



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01S 3/72 (2021.02); G01S 5/04 (2021.02); G01S 7/021 (2021.02); G01S 7/36 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020130781, 17.09.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.09.2020

Дата регистрации:
22.03.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.09.2020

(45) Опубликовано: 22.03.2021 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

150001, г. Ярославль, ул. Нагорная, 10, кв. 8,
Кузнецов Кирилл Евгеньевич

(72) Автор(ы):

Кузнецов Кирилл Евгеньевич (RU),
Корягин Михаил Григорьевич (RU),
Лаврентьев Александр Михайлович (RU),
Пустозеров Павел Васильевич (RU),
Кириченко Александр Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Кузнецов Кирилл Евгеньевич (RU),
Корягин Михаил Григорьевич (RU),
Лаврентьев Александр Михайлович (RU),
Пустозеров Павел Васильевич (RU),
Кириченко Александр Андреевич (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2538195 C1, 10.01.2015. RU
2503969 C1, 10.01.2014. RU 2586077 C1,
10.06.2016. RU 2366973 C1, 10.09.2009. RU
2549375 C1, 27.04.2015. RU 2226700 C2,
10.04.2004. RU 2583050 C1, 10.05.2016. US
5361073 A, 01.11.1994. KR 101017590 B1,
28.02.2011. CN 103926569 A, 16.07.2014. EP
2631670 B1, 21.12.2016. US 6580392 B2, 17.06.2003.

(54) Способ определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе

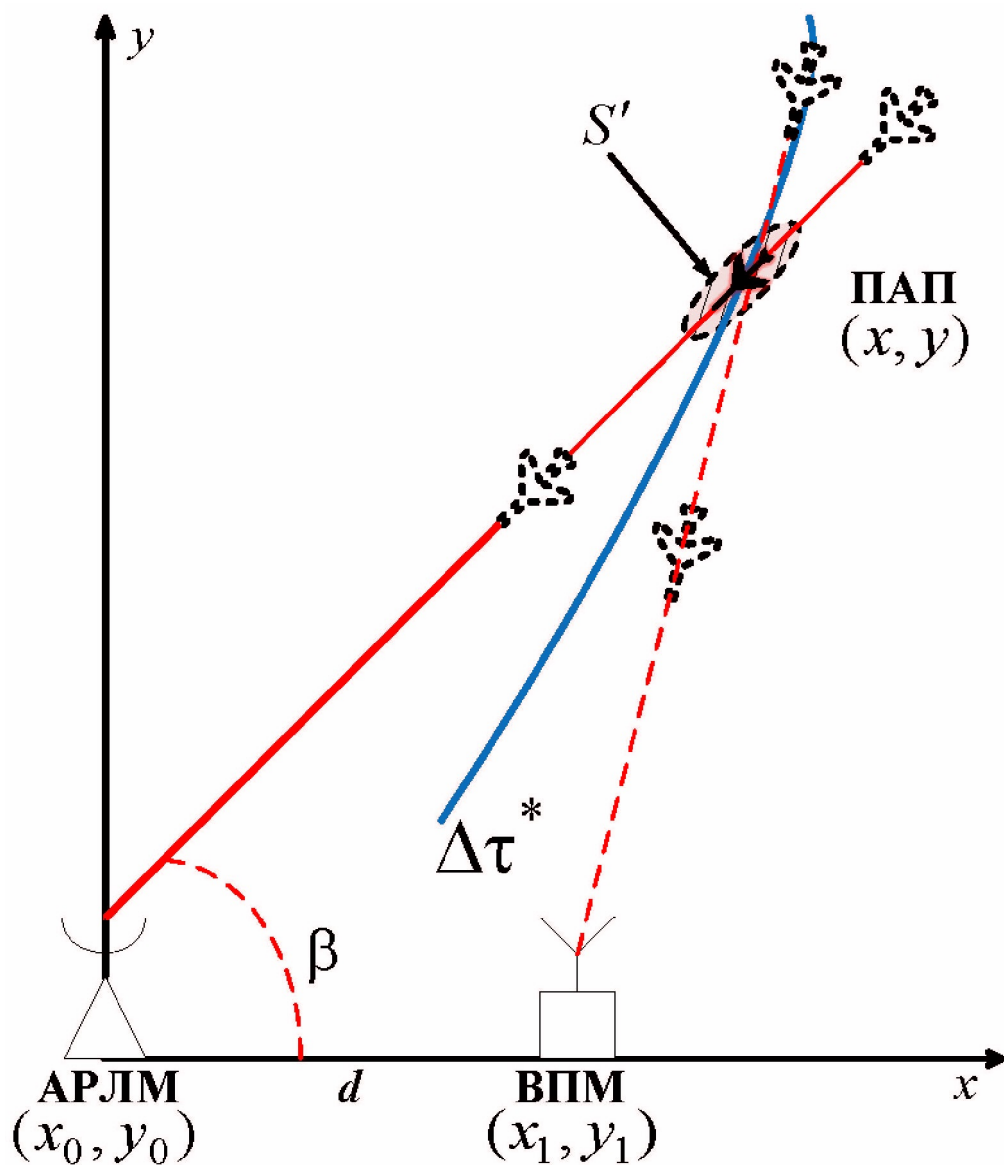
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиолокации и может быть использовано в импульсных радиолокационных станциях различных типов (обзорных, многофункциональных и др.), оснащенных выносными пассивными модулями, для решения задачи селекции целей на фоне многократных ответно-импульсных помех, воздействующих по главному лепестку диаграммы направленности антенной решетки. Достигаемый технический результат – обеспечение возможности однозначного определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе, который заключается в расчете взаимнокорреляционной функции сигналов, принятых разнесенными приемными модулями, и поиске её максимума, перед расчетом взаимнокорреляционной функции сигналов, принятых разнесенными приемными модулями, производится их обработка в согласованном с зондирующим сигналом фильтре и перемножение с временными строками, формируемыми с использованием оценок временной задержки

сигналов первичного обнаружения и угловых координат постановщика активных помех, полученных в активном радиолокационном

модуле, а также с учетом геометрии многопозиционной радиолокационной системы. 9 ил.



Фиг. 9



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

G01S 7/36 (2006.01)*G01S 3/72* (2006.01)*G01S 5/04* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01S 3/72 (2021.02); *G01S 5/04* (2021.02); *G01S 7/021* (2021.02); *G01S 7/36* (2021.02)(21)(22) Application: **2020130781, 17.09.2020**(24) Effective date for property rights:
17.09.2020Registration date:
22.03.2021

Priority:

(22) Date of filing: **17.09.2020**(45) Date of publication: **22.03.2021** Bull. № 9

Mail address:

**150001, g. Yaroslavl, ul. Nagornaya, 10, kv. 8,
Kuznetsov Kirill Evgenevich**

(72) Inventor(s):

**Kuznetsov Kirill Evgenevich (RU),
Koriagin Mikhail Grigorevich (RU),
Lavrentev Aleksandr Mikhailovich (RU),
Pustozarov Pavel Vasilevich (RU),
Kirichenko Aleksandr Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Kuznetsov Kirill Evgenevich (RU),
Koriagin Mikhail Grigorevich (RU),
Lavrentev Aleksandr Mikhailovich (RU),
Pustozarov Pavel Vasilevich (RU),
Kirichenko Aleksandr Andreevich (RU)****(54) METHOD FOR DETERMINING THE DIFFERENCE IN DISTANCES TO A MULTIPLE RESPONSE-IMPULSE JAMMER IN AN ACTIVE-PASSIVE MULTI-POSITION RADAR SYSTEM**

