

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 856 205** (13) **C1**

(51) МПК

[G01S 7/41 \(2006.01\)](#)[G01S 13/53 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 21.02.2026)  
 Пошлина: учтена за 5 год с 09.04.2029 по 08.04.2030. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 09.04.2029 по 08.04.2030. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 09.04.2030 по 08.10.2030 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты  
пошлины за поддержание  
патента в силе

(52) СПК

*G01S 7/41 (2025.08); G01S 7/415 (2025.08); G01S 13/53 (2025.08); G01S 13/534 (2025.08); G01S 7/36 (2025.08)*

(21)(22) Заявка: [2025108715](#), 08.04.2025(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
08.04.2025Дата регистрации:  
20.02.2026Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 08.04.2025(45) Опубликовано: [20.02.2026](#) Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2245562 C2, 27.01.2005. RU 2815305 C1, 13.03.2024. SU 1841291 A1, 06.12.2018. RU 2234720 C1, 20.08.2004. RU 2327187 C2, 20.06.2008. БАКУЛЕВ П.А., СТЕНИН В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей // М.: Радио и связь. 1986. Раздел 5.2, рис. 5.19. CN 114217284 A, 22.03.2022. US 2024027608 A1, 25.01.2024.

Адрес для переписки:  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

Знатдинов Сергей Ильич (RU),  
Красильникова Ольга Ивановна (RU)

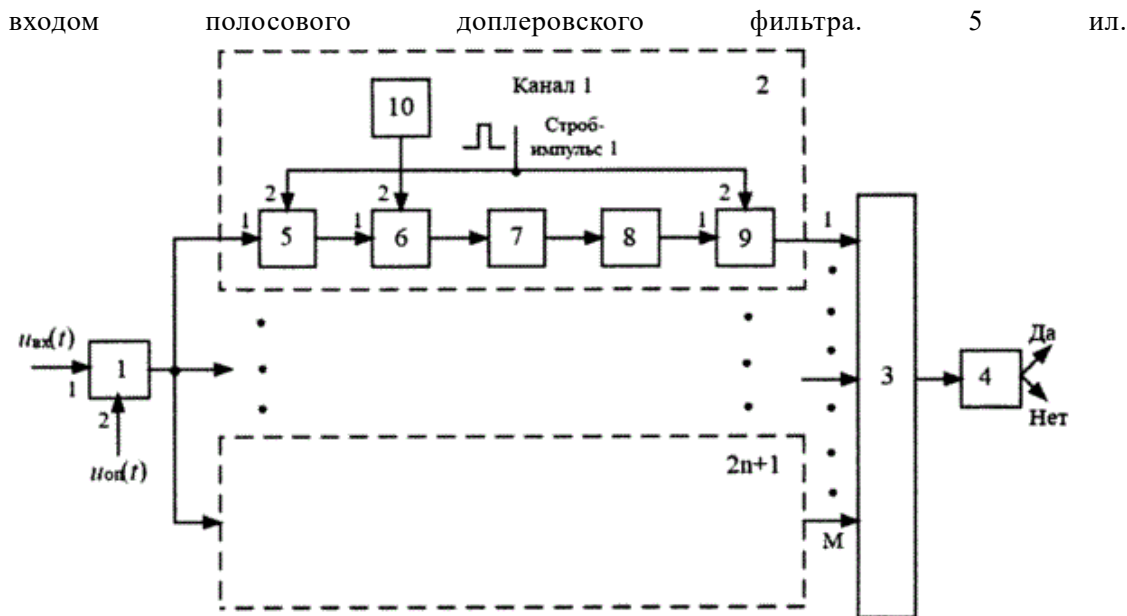
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Импульсная доплеровская система селекции движущихся объектов

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиолокационной технике и может быть использовано для обнаружения движущихся объектов на фоне пассивных помех в РЛС с фазированной антенной решеткой (ФАР) при скачкообразном перемещении луча антенны. Техническим результатом является уменьшение влияния переходных процессов в полосовых доплеровских фильтрах и увеличение коэффициента подавления пассивных помех в РЛС с ФАР со скачкообразным перемещением антенного луча в пространстве, что обеспечивает увеличение вероятности обнаружения движущихся объектов. В заявленной импульсной доплеровской системе в каждый из М идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов дополнительно введены генератор весового «окна» и модулятор, первый вход которого соединен с выходом первого строб-каскада, а второй вход – с выходом генератора весового «окна», при этом выход соединен со



Фиг. 1

Изобретение относится к радиолокационной технике и может быть использовано для обнаружения движущихся объектов на фоне пассивных помех в РЛС с фазированной антенной решеткой (ФАР) при скачкообразном перемещении луча антенны.

