(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202291172 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.04.26

(22) Дата подачи заявки
2022.05.16

(51) Int. Cl. *G01S 13/52* (2006.01)
G01S 13/42 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ В ДВУХПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЕ БОРТОВЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ РЛС

(71) Заявитель:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ" (RU)

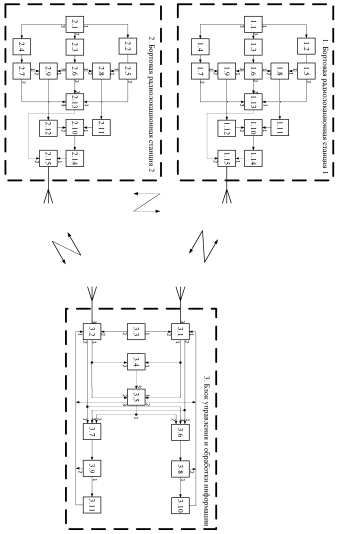
(72) Изобретатель:
Ненашев Вадим Александрович, Григорьев Евгений Константинович, Шепета Александр Павлович, Подоплекин Юрий Федорович (RU)

(57) Изобретение относится к области радиолокации и может быть использовано в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны. Задачей изобретения является создание устройства, позволяющего реализовать возможности определения положения движущегося объекта (ДО), полного вектора скорости (абсолютного ее значение) и направления его движения, а также ускорения ДО. Техническим результатом изобретения является расширение функциональных возможностей и повышение точности определения траекторных координат объектов. Технический результат достигается тем, что в устройство для определения параметров движения наземных объектов в двухпозиционной системе бортовых малогабаритных РЛС, содержащее бортовую радиолокационную станцию, выполненную в виде антенной системы, первого, второго и третьего блоков приема, первого, второго и третьего процессоров, первого, второго и третьего блоков вычитания, первого и второго вычислителей арктангенсов и блока вычисления радиальной скорости, причем первый выход антенной системы последовательно соединен с первым блоком приема и первым процессором, второй выход последовательно соединен со вторым блоком приема и вторым процессором, а третий выход последовательно соединен с третьим блоком приема и третьим процессором, первый выход которого соединен со вторым входом второго блока вычитания, первый вход которого соединен с третьим выходом второго процессора, первый выход которого соединен со вторым входом первого блока вычитания, первый вход которого соединен с первым выходом первого процессора, выход первого блока вычитания соединен с последовательно соединенными первым вычислителем арктангенсов и третьим блоком вычитания, выход второго блока вычитания последовательно соединен со вторым вычислителем арктангенсов и третьим блоком вычитания, выход которого соединен с блоком вычисления радиальной скорости, в устройство дополнительно введена вторая бортовая радиолокационная станция, причем в обе бортовые радиолокационные станции дополнительно введены блок определения наклонной дальности и блок отображения и передачи информации, вход которого соединен с выходом блока определения наклонной дальности, первый, второй и третий входы которого соединены со вторыми выходами первого, второго и третьего процессоров соответственно, а также дополнительно введен блок управления и обработки информации, содержащий последовательно соединенные первый блок обеспечения приема-передачи, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС, блок вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС, последовательно соединенные второй блок обеспечения приема-передачи, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС, блок вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС, соединенные особым образом.

202291172 A1

202291172 A1

202291172 A1



202291172 A1

МПК G01S 13/52, G01S 13/42

Устройство для определения параметров движения наземных объектов в двухпозиционной системе бортовых малогабаритных РЛС

Изобретение относится к области радиолокации и, может быть, использовано в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны.

Известно устройство «Радиолокатор с селекцией движущихся целей» (Патент РФ № 2035052, МПК G 01 S 13/52, опубл. 10.05.1995), содержащее антенну, антенный переключатель, передатчик, три коммутатора, два генератора комплементарных фазомодулированных сигналов, синхронизатор, два согласованных фильтра, приемник, два полосовых режекторных фильтра, блок доплеровских фильтров, пороговый блок и индикатор. Данное устройство позволяет осуществлять селекцию движущихся объектов при высокой разрешающей способности по дальности.

Недостатком указанного устройства является невысокая разрешающая способность по азимутальной координате, а также невозможность определения полного вектора скорости и ускорения наблюдаемых движущихся объектов.

Известна «Радиолокационная система для летательных аппаратов» (Патент РФ № 2531255, МПК G 01 S 13/90, опубл. 20.10.2014), содержащая радиолокационный канал миллиметрового диапазона радиоволн «Ка», содержащий антенну с датчиком углов, передатчик, циркулятор, приемник, содержащая также процессор сигналов и процессор данных, соединенные входом-выходом, задающий генератор, индикатор, синтезатор частот – синхронизатор, радиолокационный канал дециметрового диапазона радиоволн, содержащий излучатель антенны, конструктивно совмещенный с зеркалом антенны радиолокационного канала миллиметрового диапазона радиоволн «Ка», циркулятор «L», передатчик «L», приемник «L», коммутатор, инерциально-навигационную систему. предназначеное для обнаружения и определения координат с высокой точностью наземных неподвижных объектов на фоне подстилающей поверхности в широком азимутальном секторе.