(57) Abstract:

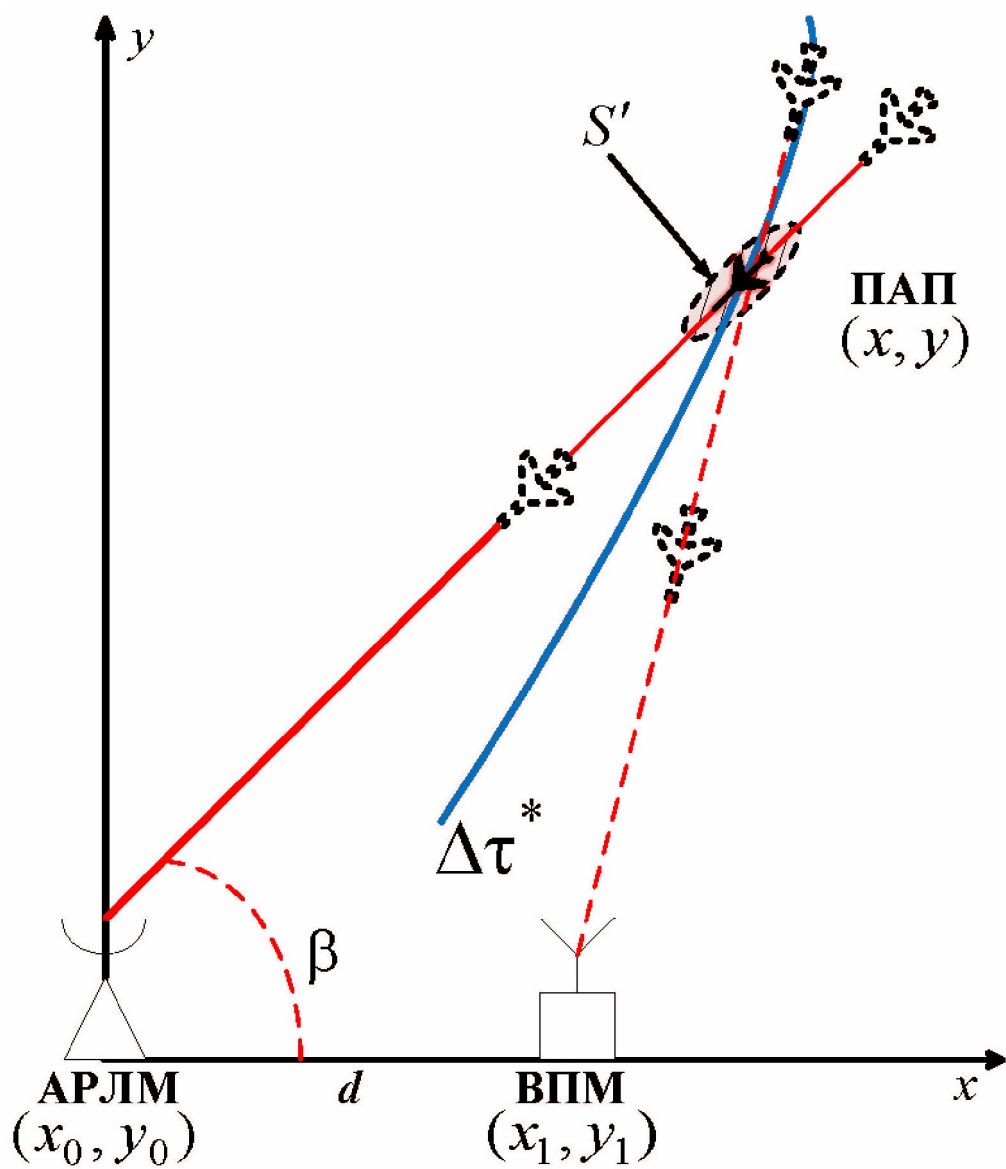
FIELD: radar.

SUBSTANCE: invention relates to the field of radar and can be used in pulse radar stations of various types (survey, multifunctional, etc.), equipped with remote passive modules, to solve the problem of target selection against the background of repeated pulse-response interference affecting the main lobe of the antenna array. The achieved technical result is the provision of the possibility of unambiguous determination of the difference in distances to the multiple response-impulse interference jammer in an active-passive multi-position radar system. The specified technical result is achieved by the fact that in the method of determining the difference in distances to the jammer of multiple response-impulse interference in an active-passive

multi-position radar system, which consists in calculating the cross-correlation function of signals received by the spaced-apart receiving modules, and finding its maximum, before calculating the cross-correlation function of signals received by the spaced-apart receiving modules, they are processed in a filter matched to the probing signal and multiplied with time gates formed using estimates of the time delay of the primary detection signals and the angular coordinates of the active jammer obtained in the active radar module, as well as taking into account the geometry of the multi-position radar systems.

EFFECT: determination of distances to the multiple response impulse interference jammer.

1 cl, 9 dwg



Фиг. 9

Изобретение относится к области радиолокации и может быть использовано в импульсных радиолокационных станциях (РЛС) различных типов (обзорных, многофункциональных и др.), оснащенных выносными пассивными модулями, для решения задачи селекции целей на фоне многократных ответно-импульсных помех, воздействующих по главному лепестку диаграммы направленности (ДН) антенной решетки (АР).

Одним из эффективных способов радиоэлектронного подавления импульсных РЛС является применение многократных ответно-импульсных помех (МОИП), осуществляемое постановщиками активных помех (ПАП) [1-4]. Как правило, МОИП представляют собой серию разомкнутых импульсов, излучаемых в ответ на прием каждого либо выборочного количества зондирующих импульсов подавляемой РЛС. При этом такая помеха создает на выходе подсистемы первичной обработки радиолокационной информации (РЛИ) и на экране индикатора РЛС целеподобные отметки как запаздывающие, так и опережающие целевой эхо-сигнал по временной задержке. Высокая эффективность применения МОИП обеспечивается при их постановке по главному лепестку ДН АР, что существенно затрудняет обнаружение целевых эхо-сигналов. В этих условиях трудности обнаружения, координатных измерений и сопровождения истинных целей усугубляет фактор обнаружения и завязки множества ложных трасс, что обуславливает перегрузку соответствующих информационных каналов РЛС [1-4].

Применение известных способов селекции импульсных помех, основанных на использовании различий временной и (или) частотной структуры импульсов помехи и целевых эхо-сигналов [5 - с. 132-147, 6 - с. 281-289], для решения рассматриваемой задачи не эффективно, так как сигнал МОИП представляет собой копию отраженного сигнала. Так как в настоящее время при проектировании перспективных РЛС большое внимание уделяется оснащению их выносными пассивными модулями (ВПМ), предназначенными для работы совместно с активной РЛС - активным радиолокационным модулем (АРЛМ), то более конструктивным является реализация способов селекции с использованием методов определения местоположения (ОМП) источников радиоизлучения (ИРИ) в многопозиционных радиолокационных системах (МПРЛС).