Известно устройство селекции движущихся целей на базе череспериодных вычитающих устройств [Бакулев П.А., Стенин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. М.: Радио и связь.1986, рис. 5.4]. Устройство включает в себя линию задержки на период следования импульсов сигнала и схему вычитания; выход линии задержки соединен с прямым входом схемы вычитания; вход линии задержки соединен с инверсным входом схемы вычитания.

Недостатком известного устройства является низкий коэффициент подавления пассивных помех, присущий схемам череспериодного вычитания.

Известно устройство селекции движущихся целей в РЛС с непрерывным излучением сигнала, использующее доплеровские фильтры [Бакулев П.А., Стенин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. М.: Радио и связь.1986, рис. 2.2]. Устройство включает в себя генератор радиочастоты, детектор и фильтр доплеровских частот; выход генератора радиочастоты соединен со входом детектора, выход которого соединен со входом фильтра доплеровских частот.

Недостатком известного устройства является отсутствие разрешающей способности по дальности, присущее РЛС с непрерывным излучением.

Наиболее близким к заявляемому устройству является импульсная доплеровская система селекции движущихся целей [Бакулев П.А., Стенин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. М.: Радио и связь.1986, рис. 5.19].

Устройство состоит из фазового детектора;  $M$  одинаковых параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов,  $m$ -входового сумматора и порогового устройства; каждый доплеровский канал дальности содержит первый строб-каскад; полосовой доплеровский фильтр; амплитудный детектор; второй строб-каскад; выход фазового детектора одновременно соединен с первыми входами первых строб-каскадов  $M$  доплеровских каналов дальности; выход первого строб-каскада каждого канала дальности соединен со входом полосового доплеровского фильтра; выход полосового доплеровского фильтра соединен со входом амплитудного детектора, выход которого соединен с первым входом второго строб-каскада; выходы вторых строб-каскадов  $M$  доплеровских каналов дальности соединены с одноименными входами  $m$ -входового сумматора, выход которого соединен со входом порогового устройства. На первый вход фазового детектора подается входной сигнал с выхода усилителя промежуточной частоты РЛС; второй вход фазового детектора служит для подачи опорного напряжения; на вторые входы первого и второго строб-каскадов каждого канала дальности одновременно подается соответствующий строб-импульс.

Недостатком данного устройства является низкий коэффициент подавления пассивных помех, поступающих в виде прямоугольных пачек импульсов в РЛС с ФАР,

из-за переходных процессов в доплеровских фильтрах.

Задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, состоит в уменьшении влияния переходных процессов в полосовых доплеровских фильтрах и тем самым в увеличении коэффициента подавления пассивных помех в РЛС с ФАР со скачкообразным перемещением антенного луча в пространстве.

Техническим результатом, достигаемым при осуществлении заявляемого изобретения, является увеличение вероятности обнаружения движущихся объектов.

Технический результат достигается тем, что импульсная доплеровская система селекции движущихся объектов содержащая фазовый детектор,  $m$ -входовой сумматор, выход которого соединен со входом порогового устройства, а также  $M$  идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов, каждый из которых содержит первый строб-каскад, последовательно соединенные полосовой доплеровский фильтр, амплитудный детектор и второй строб каскад, выход фазового детектора одновременно соединен с первыми входами первых строб-каскадов, выходы вторых строб-каскадов соединены с соответствующими входами  $m$ -входового сумматора, при этом первый вход фазового детектора является входом сигнала с выхода усилителя промежуточной частоты РЛС, а его второй вход - входом опорного напряжения, при этом вторые входы первого и второго строб-каскадов являются входами строб-импульса, при этом дополнительно каждый из  $M$  идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов этом дополнительно содержит генератор весового «окна» и модулятор, первый вход которого соединен с выходом первого строб-каскада, а второй вход - с выходом генератора весового «окна», при этом выход соединен со входом полосового доплеровского фильтра.

