сигналов, пришедших по различным траекториям, обеспечивает максимум энергии в точке приема.

Известен также способ пеленгования на основе измерения разности времен приема сигналов от источника радиоизлучения, например радиолокационной станции (РЛС) двумя разнесенными антеннами (см., В.В.Цветов, В.П.Демин, А.И.Куприянов, "Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. М.: Изд-во МАИ, 1998г., стр.39). При отклонении положения РЛС от перпендикуляра к центру базы возникает разность хода сигналов  $\Delta r = r_1 - r_2$  ( $r_1$  и  $r_2$  - расстояния от РЛС до первой и второй антенн соответ-

венно). Относительное запаздывание  $t$  сигналов, вследствие постоянства скорости и прямолинейности распространения радиоволн, пропорционально разности хода:  $t = \Delta r / c$ . В общем случае, системы, использующие рассмотренный принцип, являются разностно-дальномерными, однако при больших удалениях РЛС от центра базы, когда расстояние до РЛС существенно превышает размер базы, гиперболические линии положения, свойственные разностно-дальномерному способу, в дальней зоне практически совпадают с их асимптотами, исходящими в виде лучей из центра базы. В этом случае разностно-дальномерные системы допустимо считать угломерными с присущими им погрешностями.

Патентом Российской Федерации № 2204145, МПК7 G01S 3/46, публ. 2003г. защищен разностно-дальномерный способ пеленгования источника радиоизлучения и реализующее его устройство, которые обеспечивают возможность определения азимута РЛС при любых размерах измерительных баз пеленгатора и вариантах взаимного расположения РЛС и антенн пеленгатора.

Предлагаемый способ предполагает выполнение следующих операций:

- располагают три антенны в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника  $\Delta ABC$ ;
- принимают сигнал РЛС на все три антенны,
- измеряют разности времен приема сигнала РЛС антеннами, образующими ортогональные базы;
- вычисляют значения суммы и разности разностей времен приема сигнала РЛС;
- вычисляют значение отношения суммы разностей времен приема сигнала РЛС к разности разностей времен приема сигнала РЛС;
- вычисляют значение функции  $\arctan(x)$ , в качестве аргумента которой принимается результат предыдущей операции;
- вычисляют значение координат точки, принадлежащей линии положения РЛС;
- отображают подученные результаты.

В состав устройства входят (фиг.1) антенны 1, 2 и 3, устройство измерения  $У1$ , содержащее измерители разности времен 4 и 5, и устройство обработки информации и отображения  $У2$ , содержащее блок вычитания 6, блок суммирования 7, блок анализа 8 и блок индикации 9.

Выходы антенн 1 и 2 соединены с первыми входами измерителей разности времен 4 и 5, на вторые входы которых подается сигнал с выхода антенны 3. Выход измерителя разности времен 4 подключается к первым входам блока вычитания 6 и блока суммирования 7, а выход измерителя разности времен 5 подключается ко вторым входам блока вычитания 6 и блока суммирования 7. На входы блока анализа поступают сигналы с вы-

2004102411

ходов измерителей разности времен 4 и 5, блока вычитания 6 и блока суммирования 7. Выход блока анализа подключен к входу блока индикации.

Антенны 1, 2 и 3 пространственно разнесены и расположены в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника  $\Delta ABC$  соответственно.

Сигнал РЛС, принятый антеннами 1, 2 и 3, на их выходах имеет вид

$$u_1(t) = U(t)\cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

$$u_2(t) = U(t + \Delta t_{21})\cos[\omega_0 (t + \Delta t_{21}) + \varphi_0],$$

$$u_3(t) = U(t + \Delta t_{31})\cos[\omega_0 (t + \Delta t_{31}) + \varphi_0],$$

соответственно.