Известным методом определения местоположения ИРИ в МПРЛС является угломерно-разностно-дальномерный (УРД) метод [7 - с. 494-506, 8 - с. 5-20]. При использовании данного метода достигается наибольшая эффективность обнаружения ИРИ и точность определения их координат при наименьшем количестве баз.

УРД метод ОМП включает корреляционный способ определения разности расстояний до ИРИ относительно разнесенных приемных модулей, выбранный в качестве прототипа [7 - с. 494-506].

Корреляционный способ определения разности расстояний до ИРИ относительно разнесенных приемных модулей заключается в последовательном выполнении следующих операций:

1. Расчет взаимнокорреляционной функции (ВКФ) сигналов принятых разнесенными приемными модулями:

$$R(\tau) = \int_0^{\tau_c} x_A(t) x_B(t - \tau) d\tau, \quad (1)$$

где $x_A(t)$ - сигнал принятый АРЛМ;

$x_B(t)$ - сигнал принятый ВПМ;

τ_c - время зондирования одного углового направления;

τ - рассогласование по времени.

Нормированная ВКФ сигналов, полученная таким образом, показана на фиг. 1.

1. Пороговая обработка ВКФ, которая заключается в поиске ее максимума:

$$\Delta\tau^* = \arg \max_{\Delta\tau \in \Omega\tau} |R(\tau)|, \quad (2)$$

где $\Delta\tau$ - разность времени распространения сигналов до ИРИ относительно разнесенных приемных модулей;

$\Omega\tau$ - множество возможных значений $\Delta\tau$.

Положение максимума ВКФ соответствует разности расстояний до ИРИ относительно разнесенных приемных модулей (АРЛМ и ВПМ на фиг. 2):

$$\Delta R = \Delta\tau c, \quad (3)$$

где ΔR - разность расстояний до ИРИ относительно АРЛМ и ВПМ;

c - скорость света.

Измеренному значению разности расстояний соответствует линия положения (ЛП) - гипербола (см. фиг. 2).

Данные измерения могут быть использованы для селекции целей на фоне МОИП путем выделения области местоположения постановщика многократных ответно-импульсных помех (ПАП на фиг. 2). Область местоположения ПАП определяется областью пересечений ЛП, например, для УРД метода - прямой и гиперболы (см. фиг. 2).

Реализация методов ОМП, в том числе УРД метода, предполагает, что каждый элемент МПРЛС является РЛС решающей задачи обнаружения целевых и помеховых сигналов. Однако, в рассматриваемой активно-пассивной МПРЛС, выносные пассивные модули оснащаются малоразмерными слабонаправленными антенными решетками и используются для защиты от активных шумовых помех. Это приводит к тому, что при обнаружении МОИП отношение сигнал/шум (ОСШ) на выходе приемных устройств ВПМ недостаточно для решения задачи обнаружения с требуемыми показателями качества.

Малое ОСШ на выходе приемных устройств ВПМ и конечные пределы интегрирования в выражении (1) приводят к тому, что при расчете разности расстояний, положение максимума ВКФ определяется не по целевым сигналам, а по шумовым выбросам (см. фиг.1). Как следствие, недостаток выбранного в качестве прототипа способа заключается в том, что результат взаимнокорреляционной обработки сигналов принятых АРЛМ и ВПМ не позволяет однозначно определить разность расстояний до постановщика МОИП (n - количество неоднозначных измерений разности времени распространения сигналов см. фиг. 1). В итоге область пересечения ЛП увеличивается и затрудняется выделение области местоположения постановщика многократных ответно-импульсных помех. Область возможных пересечений ЛП обозначена S на фиг. 2.

Техническим результатом является обеспечение возможности однозначного определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе.

Технический результат достигается тем, что в способе определения разности

расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе, который заключается в

расчете взаимнокорреляционной функции сигналов принятых разнесенными приемными модулями и поиске ее максимума, согласно изобретения, перед расчетом взаимнокорреляционной функции сигналов принятых разнесенными приемными модулями производится их обработка в согласованном с зондирующим сигналом фильтре и перемножение с временными строками, формируемыми с использованием оценок временной задержки сигналов первичного обнаружения и угловых координат постановщика активных помех, полученных в активном радиолокационном модуле, а так же с учетом геометрии многопозиционной радиолокационной системы.

Физическая суть предлагаемого способа заключается в следующем.

Между разомкнутыми импульсными элементами МОИП объективно существуют свободные от помех межимпульсные интервалы (фиг. 3а). Указанные интервалы являются неинформативными, так как преимущественно содержат собственный шум приемных устройств, что в свою очередь уменьшает ОСШ на выходе приемных устройств разнесенных приемных модулей и ухудшает качество ВКФ. Поэтому для уменьшения влияния собственного шума на качество ВКФ сигналы с выходов приемных устройств разнесенных приемных модулей необходимо обрабатывать в согласованном с зондирующим сигналом фильтре и стробировать по времени существования локальных максимумов фильтровых откликов. При этом операции согласованной фильтрации и стробирования необходимо проводить для сигналов принимаемых АРЛМ и ВПМ.

Обработка сигналов принятых разнесенными приемными модулями в согласованном с зондирующим сигналом фильтре осуществляется с использованием выражений:

$$z_A(t) = \int_0^{\tau_c} x_A(t)h(t-\tau)dt, \quad (4)$$

$$z_B(t) = \int_0^{\tau_c} x_B(t)h(t-\tau)dt, \quad (5)$$

где $z_A(t)$, $z_B(t)$ - профильтрованные сигналы принятые АРЛМ и ВПМ соответственно;

$h(t)$ - импульсная характеристика согласованного фильтра.

Под стробированием сигналов понимается их временное выделение путем перемножения локальных максимумов профильтрованных сигналов с временными строками прямоугольной формы, осуществляемое с использованием выражений:

$$k_A(t) = z_A(t)v_A(t), \quad (6)$$

$$k_B(t) = z_B(t)v_B(t), \quad (7)$$

где $k_A(t)$, $k_B(t)$ - результат стробирования сигналов принятых АРЛМ и ВПМ соответственно;

$v_A(t)$, $v_B(t)$ - функция стробирования для сигналов принятых АРЛМ и ВПМ соответственно.

Результат согласованной обработки сигналов принятых АРЛМ позволяет обнаруживать целевые и помеховые сигналы и эффективно их стробировать (см. фиг.

3а). Положение временных стробов вычисляется с использованием оценок временной задержки сигналов первичного обнаружения, полученных в АРЛМ:

$$v_A(t) = \begin{cases} 1, & |z_A(t)| \geq z_0; \\ 0, & |z_A(t)| < z_0, \end{cases} \quad (8)$$

где z_0 - уровень порога обнаружения.

Нормированное значение функции полученной с использованием выражения (6) показано на фиг. 3б.

Результат согласованной обработки сигналов принятых ВПМ не позволяет обнаруживать целевые и помеховые сигналы и соответственно их стробировать (см. фиг. 4а). Поэтому положение временных стробов для сигналов, принимаемых ВПМ, вычисляется с использованием оценок временной задержки сигналов первичного обнаружения и угловых координат ПАП, полученных в АРЛМ, а так же с учетом известной геометрии МПРЛС.