Поставленный технический результат достигается за счет введения дополнительных блоков и связей между ними, что позволяет снизить влияние переходных процессов по переднему и заднему фронтам пачки импульсов в полосовом доплеровском фильтре канала дальности и тем самым увеличить коэффициент подавления пассивной помехи более, чем на 40 дБ.

Сущность изобретения поясняется чертежом, представленным на фиг. 1, где обозначены следующие элементы:

1. фазовый детектор
2.  $M$  идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов
3.  $m$ -входовой сумматор
4. пороговое устройство
5. первый строб-каскад
6. модулятор
7. полосовой доплеровский фильтр
8. амплитудный детектор
9. второй строб-каскад
10. генератор весового «окна»

На фиг. 2 показаны спектры пассивной помехи, полезного сигнала и амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) полосового доплеровского фильтра.

На фиг. 3 показана огибающая пачки импульсов пассивной помехи при скачкообразном перемещении луча антенны в пространстве в РЛС с ФАР.

На фиг. 4 приведена реализация огибающей выходного сигнала пассивной помехи полосового доплеровского фильтра.

На фиг. 5 представлена возможная весовая функция в виде гауссова «окна».

Импульсная доплеровская система селекции движущихся объектов содержит последовательно соединенные фазовый детектор 1,  $M$  одинаковых параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов 2,  $m$ -входовой сумматор 3 и пороговое устройство 4, при этом каждый из  $M$  одинаковых параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов 2 содержит последовательно соединенные первый строб-каскад 5, модулятор 6, полосовой доплеровский фильтр 7, амплитудный детектор 8 и второй строб-каскад 9, а также генератор весового «окна» 10 соединенный со вторым входом модулятора 6, при этом выход фазового детектора 1 одновременно соединен с первыми входами первых строб-каскадов 5, выходы вторых строб-каскадов 9 соединены с соответствующими входами  $m$ -входового сумматора 2, а первый вход фазового детектора 1 является входом сигнала с выхода усилителя промежуточной частоты РЛС, его второй вход - входом опорного напряжения, при этом вторые входы первого 5 и второго 9 строб-каскадов являются входами строб-импульса.

В качестве фазового детектора 1, первого 5 и второго 9 строб-каскадов и модулятора 6 можно использовать балансный модулятор (Б.К. Супрун, В.И. Хиленко. Радиопередающие и радиоприемные устройства и измерение их параметров. М.: Издательство стандарт, 1988. Стр. 92, рис. 6.20), в качестве генератора весового «окна» 10 - постоянное запоминающее устройство, в ячейки памяти которого «защиты» значения весового «окна», в качестве полосового доплеровского фильтра 7 - многозвенный L-C или пьезоэлектрический фильтр, в качестве m-входного сумматора 3 - m-входной сумматор на операционном усилителе, в качестве порогового устройства 4 - триггер Шмитта на микросхеме К155ТЛ1 (В.Л. Шило. Популярные цифровые микросхемы. М.: Радио и связь. 1988).

Импульсная доплеровская система селекции движущихся объектов (СДЦ) работает следующим образом.

Последовательность аддитивной смеси в виде пачки коротких радиоимпульсов полезного сигнала и пассивной помехи  $u_{вх}(t)$  с выхода усилителя промежуточной частоты РЛС поступает на первый вход фазового детектора 1. Одновременно на второй вход фазового детектора 1 подается непрерывное опорное гармоническое напряжение промежуточной частоты  $u_{оп}(t)$ . В результате на выходе фазового детектора 1 появляется последовательность видеоимпульсов аддитивной смеси полезного сигнала и пассивной помехи, которая далее поступает на первые входы первых строб-каскадов 5 всех параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов 2. Одновременно на вторые входы первых строб-каскадов 5 подаются соответствующие короткие строб-импульсы, длительность которых равняется длительности входных импульсов системы СДЦ. Положение строб-импульсов в пределах периода повторения определяет разрешаемый участок дальности. В результате происходит селекция объектов по дальности. С выходов первых строб-каскадов 5 последовательность видеоимпульсов отселектированных по дальности объектов поступает в модулятор 6, где умножается на весовое «окно», вырабатываемое генератором весового «окна» 10 и далее подается на вход полосового доплеровского фильтра 7. С выхода полосового доплеровского фильтра 7 отфильтрованный полезный сигнал от движущегося объекта подается на амплитудный детектор 8, детектируется в нем и поступает на первый вход второго строб-каскада 9. Одновременно на второй вход второго строб-каскада 9 подается строб-импульс, тем самым формируется выходной сигнал конкретного канала дальности, который поступает на соответствующий вход m-входного сумматора 3. Просуммированные выходные сигналы всех каналов дальности с выхода m-входного сумматора 3 поступают на пороговое устройство 4.