Недостатком указанного устройства является невозможность высокоточного определения координат подвижных объектов на фоне подстилающей поверхности.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому устройству является «Устройство селекции и измерения радиальных скоростей движущихся наземных целей» (Патент РФ № 2322682, МПК G01S 13/52, опубл. 20.04.2008 г., Бюл. № 11).

Устройство представляет собой бортовую радиолокационную станцию содержащую антенную систему, три приемных устройства, три процессора, реализующих синтезирование апертур антенной системы, пять вычислителей модуля сигнала, три вычитающих устройства, два вычислителя арктангенса, два сумматора, вычислитель радиальной скорости движущейся наземной цели и систему индикации, причем первый выход антенной системы соединен с входом первого приемного устройства, выход которого соединен с входом первого процессора, выход которого соединен с первым входом первого вычитающего устройства и с входом первого вычислителя модуля сигналов, второй выход антенной системы соединен с входом второго приемного устройства, выход которого соединен с входом второго процессора, выход которого соединен со вторым входом первого вычитающего устройства, с первым входом второго вычитающего устройства и с входом второго вычислителя модуля сигналов, третий выход антенной системы соединен с входом третьего приемного устройства, выход которого соединен с входом третьего процессора, выход которого соединен со вторым входом второго вычитающего устройства и с входом третьего вычислителя модуля сигналов, выход первого вычитающего устройства соединен с входом первого вычислителя арктангенсов и с входом четвертого вычислителя модуля сигналов, выход второго вычитающего устройства соединен с входом второго вычислителя арктангенсов и с входом пятого вычислителя модуля сигналов, выход четвертого вычислителя модуля сигналов соединен с первым входом первого сумматора, выход пятого вычислителя модуля сигналов соединен со вторым входом первого сумматора, выход которого соединен с первым входом системы индикации, выход первого вычислителя модуля сигналов соединен с первым входом второго сумматора, выход второго вычислителя модуля сигналов соединен со вторым входом второго сумматора, выход третьего вычислителя модуля сигналов соединен с третьим входом второго сумматора, выход которого соединен со вторым входом системы индикации, выход первого вычислителя арктангенсов соединен с первым входом третьего вычитающего устройства, выход второго вычислителя арктангенсов соединен со вторым входом третьего вычитающего устройства, выход которого соединен с входом вычислителя радиальной скорости движущейся наземной цели, выход которого соединен с третьим входом системы индикации.

Антенная система формирует в пространстве три луча на различных частотах излучения зондирующих импульсов. Трехканальное приемное устройство обеспечивает прием и усиление отраженных сигналов (на различных частотах) до уровня необходимого для функционирования процессоров. Составляющие выходных сигналов процессоров,

реализующих синтезирование апертур, используются для селекции движущейся наземной цели и вычисления ее радиальной скорости в соответствии с алгоритмом, а также после сложения в сумматоре модулей этих сигналов, рассчитанных в вычислителях модуля сигналов, сигнал радиолокационного изображения подастся в систему индикации. Разностные сигналы формируются в вычитающих устройствах. На систему индикации поступает значение вычисленной скорости движущейся наземной цели и сигнал из канала селекции движущихся целей. По этой информации определяется местоположение движущейся наземной цели согласно алгоритму. Весь алгоритм процесса обработки включает перемножение накопленного сигнала на интервале синтезирования с опорной функцией и вычисление преобразования Фурье от результата перемножения.

Основными недостатками прототипа является то, что радиальная скорость, определяемая по оценкам положения классифицируемых как движущийся объект (ДО) в соседних периодах, является довольно «грубой» оценкой определения радиальной скорости наземного ДО и использование данной информации является затруднительной для реализации режима автоматического сопровождения объекта на сформированном радиолокационном изображении (РЛИ).

Задачей изобретения является создание устройства, позволяющего реализовать возможности определения положения ДО, полного вектора скорости (абсолютного ее значение) и направления его движения, а также ускорения ДО.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является расширение функциональных возможностей и повышение точности определения траекторных координат объектов.