На фиг. 5 показан принцип вычисления положения временных стробов для выделения сигналов принятых ВПМ. Так как расстояние до ПАП много больше расстояния между АРЛМ и ВПМ, то, рассматривая треугольники, в которых в качестве основания выступает база, а вершинами являются точки местоположения цели (ответной помехи), положение временных стробов можно вычислить с использованием тригонометрических уравнений:

$$v_B(t) = \begin{cases} 1, & t \in t_{Bg} \pm \frac{\Delta t}{2}; \\ 0, & t \notin t_{Bg} \pm \frac{\Delta t}{2}, \end{cases} \quad (9)$$

$$t_{Bg} = \frac{r_{Bg}}{c}, \quad (10)$$

$$r_{Bg} = \sqrt{r_{Ag}^2 + d^2 - 2r_{Ag}d \cos \beta}, \quad (11)$$

$$r_{Ag} = t_{Ag}c, \quad (12)$$

где t_{Bg} - оценки временной задержки до g -го сигнала относительно ВПМ;

Δt - длительность временных стробов;

r_{Bg} - оценки расстояний до g -го сигнала относительно ВПМ;

r_{Ag} - оценки расстояний до g -го сигнала относительно АРЛМ;

$g = 1..G$ - номер импульсного элемента МОИП;

G - количество импульсных элементов МОИП.

Нормированное значение функции полученной с использованием выражения (7) показано на фиг. 4б.

Профильтрованные сигналы с выходов разнесенных приемных модулей после их стробирования (см. фиг. 3б и фиг. 4б.) далее используются для расчета ВКФ. Модель соответствующей ВКФ, описывается выражением:

$$R'(\tau) = \int_0^{\tau_c} k_A(t)k_B(t-\tau)dt. \quad (13)$$

Нормированная ВКФ сигналов принятых разнесенными приемными модулями предварительно прошедших операции согласованной фильтрации и стробирования представлена на фиг. 6. Единственный корреляционный пик позволяет однозначно определить разность времени распространения сигналов.

Оценка разности времени распространения сигналов проводится по максимуму ВКФ:

$$\Delta\tau^* = \arg \max_{\Delta\tau \in \Omega\tau} |R'(\tau)|, \quad (14)$$

Единственный максимум ВКФ обусловлен тем, что импульсы МОИП излучаются из одной точки пространства - местоположения ПАП, поэтому разности времени распространения сигналов всех импульсных элементов МОИП и отраженного от ПАП одинаковые.

Таким образом, однозначность измерения разности времени распространения сигналов и комбинация данных измерений с угломерными приведет к уменьшению области пересечения ЛП и позволит определить местоположение постановщика МОИП.

Изобретение иллюстрируется следующими чертежами.

На фиг.1 показана нормированная ВКФ сигналов принятых разнесенными модулями.

С использованием обозначений $\Delta\tau_1^* \dots \Delta\tau_n^*$ показаны шумовые выбросы ВКФ,

приводящие к неоднозначным измерениям разности расстояний до ПАП относительно разнесенных приемных модулей.

На фиг.2 показана геометрия многопозиционной радиолокационной системы. На фиг.2 приняты следующие обозначения: АРЛМ - активный радиолокационный модуль; ВПМ - выносной пассивный модуль; ПАП - постановщик активных помех; (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , (x, y) - координаты АРЛМ, ВПМ и ПАП соответственно; d - длина базы; β - азимут на ПАП; $\Delta\tau_1 \dots \Delta\tau_n$ - неоднозначные измерения разности времени распространения сигналов до ПАП относительно АРЛМ и ВПМ; S - область возможных пересечений ЛП.

На фиг. 3 показано нормированное значение результата согласованной обработки и стробирования сигналов принятых АРЛМ: фиг. 3а - результат обработки сигналов принятых АРЛМ в согласованном с зондирующим сигналом фильтре, а также штриховыми линиями поясняется порядок назначения временных стробов; фиг. 3б - результат перемножения сигналов, обработанных в согласованном с зондирующим сигналом фильтре, с временными стробами прямоугольной формы.

На фиг. 4 показано нормированное значение результата согласованной обработки и стробирования сигналов, принятых ВПМ: фиг. 4а - результат обработки сигнала принятого ВПМ в согласованном с зондирующим сигналом фильтре, а также штриховыми линиями поясняется порядок назначения временных стробов; фиг. 4б - результат перемножения сигналов, обработанных в согласованном с зондирующим сигналом фильтре, с временными стробами прямоугольной формы.

На фиг. 5 показана геометрия многопозиционной радиолокационной системы с пояснением принципа вычисления положения временных стробов для выделения сигналов принятых ВПМ. На фиг. 5 приняты следующие обозначения: АРЛМ - активный

радиолокационный модуль; ВПМ - выносной пассивный модуль; ПАП - постановщик активных помех; (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , (x, y) - координаты АРЛМ, ВПМ и ПАП соответственно; d - длина базы; β - азимут на ПАП; $r_{A1} \dots r_{A3}$ - оценки дальности до сигналов первичного обнаружения, полученные в АРЛМ; $r_{B1} \dots r_{B3}$ - оценки дальности до сигналов первичного обнаружения, пересчитанные для ВПМ.

На фиг. 6 показана нормированная ВКФ сигналов принятых разнесенными приемными модулями предварительно прошедших операции согласованной фильтрации и стробирования. С использованием обозначения $\Delta\tau^*$ показано положение максимума ВКФ, позволяющее однозначно определить разность расстояний до ПАП относительно АРЛМ и ВПМ.

На фиг. 7 приведена блок-схема подсистемы приема и обработки радиолокационных сигналов, реализующей вышеизложенный способ. На фиг. 7 приняты следующие обозначения:

7.1 Приемный модуль АРЛМ;

7.2 Приемный модуль ВПМ;

7.3 Радиоприемник АРЛМ;

7.4 Радиопередатчик ВПМ;

7.5 Блок измерения угловых координат сигналов принятых АРЛМ;

7.6 Блок обработки сигналов принятых АРЛМ в согласованном с зондирующим сигналом фильтре;

7.7 Блок обработки сигналов принятых ВПМ в согласованном с зондирующим сигналом фильтре;

7.8 Блок пороговой обработки и оценивания временной задержки сигналов принятых АРЛМ;

7.9 Блок вычисления положения временных стробов для выделения сигналов принятых ВПМ;

7.10 Блок временного выделения сигналов принятых АРЛМ;

7.11 Блок временного выделения сигналов принятых ВПМ;

7.12 Блок расчета ВКФ;

7.13 Блок пороговой обработки ВКФ.

На фиг. 8 сплошными кривыми показаны потенциальные ошибки измерений разности времени распространения сигналов (границы Крамера-Рао) для предлагаемого способа, штриховыми - расчетные. Штрихпунктирной линией показано значение ошибки измерения разности времени распространения сигналов при фиксированном ОСШ по мощности.

На фиг. 9 показана геометрия многопозиционной радиолокационной системы с пояснением возможности определения местоположения постановщика многократных ответно-импульсных помех. На фиг. 9 приняты следующие обозначения: АРЛМ - активный радиолокационный модуль; ВПМ - выносной пассивный модуль; ПАП - постановщик активных помех; (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , (x, y) - координаты АРЛМ, ВПМ и ПАП соответственно; d - длина базы; β - азимут на ПАП; $\Delta\tau^*$ - разность времени распространения сигналов до ПАП относительно АРЛМ и ВПМ, измеренная предлагаемым способом; S' - область возможных пересечений ЛП.