Сигналы с выходов антенн 1 и 3 поступают на первый и второй входы измерителя разности времен 4 соответственно, аналогично сигналы с выходов антенн 2 и 3 поступают на первый и второй входы измерителя разности времен 5 соответственно. Измерители разности времен 4 и 5 осуществляют операцию измерения разностей времен  $\Delta t_{13}$  и  $\Delta t_{23}$  прихода сигнала ИРИ на пары антенн (1, 3) и (2, 3). При этом

$$\Delta t_{ij} = t_i - t_j,$$

где  $t_k$  - время прихода сигнала ИРИ на  $k$ -ую антенну,

$\Delta t_{nm}$  - разность времен прихода сигнала ИРИ на  $n$ -ую и  $m$ -ую антенны.

Измерители разности времен 4 и 5 реализуют один из известных способов измерения разности времен.

С выходов измерителей разностей времен 4 и 5 измеренные значения  $\Delta t_{13}$  и  $\Delta t_{23}$  поступают на блоки вычитания 6 и суммирования 7. Блок вычитания осуществляет операцию вычисления значения  $t_\Delta$  разности разностей времен приема сигнала ИРИ; блок суммирования осуществляет операцию вычисления значения  $t_s$  суммы разностей времен приема сигнала ИРИ:

$$t_s = \Delta t_{13} + \Delta t_{23},$$

$$t_\Delta = \Delta t_{13} - \Delta t_{23}.$$

Вычисленные значения  $t_\Delta$  и  $t_s$  с выходов блоков 6 и 7 поступают на первый и четвертый входы блока анализа 8, на второй и третий входы которого поступают значения разностей времен  $\Delta t_{13}$  и  $\Delta t_{23}$  с выходов измерителей разностей времен 4 и 5. Блок анализа 8 представляет собой специализированное вычислительное устройство, выполняющее следующие вычислительные операции:

- вычисляется значение отношения  $w = t_s / t_\Delta$ ;
- вычисляются значения  $\varphi$  угла места РЛС с использованием выражения  $\varphi = \arctan(w)$ ,

где в качестве аргумента используется результат предыдущей вычислительной операции;

- вычисляют значения  $x_f$ ,  $y_f$  координат точки, принадлежащей линии положения РЛС.

Вычисленные значения  $\varphi$ ,  $x_f$ ,  $y_f$  с выхода блока анализа поступают в блок индикации, который предназначен для визуализации результатов предлагаемого способа пеленгования.

Устройство, описанное в патенте Российской Федерации №2204145, принято в качестве прототипа.

Недостаток описанного устройства - низкая точность при малых скоростях сближения измерительного комплекса и носителя РЛС, а также существенные ошибки при определении местоположения импульсных РЛС и невозможность обнаружения загоризонтных объектов из-за низкой чувствительности беспоисковых пеленгаторов.

Общими признаками заявляемой системы и устройства, выбранного в качестве прототипа, являются:

1) назначение - и прототип, и заявляемая система предназначены для местоопределения объектов по излучениям их радиолокационных станций;

2) наличие конструктивных элементов:

- не менее двух пространственно разнесенных антенн,  
- устройства обнаружения радиоизлучений и определения координат объектов по излучениям их радиолокационных станций – в прототипе это совокупность блоков измерения разности времен, вычитания, суммирования, анализа и индикации, в заявленной системе – пассивная радиолокационная станция.

Задача, на решение которой направлено изобретение, повышение точности местоопределения загоризонтных объектов по излучениям их РЛС.

Решение указанной задачи достигается тем, что система многопозиционного определения координат загоризонтных объектов по излучениям их радиолокационных станций (РЛС), содержащая не менее двух пространственно разнесенных антенн и пассивную радиолокационную станцию (ПРЛС), включающую одну из антенн и устройство обработки информации и определения координат РЛС, дополнительно содержит вторую пассивную радиолокационную станцию, включающую вторую антенну, каждая из пассивных радиолокационных станций содержит устройство взаимного обмена информацией и временной синхронизации и устройство измерения радиотехнических и временных параметров сигналов РЛС, а хотя бы одна ПРЛС дополнительно содержит устройство вычисления разности углов облучения обнаруженной радиолокационной станцией антенн пассивных радиолокационных станций. Пассивная радиолокационная станция содержит антенны канала компенсации боковых и фоновых лепестков, узконаправленную зеркальную антенну,