Технический результат достигается тем, что в устройство для определения параметров движения наземных объектов в двухпозиционной системе бортовых малогабаритных РЛС содержащее бортовую радиолокационную станцию, выполненную в виде антенной системы, первого, второго и третьего блоков приема, первого, второго и третьего процессоров, первого, второго и третьего блоков вычитания, первого и второго вычислителей арктангенсов и блока вычисления радиальной скорости, причем первый выход антенной системы последовательно соединен с первым блоком приема и первым процессором, второй выход последовательно соединен со вторым блоком приема и вторым процессором, а третий выход последовательно соединен с третьим блоком приема и третьим процессором, первый выход которого соединен со вторым входом второго блока вычитания, первый вход которого соединен с третьим выходом второго процессора, первый выход которого соединен со вторым входом первого блока вычитания, первый вход которого соединен с первым выходом первого процессора, выход первого блока

вычитания соединен с последовательно соединенными первым вычислителем арктангенсов и третьим блоком вычитания, выход второго блока вычитания последовательно соединен со вторым вычислителем арктангенсов и третьим блоком вычитания, выход которого соединен с блоком вычисления радиальной скорости, дополнительно введена вторая бортовая радиолокационная станция, причем в обе бортовые радиолокационные станции дополнительно введены блок определения наклонной дальности и блок отображения и передачи информации, второй вход которого соединен с выходом блока определения наклонной дальности, первый, второй и третий входы которого соединены со вторыми выходами первого, второго и третьего процессоров соответственно, а также дополнительно введен блок управления и обработки информации, содержащий последовательно соединенные первый блок обеспечения приема-передачи, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС, блок вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС, последовательно соединенные второй блок обеспечения приема-передачи, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС, блок вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС, первый выход первого блока обеспечения приема-передачи соединен с первыми входами блока определения расстояния и угла между БРЛС и блока вычисления угловых координат, третий вход которого соединен с выходом блока определения расстояния и угла между БРЛС, первый выход второго блока обеспечения приема-передачи соединен со вторыми входами блока определения расстояния и угла между БРЛС и блока вычисления угловых координат, первый выход которого соединен со вторыми входами блоков вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой и второй БРЛС, третий вход блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС соединен со вторым выходом второго блока обеспечения приема-передачи, третий вход блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС соединен со вторым выходом первого блока обеспечения приема-передачи, первый вход которого соединен соответственно со вторым выходом блока вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС и выходом блока вычисления ускорения в системе координат первой БРЛС, первый вход второго блока обеспечения приема передачи соединен соответственно со вторым выходом блока вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе

координат второй БРЛС и выходом блока вычисления ускорения в системе координат второй БРЛС, второй выход блока вычисления угловых координат соединен с первым входом первого блока обеспечения приема-передачи, а третий выход соединен с первым входом второго блока обеспечения приема-передачи, второй вход которого соединен со вторым выходом блока формирования полетного задания и управления полетом носителей БРЛС, первый выход которого соединен со вторым входом первого блока обеспечения приема передачи, третьи входы первого и второго блоков обеспечения приема передачи соединены по каналу связи соответственно в выходами блоков отображения и передачи информации первой и второй БРЛС, первые входы которых соединены с выходами блоков вычисления радиальной скорости первой и второй БРЛС соответственно.

Технический результат достигается за счет введения новых существенных признаков, заключающихся в дополнительно введенных пространственно-распределенных элементов двухпозиционной системы, которые позволяют получить информацию о радиальной скорости и дальности до объекта с двух разных ракурсов, и за счет совместной обработки полученной информации в блоках вычисления угловых координат, вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС, вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС, вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС, вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС, вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС, вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС, соединенных особым образом.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где

На фиг. 1 – схема устройства для определения параметров движения наземных объектов в двухпозиционной системе бортовых малогабаритных РЛС.

На фиг. 2 – вариант геометрии расположения блоков бортовых радиолокационных станций с ведущим носителем первой БРЛС.

На фиг.3 – вариант геометрии расположения блоков бортовых радиолокационных станций с ведущим носителем второй БРЛС, и введены следующие обозначения:

1. – Первая бортовая радиолокационная станция (БРЛС)

1.1. – Антенная система

1.2. – Первый блок приема

1.3. – Второй блок приема

1.4. – Третий блок приема

1.5. – Первый процессор

1.6. – Второй процессор

1.7. – Третий процессор

1.8. – Первый блок вычитания

1.9. – Второй блок вычитания

1.10. – Третий блок вычитания

1.11. – Первый вычислитель арктангенсов

1.12. – Второй вычислитель арктангенсов

1.13. – Блок определения наклонной дальности

1.14. – Блок вычисления радиальной скорости

1.15. – Блок отображения и передачи информации

2. – Вторая бортовая радиолокационная станция (БРЛС)