Осуществление способа возможно с помощью блок-схемы представленной на фиг. 7 и заключается в последовательном выполнении следующих операций:

1. Прием сигналов АРЛМ и ВПМ, осуществляемый блоками 7.1 и 7.2 соответственно;

2. Ретрансляция сигнала принятого ВПМ в АРЛМ по линии связи, осуществляемая блоками 7.3 и 7.4;

3. Измерение угловых координат сигналов принятых АРЛМ в блоке 7.5;

4. Обработка сигналов принятых АРЛМ в согласованном с зондирующим сигналом фильтре (4), осуществляемая блоком 7.6;

5. Обработка сигналов принятых ВПМ в согласованном с зондирующим сигналом фильтре (5), осуществляемая блоком 7.7;

6. Временное выделение сигналов принятых АРЛМ, обработанных в согласованном с зондирующим сигналом фильтре, путем перемножения с временными стробами (6), осуществляемое блоком 7.10. Формирование временных стробов производится блоком 7.8. с использованием оценок временной задержки сигналов первичного обнаружения полученных в АРЛМ (8);

7. Временное выделение сигналов принятых ВПМ, обработанных в согласованном с зондирующим сигналом фильтре, путем перемножения с временными стробами (7), осуществляемое блоком 7.11. Формирование временных стробов производится блоком 7.9. с использованием оценок временной задержки сигналов первичного обнаружения и угловых координат постановщика активных помех полученных в АРЛМ, а так же с учетом геометрии МПРЛС (9-12).

8. Расчет ВКФ (13), осуществляемый блоком 7.12;

9. Поиск максимума ВКФ (14), осуществляемый блоком 7.13.

Заявленный технический результат подтвержден результатами, полученными методом имитационного моделирования.

Моделирование проведено при следующих исходных данных: АРЛМ расположен в точке с координатами (0,0), являющейся началом координат; ВПМ расположен в точке с координатами (10,0). В качестве входных воздействий моделировались отраженный сигнал от ПАП с координатами (10,150) и МОИП - одна опережающая и одна запаздывающая с координатами (4,50) и (15,220) соответственно.

Результат имитационного моделирования для рассмотренных выше исходных данных представлен на фиг. 8 в виде зависимости ошибок измерения разности времени распространения сигналов $\sigma_{\Delta\tau}$ от ОСШ по мощности q^2 : сплошной кривой - потенциальные ошибки (граница Крамера-Рао [9]), штриховой - расчетные ошибки.

$$q^2 = \frac{2\mathfrak{E}}{N_0}, \quad (15)$$

где q^2 - ОСШ по мощности;

$\mathfrak{E}$ - энергия сигнала;

N_0 - спектральная плотность мощности шума.

Анализ зависимости показывает, что при увеличении ОСШ по мощности расчетные ошибки в определении разности времени распространения сигналов стремятся к потенциальным. Ошибка измерения разности расстояний $\sigma_{\Delta R}$ определяется выражением (16) и при фиксированном значении ОСШ по мощности $q^2=20$ дБ составит не более 600 метров.

$$\sigma_{\Delta R} = \sigma_{\Delta\tau} c, \quad (16)$$

где $\sigma_{\Delta R}$ - ошибка измерения разности расстояний;

$\sigma_{\Delta t}$ - ошибка измерения времени распространения сигналов.

Однозначность измерения разности времени распространения сигналов и комбинация данных измерений с угломерными позволят уменьшить область пересечения линий положения и определить местоположение постановщика МОИП областью, обозначенной S' на фиг. 9.

На основании полученных оценок можно констатировать, что разработанный способ обеспечивает реализацию в радиолокационной станции оснащенной выносными пассивными модулями возможности определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи с ошибками измерения разности расстояний не более 600 метров. Это позволяет заключить о достижении заявленного технического результата, состоящего в обеспечении недоступной для прототипа возможности определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе.

Список литературы

1. Ван Брант, Л.Б. Справочник по методам радиоэлектронного подавления и помехозащиты систем с радиолокационным управлением. США. [Текст] / Л.Б. Ван Брант. 1978: пер. с англ. под ред. К.И. Фомичева, Л.М. Юдина, т. 1, 5 кн. - М.: Воениздат, 1985. - 1079 с.
2. Перунов, Ю.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием [Текст] / Ю.М. Перунов, К.И. Фомичев, Л.М. Юдин, под ред. Ю.М. Перунова. - М.: Радиотехника, 2008. - 416 с.
3. Куприянов, А.И. Радиоэлектронная борьба. Основа теории [Текст] / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. - 2-е изд. - М.: Вузовская книга, 2015. - 800 с.
4. Евграфов, В.Г. Развитие авиационных средств РЭБ и их применение в современных вооруженных конфликтах [Текст] / В.Г. Евграфов // Зарубежное военное обозрение. - 2011. - №2. - С. 60 - 65.
5. Защита от радиопомех [Текст] / М.В. Максимов, М.П. Бобнев, Б.Х. Кривицкий и др., под ред. М.В. Максимова М.: Сов. радио, 1976. - 496 с.
6. Ботов, М.И. Основы теории радиолокационных систем и комплексов [Текст] / М.И. Ботов, В.А. Вяхирев, под ред. М.И. Ботова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 530 с.
7. Теоретические основы радиолокации [Текст] / Я.Д. Ширман, В.Н. Голиков, И.Н. Бусыгин и др., под ред. Я.Д. Ширмана. - М.: Сов. Радио, 1970. - 560 с.
8. Алмазов, В.Б. Методы пассивной локации [Текст] / В.Б. Алмазов. - Харьков: ВИРТА. - 1974. - 66 с.
9. Караваев, В.В. Статическая теория пассивной локации [Текст] / В.В. Караваев, В.В. Сазонов - М.: Радио и связь, 1987. - 240 с.

(57) Формула изобретения

Способ определения разности расстояний до постановщика многократной ответно-импульсной помехи в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе, заключающийся в расчете взаимнокорреляционной функции сигналов, принятых разнесенными приемными модулями, и поиске её максимума, отличающийся тем, что перед расчетом взаимнокорреляционной функции сигналов, принятых разнесенными приемными модулями, производится их обработка в согласованном с зондирующим сигналом фильтре и перемножение с временными стробами, формируемыми с использованием оценок временной задержки сигналов первичного обнаружения и угловых координат постановщика активных помех, полученных в активном

радиолокационном модуле, а также с учетом геометрии многопозиционной радиолокационной системы, описываемой тригонометрическими уравнениями

$$v_B(t) = \begin{cases} 1, t \in t_{Bg} \pm \frac{\Delta t}{2}; \\ 0, t \notin t_{Bg} \pm \frac{\Delta t}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

$$t_{Bg} = \frac{r_{Bg}}{c}, \quad (2)$$

$$r_{Bg} = \sqrt{r_{Ag}^2 + d^2 - 2r_{Ag}d \cos \beta}, \quad (3)$$

$$r_{Ag} = t_{Ag}c, \quad (4)$$

где $v_B(t)$ – функция стробирования для сигналов, принятых выносным пассивным модулем;

t_{Bg} – оценки временной задержки до g -го сигнала относительно выносного пассивного модуля;