последовательно соединенные малошумящий усилитель высокой частоты, многоканальное приемное устройство, устройство измерения радиотехнических и временных параметров сигналов РЛС, включающее устройство первичной обработки информации и измерения несущей частоты, длительности, амплитуды и времени приема сигналов РЛС, устройство статистической обработки информации и измерения пеленга, периода повторения, длительности серии и повторения серий импульсов, первый вход которого соединен с выходом устройства первичной обработки информации и измерения несущей частоты, длительности, амплитуды и времени приема импульса, второй вход-выход - с первым входом-выходом устройства взаимного обмена информацией и временной синхронизации, третий вход-выход - с первым входом-выходом устройства вычисления углов облучения обнаруженной радиолокационной станции антенн пассивных радиолокационных станций, четвертый вход-выход - с первым входом-выходом устройства управления, второй вход-выход устройства управления соединен со вторым входом-выходом устройства вычисления разности углов облучения обнаруженной радиолокационной станцией антенн пассивных радиолокационных станций, третий вход-выход, которого соединен с вторым-входом выходом устройства взаимного обмена информацией и временной синхронизации, третий выход устройства управления соединен с приводом зеркальной антенны, выход усилителя канала компенсации боковых и фоновых лепестков соединен со вторым входом многоканального приемного устройства.

Полезная модель соответствует условиям патентоспособности "новизна" и "промышленная применимость", так как отсутствует источник информации с описанием заявленной совокупности признаков и техническое решение относится к радиотехнике и может быть многократно воспроизведено с достижением заявленного результата.

Полезная модель поясняется чертежами. На фиг.1 изображена блок-схема устройства, выбранного в качестве прототипа, на фиг.2 – структурная схема заявленной системы, на фиг.3 – блок-схема пассивной станции радиотехнической станции, на фиг.4 - схема местоопределения РЛС по триангуляционному методу, на фиг.5 – схема местоопределения РЛС с использованием заявленной системы.

Позиции на чертежах 1...5 обозначают:

- 1 – первая антенна устройства прототипа;
- 2 – вторая антенна устройства прототипа;
- 3 – третья антенна устройства прототипа;
- 4 – первый измеритель разности времен устройства прототипа;
- 5 – второй измеритель разности времен устройства прототипа;
- 6 - блок вычитания устройства прототипа;
- 7 - блок суммирования устройства прототипа;
- 8 - блок анализа устройства прототипа;



- 9 - блок индикации устройства прототипа;
- 10 – первая пассивная радиолокационная станция ПРЛС 10;
- 11 – вторая пассивная радиолокационная станция ПРЛС 11;
- 12.1, 12.2 - узконаправленная зеркальная антенна;
- 13.1, 13.2 – антенны канала компенсации приема по боковым и фоновым лепесткам;
- 14 – устройство взаимного обмена информацией и временной синхронизации ВЗОИ 14;
- 15 – канал связи;
- 16 – малошумящий усилитель высокой частоты УВЧ 16;
- 17 – многоканальное приемное устройство МПУ 17;
- 18 – усилитель канала компенсации боковых и фоновых лепестков УК 18;
- 19- устройство первичной обработки информации и измерения несущей частоты, длительности, амплитуды и времени приема сигналов РЛС ПОИ 19;
- 20 – устройство статистической обработки информации и измерения пеленга, периода повторения импульсов, длительности серии и периода повторения серий ВОИ 20;
- 21 – устройство управления УУ 21;
- 22 – устройство вычисления разности углов облучения обнаруженной радиолокационной станцией антенн пассивных радиолокационных станций и координат обнаруженных радиолокационных станций ВУ 22;
- 23 – привод узкополосной зеркальной антенны;
- А – позиция ПРЛС 10;
- В – позиция ПРЛС 11;
- С – истинная позиция объекта-носителя РЛС;
- С1,С2,С3,С4 – поле погрешностей при триангуляционном методе местоопределения;
- У1 - устройство измерения;
- У2 - устройство обработки информации и отображения;
- R,  $\alpha$  – пространственные координаты объекта-носителя РЛС;
- $\Psi$  – разность углов облучения.