Уменьшение влияния переходных процессов в полосовом доплеровском фильтре 7 на работу системы СДЦ можно пояснить следующим. В РЛС с ФАР при скачкообразном изменении положения луча антенны в пространстве отраженные сигналы представляют собой пачки импульсов с прямоугольной огибающей, которые, поступая на вход полосового доплеровского фильтра 7, приводят к появлению переходных процессов по переднему и заднему фронтам пачки импульсов (фиг. 2). Рассмотрим воздействие на полосовой доплеровский фильтр 7 только пассивной помехи. В этом случае огибающая пачки импульсов пассивной помехи при скачкообразном перемещении луча антенны в пространстве в РЛС с ФАР (фиг. 3, 4).

Из приведенных реализаций пассивной помехи видно, что ее выбросы на выходе полосового доплеровского фильтра 7 происходят по переднему и заднему фронтам входной пачки импульсов. При этом амплитуда выбросов пассивной помехи на выходе полосового доплеровского фильтра 7 практически совпадает с амплитудой входной пачки импульсов. На практике пассивная помеха может в сотни и тысячи раз превышать по уровню полезный сигнал от движущегося объекта. В таких условиях работа системы СДЦ невозможна.

Подавление выбросов пассивной помехи в заявляемой системе осуществляется путем сглаживания фронтов входной пачки импульсов. Для этого используются генератор весового «окна» 10 и модулятор 6. При каждом новом положении луча антенны в пространстве генератор весового «окна» 10 вырабатывает весовую функцию, на которую в модуляторе 6 умножается аддитивная смесь полезного сигнала и пассивной помехи с выхода первого строб-каскада 5 (фиг. 5).

Использование весовой функции в виде гауссова «окна» позволяет подавить выбросы пассивной помехи на выходе полосового доплеровского фильтра 7 практически на 60 дБ и более.

В результате предложенная импульсная доплеровская система селекции движущихся объектов позволяет увеличить коэффициент подавления пассивной помехи и тем самым повысить вероятность правильного обнаружения движущихся

объектов по сравнению с прототипом при минимальном дополнительном оборудовании.

Увеличение коэффициента подавления пассивной помехи достигается за счет сглаживания фронтов прямоугольной пачки импульсов аддитивной смеси полезного сигнала и пассивной помехи благодаря использованию весовой обработки.

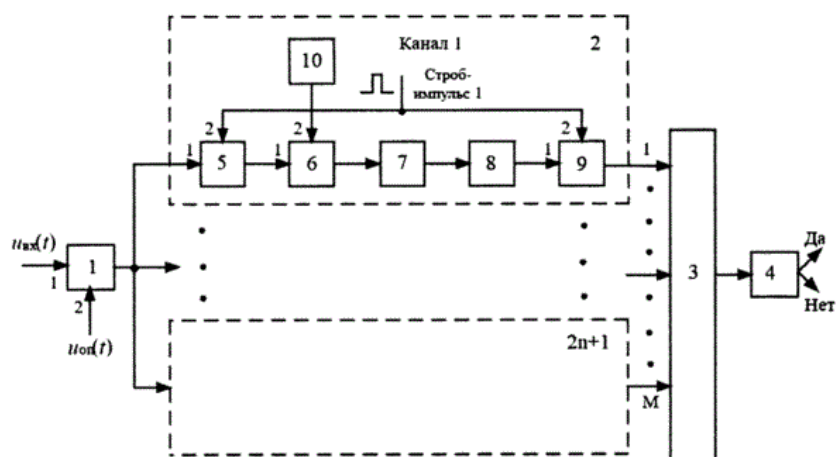
Сопоставление параметров, характеризующих заявляемое устройство и прототип, позволяют сделать вывод о том, что заявляемое устройство обеспечивает более высокое подавление пассивной помехи и тем самым большую вероятность правильного обнаружения движущихся объектов.