Δt – длительность временных стробов;

r_{Bg} – оценки расстояний до g -го сигнала относительно выносного пассивного модуля;

r_{Ag} – оценки расстояний до g -го сигнала относительно активного радиолокационного модуля;

c – скорость света;

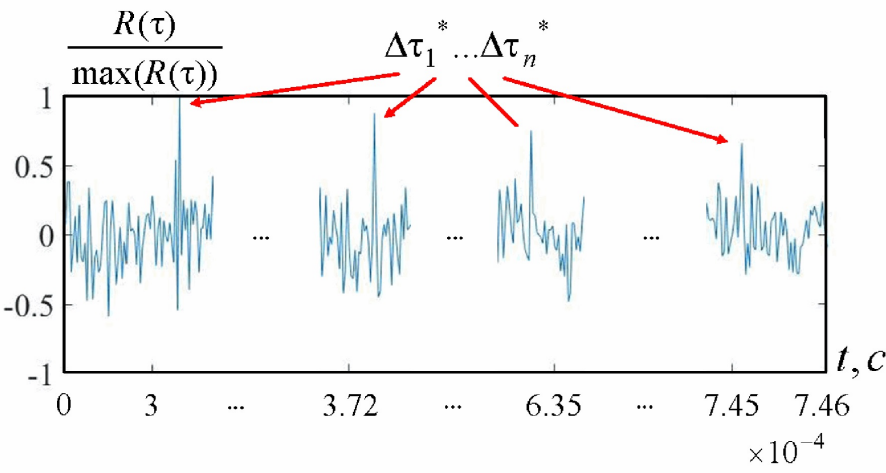
d – длина базы;

β – азимут на постановщик активных помех;

$g = 1..G$ – номер импульсного элемента многократной ответно-импульсной помехи;

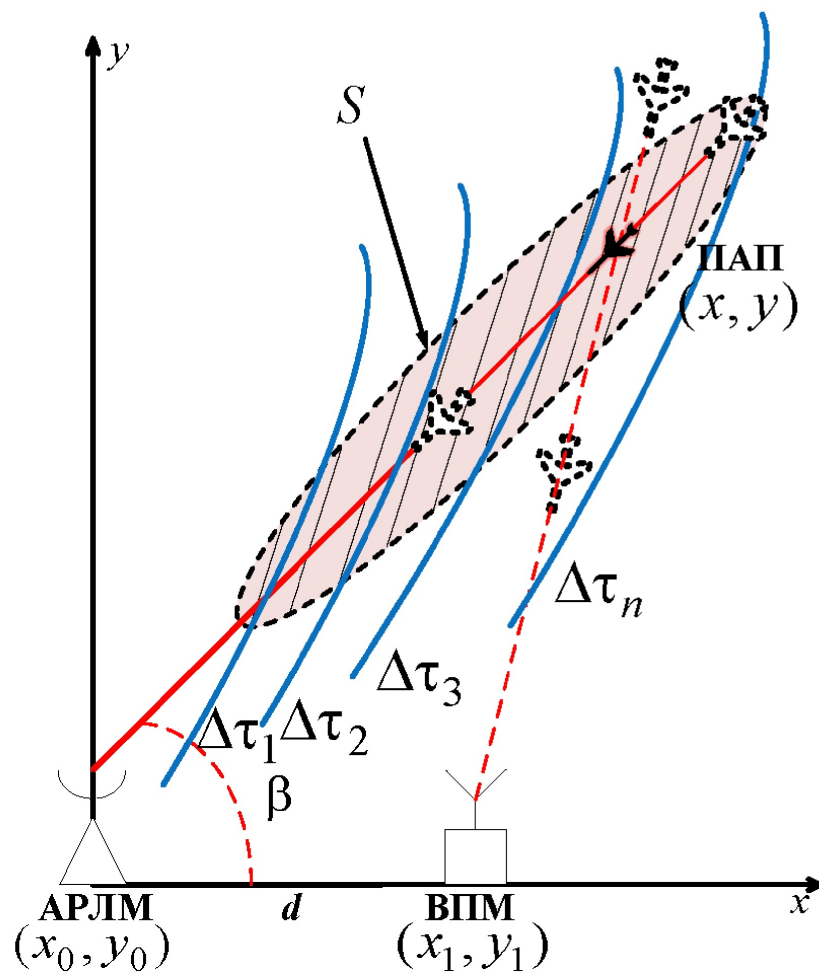
G – количество импульсных элементов многократной ответно-импульсной помехи.

1

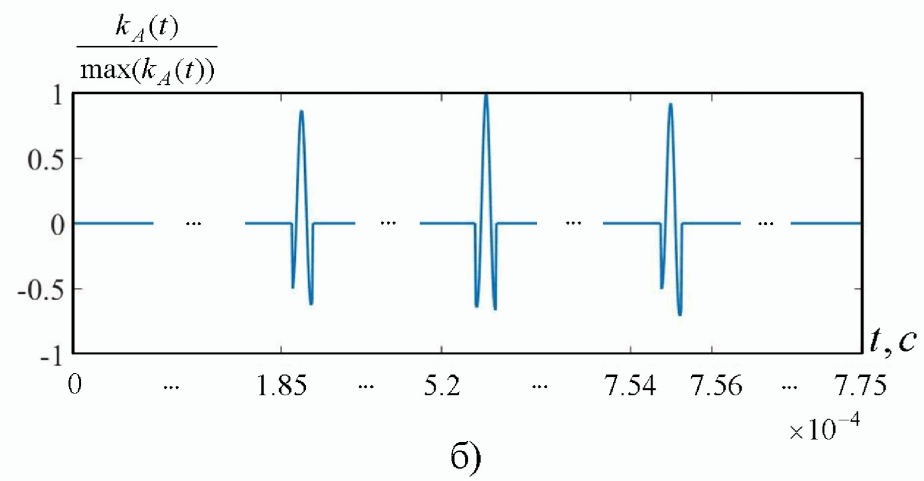
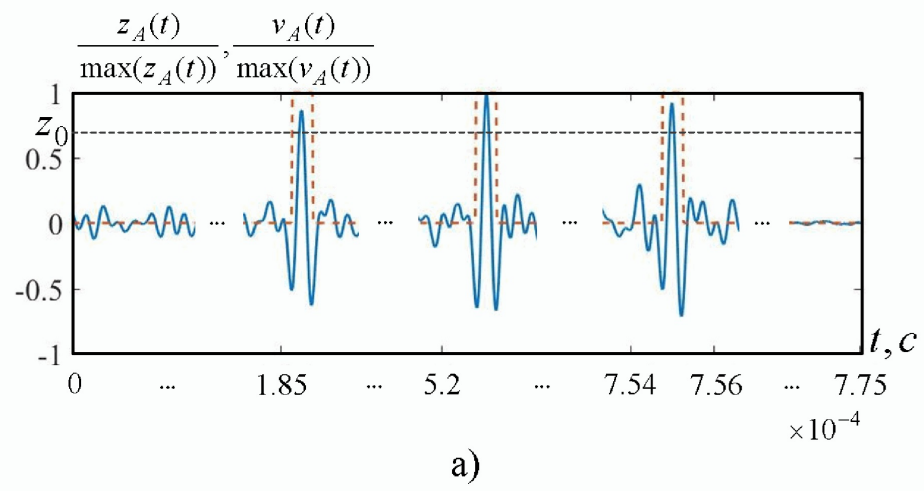