Система многопозиционного определения координат загоризонтных объектов по излучениям их радиолокационных станций (РЛС) (фиг.2) содержит первую ПРЛС 10 и вторую ПРЛС 11 пассивные радиолокационные станции, отстоящие друг от друга на расстоянии прямой видимости. Каждая пассивная радиолокационная станция (фиг.3) содержит узконаправленную зеркальную антенну 12 с приводом 23, облучатель которой вращающимся волноводным соединением подключен к входу малошумящего усилителя высокой частоты УВЧ 16, и антенны 13 канала компенсации приема по боковым и фоновым лепесткам, соединенные с усилителем канала компенсации боковых и фоновых лепест-

ков УК 18. УВЧ 16 и УК 18 выполнены на малошумящих транзисторах. Выходы УВЧ 16 и УК 18 подключены к многоканальному приемному устройству МПУ 17, представляющего собой совокупность многоканальных по частоте широкополосных приемников прямого усиления, с помощью которых сигналы СВЧ усиливаются, расфильтровываются и детектируются. Выходы МПУ 17 соединены с устройством первичной обработки информации и измерения несущей частоты, длительности, амплитуды и времени приема сигналов РЛС ПОИ 19, в котором осуществляется аналого-цифровое преобразование по всем каналам МПУ 17, исключение сигналов, принятых по боковым и фоновым лепесткам и от своих активных РЛС, и измерение моноимпульсных радиотехнических параметров (несущая частота, длительность импульса, относительный уровень) отселектированных сигналов. ПОИ 19 шиной данных соединен с устройством статистической обработки информации и измерения пеленга, периода повторения импульсов, длительности серии и периода повторения серий (устройством вторичной обработки информации) ВОИ 20, в котором формируется информация об обнаруженных излучениях по совокупности нескольких импульсов с измерением периода следования импульсов, длительности серий, периода повторения серий, времени приема каждого импульса и усредненного пеленга, а по совокупности радиотехнических и временных параметров – по каталогу идентификация РЛС и объекта-носителя. ВОИ 20 портами ввода-вывода соединен с устройством взаимного обмена информацией и временной синхронизации ВЗОИ 14, устройством управления УУ 21 и устройством вычисления разности углов облучения обнаруженной радиолокационной станцией антенн пассивных радиолокационных станций и координат обнаруженных радиолокационных станций ВУ 22. ВЗОИ 14 предназначено для обмена информацией об обнаруженных РЛС ПРЛС 10 и ПРЛС 11. Эта информация включает классификационный код РЛС, установленный по каталогу, совокупность радиотехнических и временных параметров радиоизлучения и усредненный пеленг. В УУ 21 констатируется факт обнаружения обеими ПРЛС одной и той же РЛС и принимается решение о синхронном наведении и сопровождении этой РЛС, измерении разности углов облучения и определении координат объекта-носителя РЛС. УУ 21 соединено с приводом 23 узконаправленной зеркальной антенны и ВУ 22, которое в свою очередь соединено с ВЗОИ 14. В ВУ 22 по информации о времени начала и конца приема серий импульсов, принятых обеими ПРЛС за один период обзора, и периоде обзора РЛС, вычисляется разность углов облучения и определяются координаты объекта-носителя РЛС.