Приведенные сведения доказывают, что при осуществлении заявленного устройства выполняются следующие условия:

- средство, воплощающее предлагаемую систему при ее осуществлении, предназначено для использования в радиолокационной технике и может быть использовано для обнаружения движущихся объектов на фоне пассивных помех в РЛС с ФАР при скачкообразном перемещении луча антенны;
- для заявленной системы в том виде, как она охарактеризована в независимом пункте формулы изобретения, подтверждена возможность ее осуществления с помощью описанных до даты подачи заявки средств;
- средство, воплощающее заявленную систему при его осуществлении, способно обеспечить получение указанного технического результата.

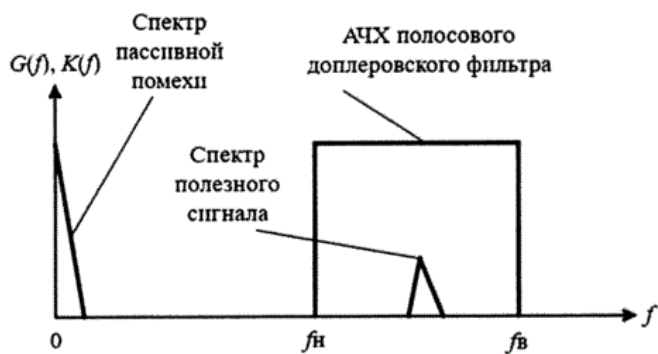
#### Формула изобретения

Импульсная доплеровская система селекции движущихся объектов, содержащая фазовый детектор,  $m$ -входной сумматор, выход которого соединен со входом порогового устройства, а также  $M$  идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов, каждый из которых содержит первый строб-каскад, последовательно соединенные полосовой доплеровский фильтр, амплитудный детектор и второй строб-каскад, выход фазового детектора одновременно соединен с первыми входами первых строб-каскадов, выходы вторых строб-каскадов соединены с соответствующими входами  $m$ -входного сумматора, при этом первый вход фазового детектора является входом сигнала с выхода усилителя промежуточной частоты РЛС, а его второй вход – входом опорного напряжения, при этом вторые входы первого и второго строб-каскадов являются входами строб-импульса, отличающаяся тем, что каждый из  $M$  идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов содержит генератор весового «окна» и модулятор, первый вход которого соединен с выходом первого строб-каскада, а второй вход – с выходом генератора весового «окна», при этом выход соединен со входом полосового доплеровского фильтра.

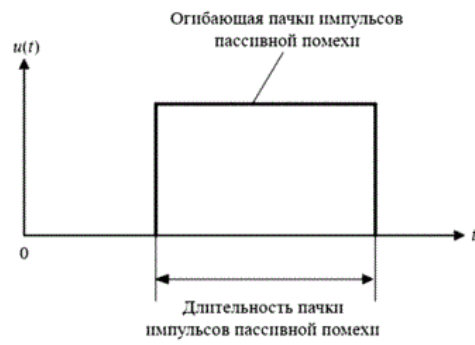


1 - фазовый детектор; 2 -  $M$  идентичных параллельно включенных доплеровских каналов дальности обработки сигналов; 3 -  $m$ -входной сумматор; 4 - пороговое устройство; 5 - первый строб-каскад; 6 - модулятор; 7 - полосовой доплеровский фильтр; 8 - амплитудный детектор; 9 - второй строб-каскад; 10 - генератор весового «окна».

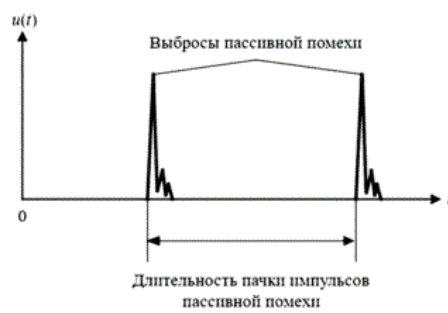
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5