2.1. – Антенная система

2.2. – Первый блок приема

2.3. – Второй блок приема

2.4. – Третий блок приема

2.5. – Первый процессор

2.6. – Второй процессор

2.7. – Третий процессор

2.8. – Первый блок вычитания

2.9. – Второй блок вычитания

2.10. – Третий блок вычитания

2.11. – Первый вычислитель арктангенсов

2.12. – Второй вычислитель арктангенсов

2.13. – Блок определения наклонной дальности

2.14. – Блок вычисления радиальной скорости

2.15. – Блок отображения и передачи информации

3. Блок управления и обработки информации

3.1 – Первый блок обеспечения приема-передачи

3.2 – Второй блок обеспечения приема-передачи

3.3 – Блок формирования полетного задания и управления полетом носителей БРЛС

3.4 – Блок определения расстояния и угла между БРЛС

3.5 – Блок вычисления угловых координат

3.6 – Блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС

3.7 – Блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС

3.8 – Блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС

3.9 – Блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС

3.10 – Блок вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС

3.11 – Блок вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС

Устройство состоит из первой БРЛС 1, включающей в себя антенную систему 1.1, первый 1.2, второй 1.3 и третий 1.4 блоки приема, первый 1.5, второй 1.6 и третий 1.7 процессоры, первый 1.8, второй 1.9 и третий 1.10 блоки вычитания, первый 1.11 и второй 1.12 вычислители арктангенсов, блок определения наклонной дальности 1.13, блок вычисления радиальной скорости 1.14 и блок отображения и передачи информации 1.15, второй БРЛС 2, включающей в себя антенную систему 2.1, первый 2.2, второй 2.3 и третий 2.4 блоки приема, первый 2.5, второй 2.6 и третий 2.7 процессоры, первый 2.8, второй 2.9 и третий 2.10 блоки вычитания, первый 2.11 и второй 2.12 вычислители арктангенсов, блок определения наклонной дальности 2.13, блок вычисления радиальной скорости 2.14 и блок отображения и передачи информации 2.15, блока управления и обработки информации 3 включающего первый 3.1 и второй 3.2 блоки обеспечения приема-передачи, блок формирования полетного задания и управления полетом носителей БРЛС 3.3, блок определения расстояния и угла между БРЛС 3.4, блок вычисления угловых координат 3.5, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС 3.6, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС 3.7, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС 3.8, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС 3.9, блок вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС 3.10, блок вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС 3.11, причем в первой БРЛС 1 первый выход антенной системы 1.1 последовательно соединен с первым блоком приема 1.2 и первым процессором 1.5, второй выход последовательно соединен со вторым блоком приема 1.3 и вторым процессором 1.6, третий выход последовательно соединен с третьим блоком приема 1.4 и третьим процессором 1.7, первый выход которого соединен со вторым входом второго блока вычитания 1.9, первый вход которого соединен с третьим

выходом второго процессора 1.6, первый выход которого соединен с вторым входом первого блока вычитания 1.8, первый вход которого соединен с первым выходом первого процессора 1.5, выход первого блока вычитания 1.8 последовательно соединен с первым вычислителем арктангенсов 1.11 и третьим блоком вычитания 1.10, выход второго блока вычитания 1.9 последовательно соединен со вторым вычислителем арктангенсов 1.12 и третьим блоком вычитания 1.10, выход которого соединен с блоком вычисления радиальной скорости 1.14, а его выход соединен с первым входом блока отображения и передачи информации 1.15, второй вход которого соединен с выходом блока определения наклонной дальности 1.13, первый второй и третий входы которого соединены со вторыми выходами первого 1.5, второго 1.6 и третьего 1.7 процессоров соответственно. Во второй БРЛС 2 первый выход антенной системы 2.1 последовательно соединен с первым блоком приема 2.2 и первым процессором 2.5, второй выход последовательно соединен со вторым блоком приема 2.3 и вторым процессором 2.6, третий выход последовательно соединен с третьим блоком приема 2.4 и третьим процессором 2.7, первый выход которого соединен со вторым входом второго блока вычитания 2.9, первый вход которого соединен с третьим выходом второго процессора 2.6, первый выход которого соединен с вторым входом первого блока вычитания 2.8, первый вход которого соединен с первым выходом первого процессора 2.5, выход первого блока вычитания 2.8 последовательно соединен с первым вычислителем арктангенсов 2.11 и третьим блоком вычитания 2.10, выход второго блока вычитания 2.9 последовательно соединен со вторым вычислителем арктангенсов 2.12 и третьим блоком вычитания 2.10, выход которого соединен с блоком вычисления радиальной скорости 2.14, а его выход соединен с первым входом блока отображения и передачи информации 2.15, второй вход которого соединен с выходом блока определения наклонной дальности 2.13, первый второй и третий входы которого соединены со вторыми выходами первого 2.5, второго 2.6 и третьего процессоров 2.7 соответственно. В блоке управления и обработки информации 3 первый блок обеспечения приема-передачи 3.1 последовательно соединен с блоком вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС 3.6, блоком вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС 3.8 и блоком вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС 3.10, второй блок обеспечения приема-передачи 3.2 последовательно соединен с блоком вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС 3.7, блоком вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС 3.9, и блоком вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС 3.11, первый выход первого блока обеспечения приема-