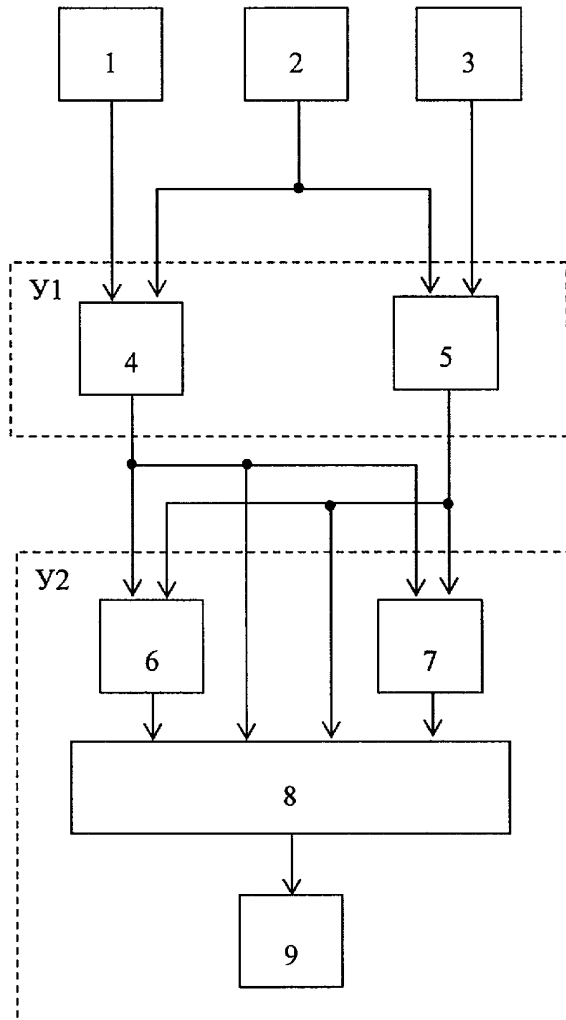
Работа заявленной системы многопозиционного определения координат загоризонтных объектов по излучениям их радиолокационных заключается в следующем. Не менее двух ПРЛС, пространственно разнесенных, вначале независимо, ведут поиск загоризонтных РЛС в заданном секторе или в режиме кругового обзора. При обнаружении какой либо ПРЛС излучения РЛС, параметры ее сигналов (пеленг, несущая частота, дли-

2004102411

тельность и период повторения импульсов) передаются на вторую ПРЛС. При обнаружении РЛС второй ПРЛС начинается синхронное сопровождение обнаруженной РЛС обеими ПРЛС и измерение ее периода обзора. На обеих ПРЛС фиксируется время прихода первого и последнего импульсов серии за один период обзора. Разность углов облучения  $\psi$  (фиг.5) определяется из следующих соотношений. Время прохода максимумом диаграммы излучения РЛС направления на первую ПРЛС определяется из выражения  $t_1 = \frac{1}{2} (t_{k1} - t_{n1})$ , где  $t_{k1}$  – время прихода последнего импульса серии, зафиксированное на первой ПРЛС,  $t_{n1}$  – время прихода первого импульса серии. Время прохода максимумом диаграммы направления на вторую ПРЛС  $t_2 = \frac{1}{2} (t_{k2} - t_{n2})$ , где  $t_{k2}$  – время прихода последнего импульса серии, зафиксированное на второй ПРЛС,  $t_{n2}$  – время прихода первого импульса серии, зафиксированное на второй ПРЛС. Разность  $\Delta t = t_2 - t_1$  равна времени прохода максимумом диаграммы от направления на первую ПРЛС до направления на вторую ПРЛС, откуда  $\psi = (2\pi \cdot \Delta t) / T_{\text{обз}}$ , где  $T_{\text{обз}}$  – период обзора РЛС, измеренный или выбранный из каталога. Поскольку время обзора  $T_{\text{обз}}$  несопоставимо больше длительности импульса и периода повторения импульсов РЛС, погрешность измерения угла  $\psi$  достаточно мала, особенно при усреднении по результатам нескольких измерений, и будет существенно ниже погрешности прямого измерения этого угла (фиг.4). При малых углах  $\psi$ , что практически имеет место при расположении ПРЛС на дальностях прямой видимости, дальность до излучающей РЛС равноудаленной от обеих ПРЛС ( $\alpha = \frac{1}{2}\pi$ ) определяется однозначно по формуле  $D = \frac{1}{2} d / \sin \frac{1}{2}\psi \approx d / \psi$ , где  $d$  – расстояние между ПРЛС. В общем случае, при  $\alpha \neq \frac{1}{2}\pi$ , можно считать, что  $D = d \cdot \cos \alpha / \psi$ . Из фиг.4 видно, что погрешность измерения дальности до излучающей РЛС при триангуляционном местоопределении существенно растет с увеличением  $R$  за счет роста площади ошибок (четырехугольника  $C1, C2, C3, C4$ ). При местоопределении с использованием заявленной системы погрешность определения дальности не зависит от погрешности пеленгования, что при больших дальностях загоризонтных объектов-носителей РЛС позволяет снизить результирующую ошибку измерения дальности.