Фиг. 1

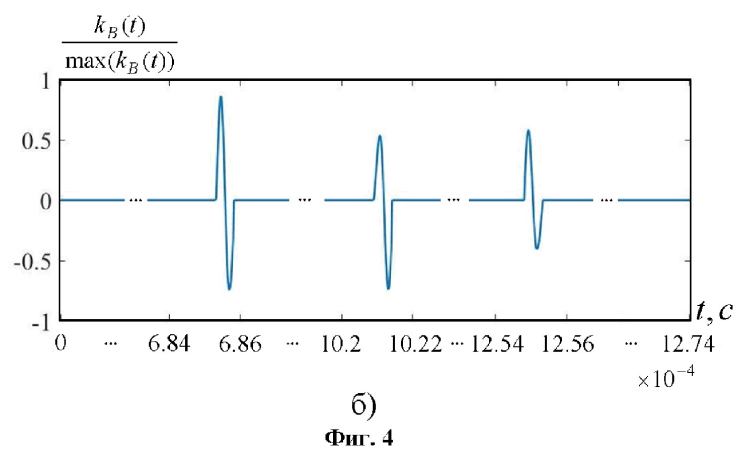
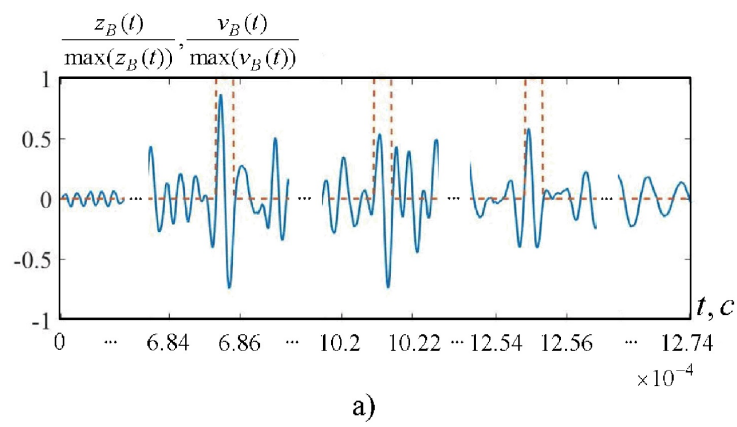
2