передачи 3.1 соединен с первыми входами блока определения расстояния и угла между БРЛС 3.4 и блока вычисления угловых координат 3.5, третий вход которого соединен с выходом блока определения расстояния и угла между БРЛС 3.4, первый выход второго блока обеспечения приема-передачи 3.2 соединен соответственно со вторыми входами блока определения расстояния и угла между БРЛС 3.4 и блока вычисления угловых координат 3.5, первый выход которого соединен со вторыми входами блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС 3.6 и блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС 3.7, третий вход блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС 3.6 соединен со вторым выходом второго блока обеспечения приема-передачи, 3.2 третий вход блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС 3.7 соединен со вторым выходом первого блока обеспечения приема-передачи 3.1, первый вход которого соединен соответственно со вторым входом блока вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС 3.8 и выходом блока вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС 3.10, первый вход второго блока обеспечения приема передачи 3.2 соединен соответственно со вторым выходом блока вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС 3.9 и выходом блока вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС 3.11 второй выход блока вычисления угловых координат 3.5 соединен с первым входом первого блока обеспечения приема-передачи 3.1, а третий выход соединен с первым входом второго блока обеспечения приема-передачи 3.2, второй вход которого соединен со вторым выходом блока формирования полетного задания и управления полетом носителей БРЛС 3.3, первый выход которого соединен со вторым входом первого блока обеспечения приема передачи 3.1, третьи входы первого 3.1 и второго 3.2 блоков обеспечения приема передачи соединены по каналу связи соответственно в выходами блоков отображения и передачи информации 1.15 и 2.15 первой и второй БРЛС.

Первая и вторая БРЛС выполнены в виде:

- Антенной системы 1.1 и 2.1 выполненной в виде двухлучевой антенны с фазированной антенной решеткой, подобные антенны описаны в [1].

- Блоков приема 1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.3, 2.4 описанных в [2].

- Процессоры 1.5, 1.6, 1.7, 2.5, 2.6, 2.7 описанных в [3].

- Блоков вычитания 1.8, 1.9, 1.10, 2.8, 2.9, 2.10 выполненных в виде программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

- Блоки отображения и передачи информации 1.15 и 2.15 выполнены в виде постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), соединенного с одноплатным компьютером по шине PCI Express, и дуплексной системы передачи информации, выполненной по технологии wi-fi.

Заявляемое устройство работает следующим образом.

Блок формирования полетного задания 3.3 посылает управляющий сигнал по шине Ethernet на первый 3.1 и второй 3.2 блоки обеспечения приема-передачи, первый блок приема-передачи 3.1 по каналу связи посылает сигнал на носитель первой БРЛС 1, а второй блок обеспечения приема-передачи 3.2 по каналу связи посылает сигнал на носитель второй БРЛС 2, для того чтобы носители радиолокационной аппаратуры двигались одним из указанных на фиг. 2 и фиг. 3 образом. Антенная система 1.1 первой БРЛС 1 формирует в пространстве три луча на разных частотах излучения зондирующих импульсов, первый 1.2, второй 1.3 и третий 1.4 блоки приема принимают и усиливают отраженные сигналы (каждый на своей частоте) для возможности работы процессоров 1.5-1.7, процессоры 1.5-1.7, блоки вычитания 1.8-1.10, вычислители арктангенсов 1.11-1.12 и блок вычисления радиальной скорости 1.14 вычисляют радиальную скорость ДО в соответствии с алгоритмом [4]. Блок определения наклонной дальности 1.13, получает сигнал с процессоров 1.5-1.7 и, используя весовую обработку, вычисляет значения наклонной дальности до наземного объекта. Информация с блоков определения наклонной дальности 1.13 и вычисления радиальной скорости 1.14 по каналу связи передается на первый блок обеспечения приема-передачи 3.1. Вторая БРЛС 2 работает аналогично первой, только передает информацию с блоков определения наклонной дальности 2.13 и определения радиальной скорости 2.14 по каналу связи на второй блок обеспечения приема-передачи 3.2. С первого 3.1 и второго 3.2 блоков обеспечения приема-передачи информация о наклонной дальности поступает на блок определения расстояния и угла между БРЛС 3.4 где, используя данные из навигационных систем носителей БРЛС вычисляются угол Δ и расстояние d (фиг.2 и фиг. 3). Полученную информацию передают на блок вычисления угловых координат 3.5, где в зависимости от расположения носителей вычисляют азимутальные углы для фиг.2:

$$\beta_{аз} = \gamma_2 - \gamma_{22} \quad (1)$$

$$\alpha_{аз} = \frac{\pi}{2} - \gamma_{11} \quad (2)$$

для фиг. 3:

$$\beta_{аз} = \frac{\pi}{2} - \gamma_{22} \quad (3)$$

$$\alpha_{аз} = \gamma_1 - \gamma_{11} \tag{4}$$

На блоки - блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС 3.6 и блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС 3.7 поступают данные о радиальных скоростях V_{r1} и V_{r2} с первого 3.1 и второго 3.2 блоков обеспечения приема-передачи, а также информация о угловых координатах вычисленная в блоке вычисления угловых координат 3.5. Вычисление тангенциальной составляющей скорости подвижного объекта поясняется на фиг. 2, фиг. 3 и осуществляется по формулам:

$$\begin{cases} V_{t1} = \pm\left(V_{r1} ctg\left(\gamma_{об}\right) - V_{r2}\sin^{-1}\left(\gamma_{об}\right)\right) \\ V_{t2} = \pm\left(V_{r2} ctg\left(\gamma_{об}\right) - V_{r1}\sin^{-1}\left(\gamma_{об}\right)\right) \end{cases} \tag{5}$$

где $\gamma_{об} = \alpha_{об} + \beta_{об}$.

Полученные значения поступают на блоки вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС 3.8 и вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС 3.9 где осуществляется вычисление направления движения подвижного объекта:

$$\begin{cases} \alpha_{об} = arctg\left(\dfrac{V_{t1}}{V_{r1}}\right) \\ \beta_{об} = arctg\left(\dfrac{V_{t2}}{V_{r2}}\right) \end{cases}, \tag{6}$$

а полный вектор скорости легко вычисляется по известной формуле:

$$V_{об} = \sqrt{V_r^2 + V_t^2} \tag{7}$$

Значения $V_{об}$ поступают на вход блоков вычисления ускорения объекта $A_{об}$ в системе координат первой БРЛС 3.10 и вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС 3.11, где в этих блоках вычисляется ускорение наблюдаемого ДО с учетом накопления оценок скорости $V_{об}$ на заданном интервале времени Δt в момент измерения ускорения, и в соответствии с следующим выражением вычисляется как:

$$A_{об} = \frac{V_{об}^{i} - V_{об}^{i-1}}{\Delta t},$$

где $V_{об}^{i}$ и $V_{об}^{i-1}$ - оценки скорости на заданном интервале времени, в котором проводится оценка ускорения;

Вычисленные значения ускорения, скорости - $V_{об}$, и углов $\alpha_{об}, \beta_{об}$ с блоков вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС 3.8, вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС 3.10 и вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС 3.9, вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС 3.11 поступают на первый 3.1 и второй 3.2 блоки обеспечения приема-передачи для последующей передачи по каналу связи на блок отображения и передачи информации 1.15 и блок отображения и передачи информации 2.15 соответственно.

На основании вышеизложенного следует, что заявляемое изобретение по сравнению с прототипом позволяет определять угловое положение ДО, полный вектор скорости (абсолютное значение) и направления движения, а также ускорение ДО.

Предлагаемое устройство целесообразно использовать на борту воздушных летательных аппаратов, как вертолетного, так и самолетного типа.

Изобретение было реализовано на базе ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» в рамках НИР «Разработка и исследование высокоточных способов многопозиционного радиооптического мониторинга для экологической разведки, прогнозирования и оперативного предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (Соглашение о предоставлении гранта от 30.07.2019 №19-79-00303, заключенным между Российским научным фондом, ГУАП, В.А. Ненашевым)

Использованные источники информации

1. А. В. Шишлов, Б. А. Левитан, С.А. Топчиев, В. Р. Анпилогов, В. В. Денисенко. Многолучевые антенны для систем радиолокации и связи. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2018. № 7. Режим доступа: http://jre.cplire.ru/jre/jul18/6/text.pdf DOI 10.30898/1684-1719.2018.7.6 (дата обращения: 1.02.2021)

2. Справочник по радиолокации / Под ред. М.И. Сколника. Пер. с англ. Под общей ред. В.С. Вербы. В 2 книгах. Книга 1 М.: Техносфера, 2015 на стр. 282-285.

3. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / Под ред. В.Т. Горяинова. - М.: Радио и связь, 1988 на стр. 210-219.