2004102411

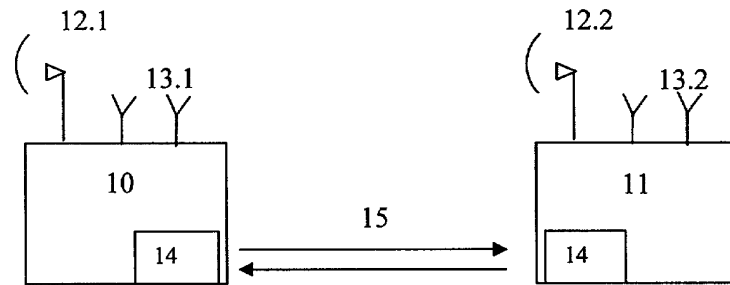
Система многопозиционного определения координат  
загоризонтных объектов по излучениям их  
радиолокационных станций.



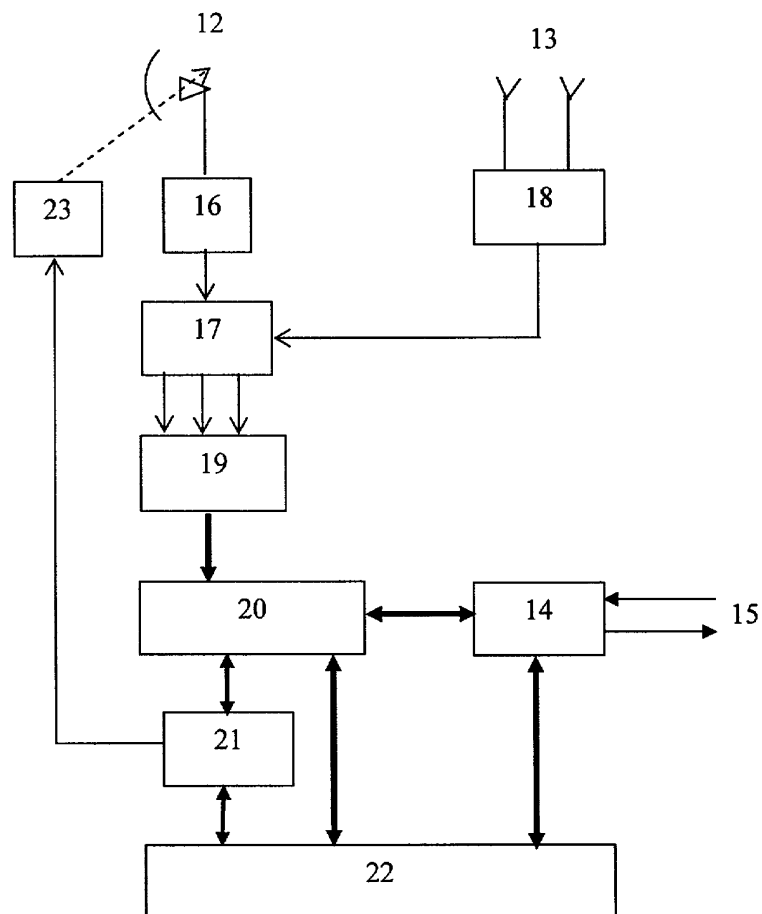
Фиг. 1

2004102411

Система многопозиционного определения координат  
загоризонтных объектов по излучениям их  
радиолокационных станций.