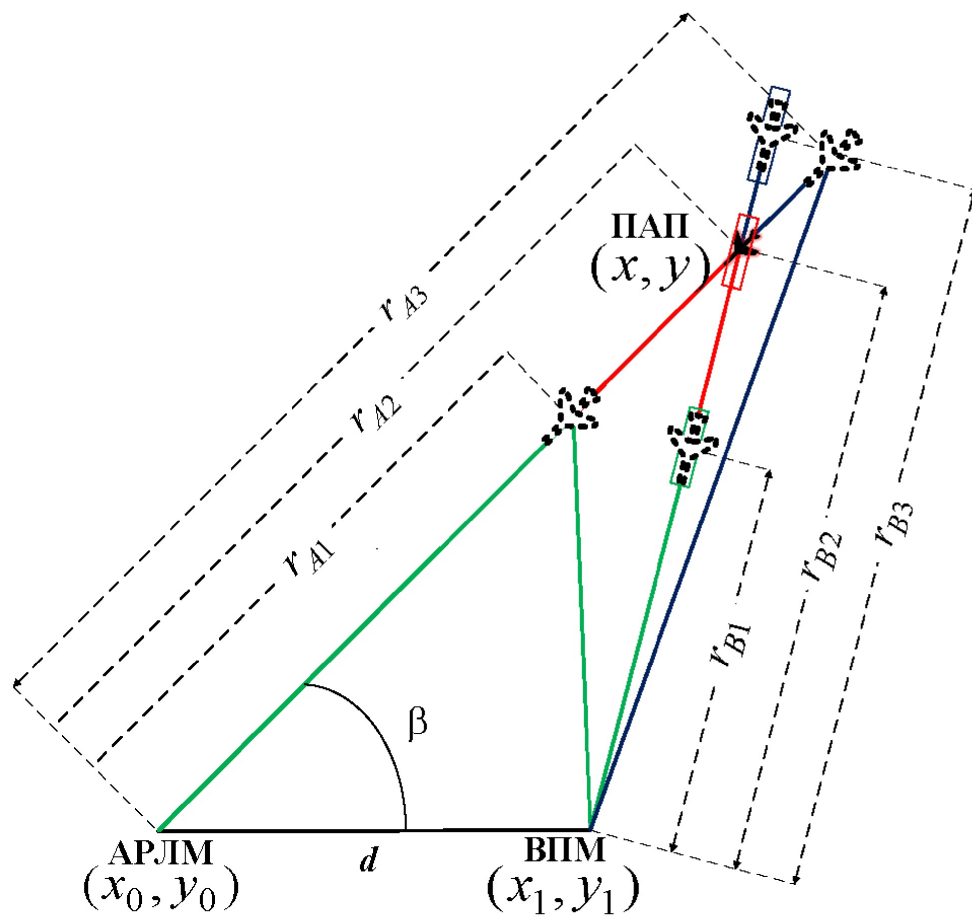


Фиг. 2

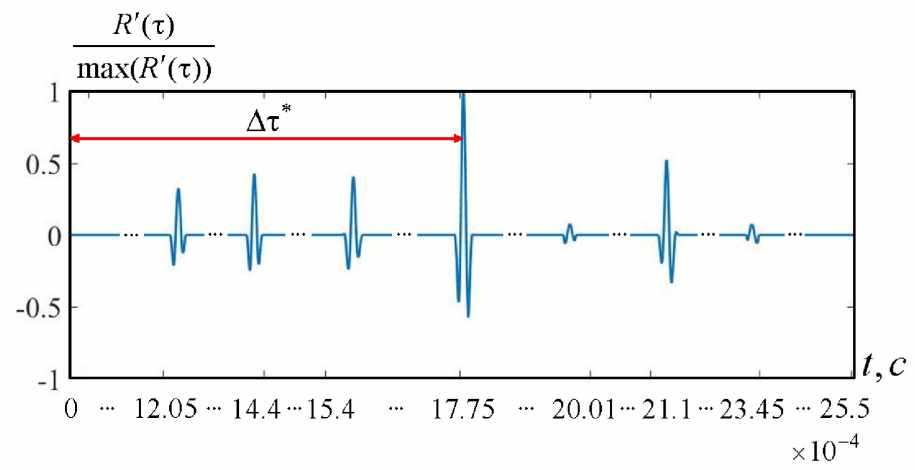


Фиг. 3

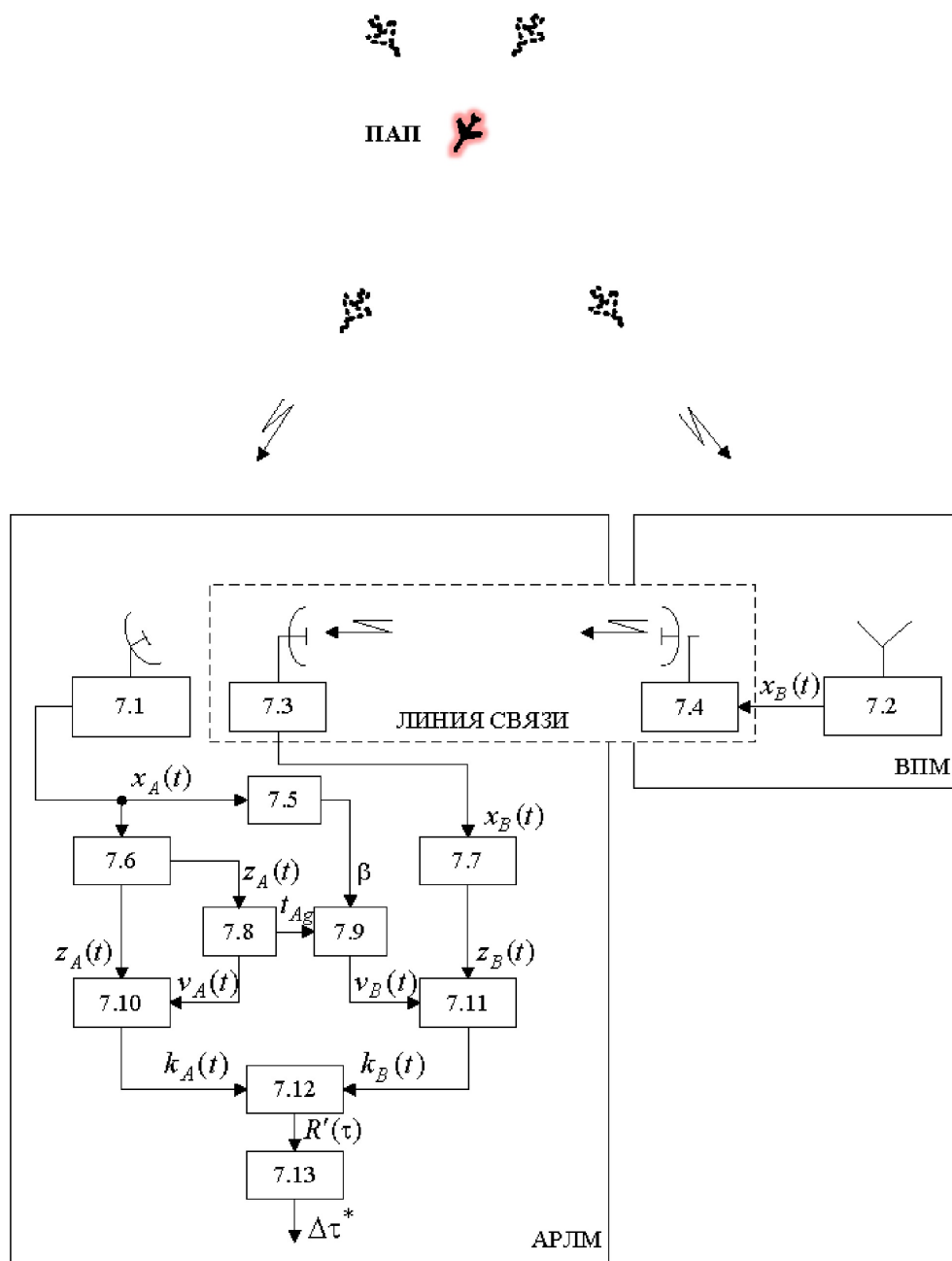




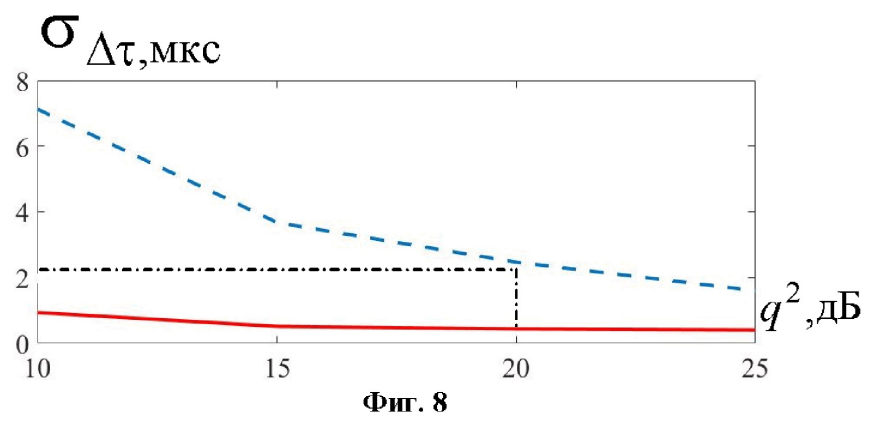
Фиг. 5

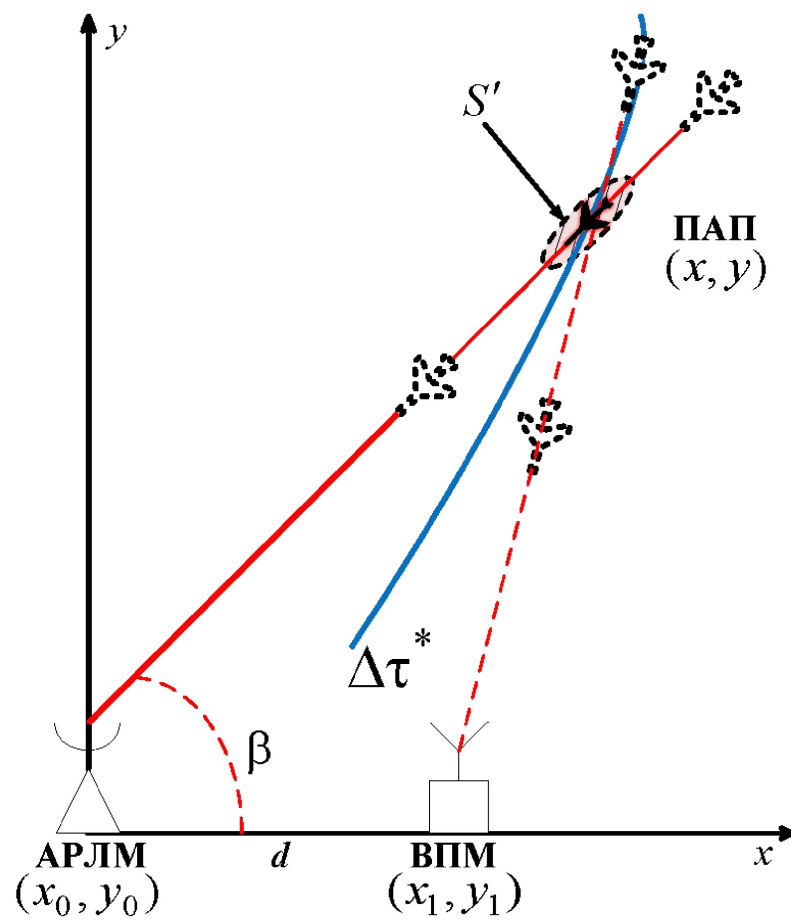


Фиг. 6



Фиг. 7





Фиг. 9