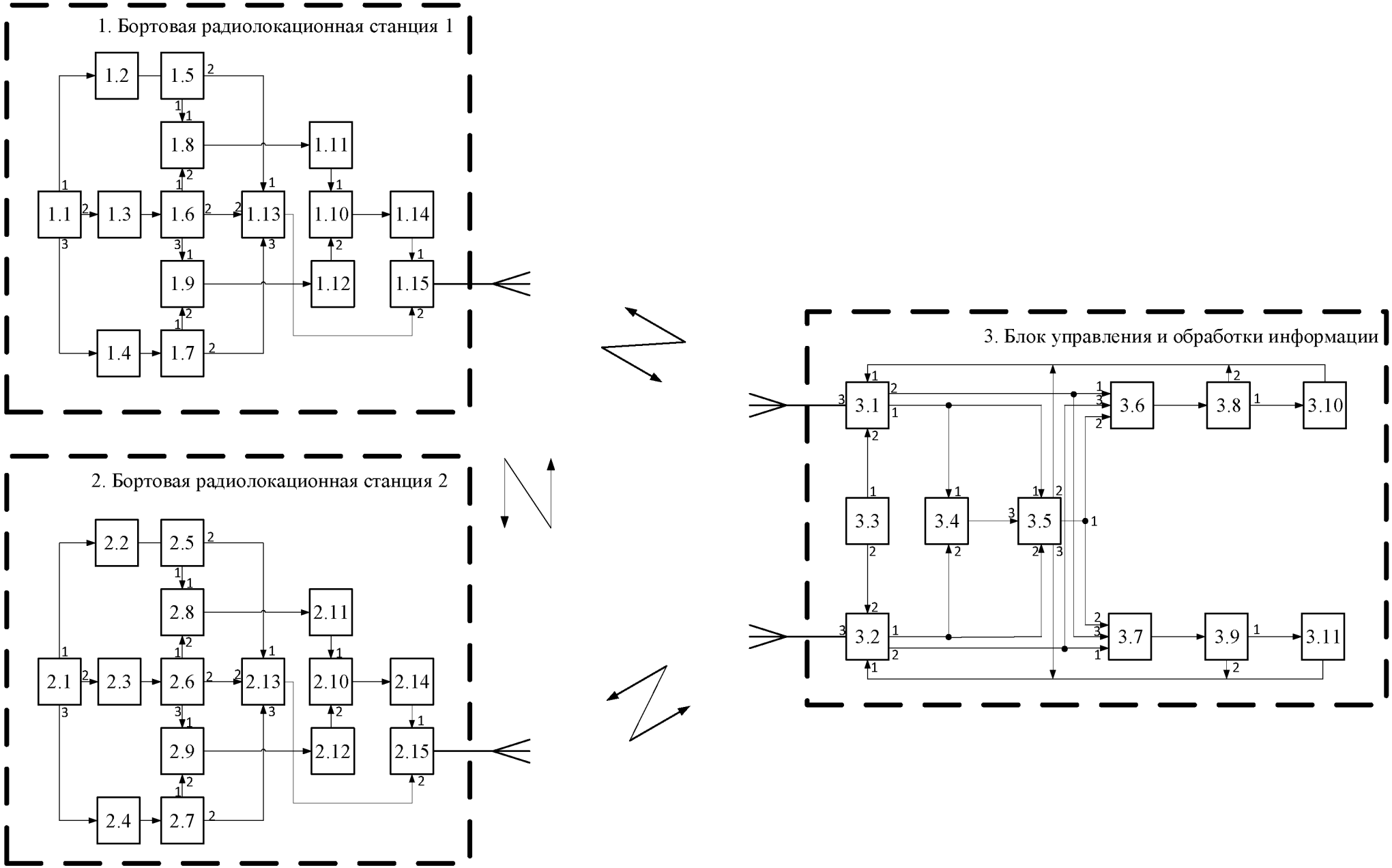
4. Пат. 2703996 РФ, МПК G01S 13/90. Способ локации целей в передних зонах обзора бортовых радиолокационных станций двухпозиционной радиолокационной системы / Г.А. Коржавин, В. А. Ненашев, А.П. Шепета, Ю.Ф. Подоплекин, А.Г. Давидчук (РФ); заявитель и патентообладатель АО "Концерн "Гранит-Электрон". № 2019108828; заявл. 26.03.2019; опубл. 06.05.2019, Бюл. №13. 8 с