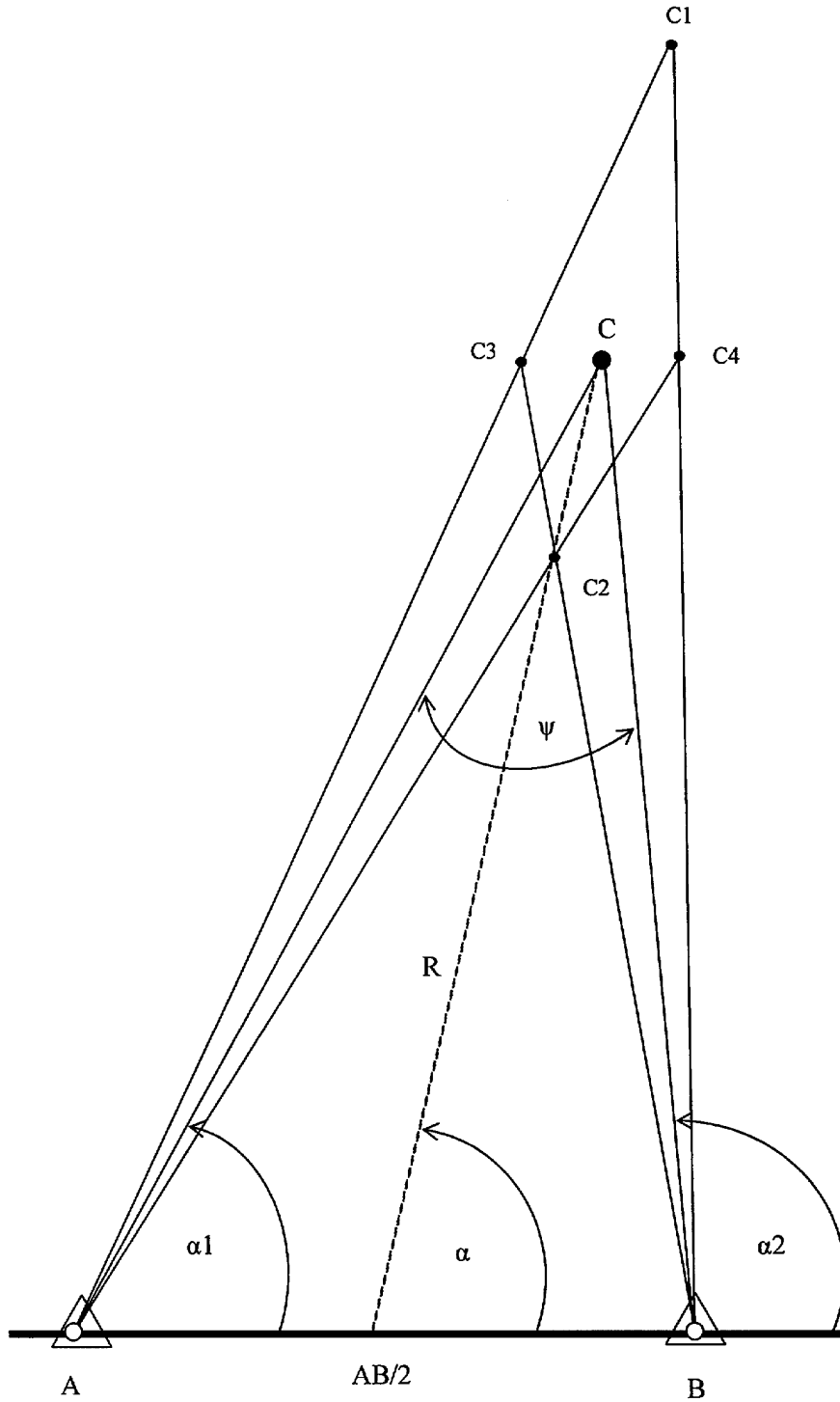
Фиг. 2



Фиг. 3

2004102411

Система многопозиционного определения координат  
загоризонтных объектов по излучениям их  
радиолокационных станций.

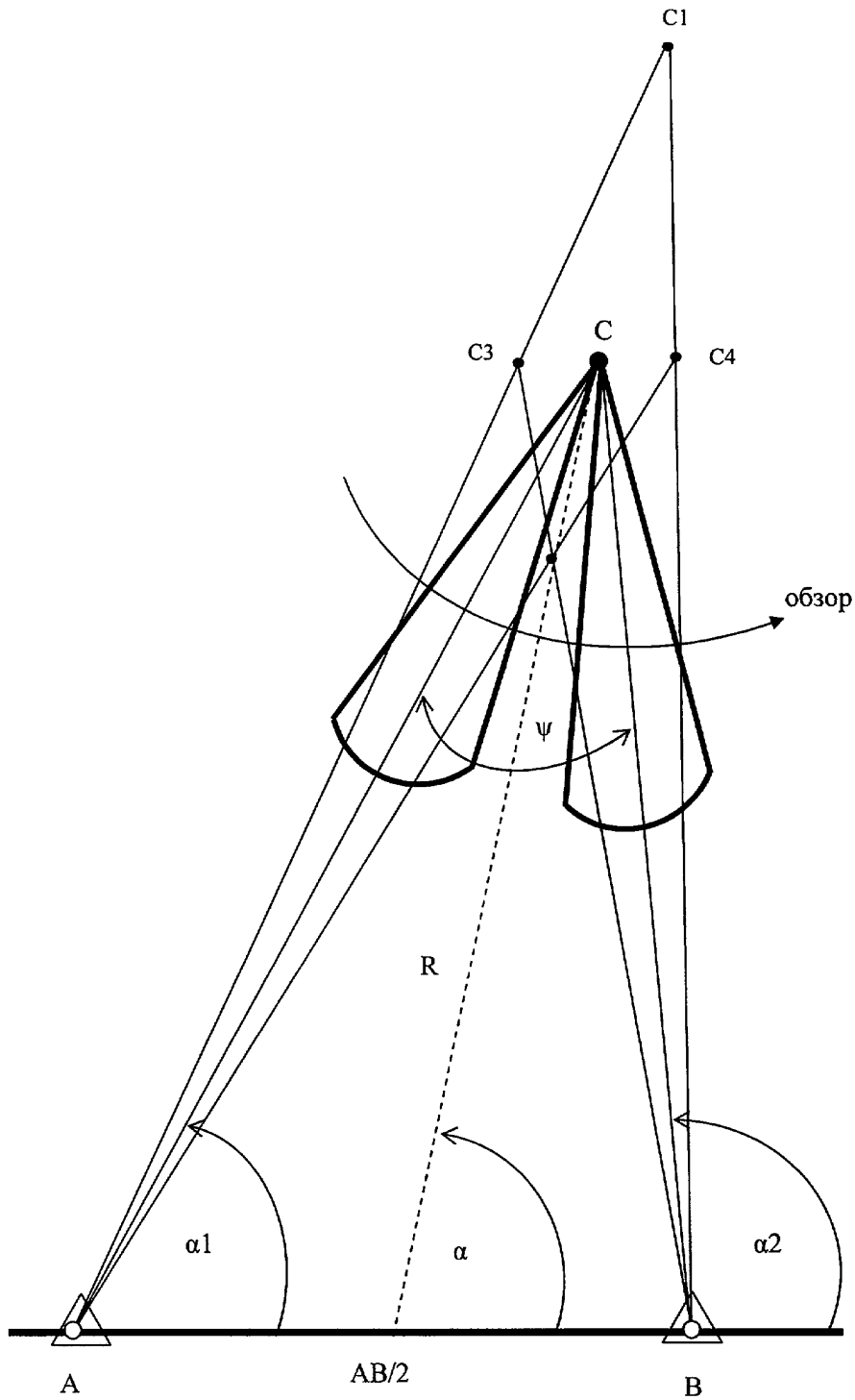


Фиг. 4

2004102411

Система многопозиционного определения координат  
загоризонтных объектов по излучениям их  
радиолокационных станций.

*5/4  
фиг. 5*



Фиг. 5