Формула изобретения

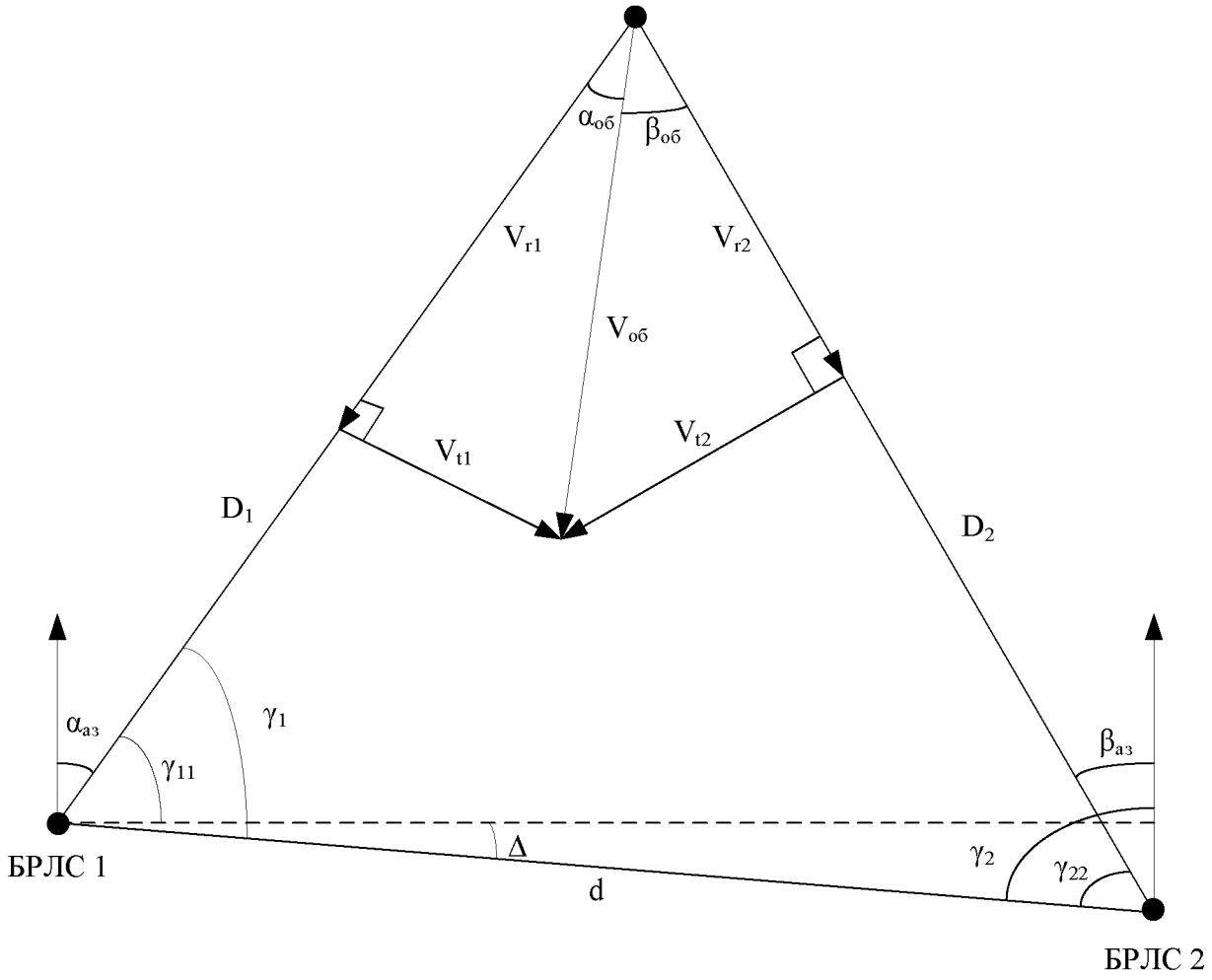
Устройство для определения параметров движения наземных объектов в двухпозиционной системе бортовых малогабаритных РЛС содержащее бортовую радиолокационную станцию, выполненную в виде антенной системы, первого, второго и третьего блоков приема, первого, второго и третьего процессоров, первого, второго и третьего блоков вычитания, первого и второго вычислителей арктангенсов и блока вычисления радиальной скорости, причем первый выход антенной системы последовательно соединен с первым блоком приема и первым процессором, второй выход последовательно соединен со вторым блоком приема и вторым процессором, а третий выход последовательно соединен с третьим блоком приема и третьим процессором, первый выход которого соединен со вторым входом второго блока вычитания, первый вход которого соединен с третьим выходом второго процессора, первый выход которого соединен с вторым входом первого блока вычитания, первый вход которого соединен с первым выходом первого процессора, выход первого блока вычитания соединен с последовательно соединенными первым вычислителем арктангенсов и третьим блоком вычитания, выход второго блока вычитания последовательно соединен со вторым вычислителем арктангенсов и третьим блоком вычитания, выход которого соединен с блоком вычисления радиальной скорости, отличающееся тем, что в устройство дополнительно введена вторая бортовая радиолокационная станция причем в обе бортовые радиолокационные станции дополнительно введены блок определения наклонной дальности и блок отображения и передачи информации, второй вход которого соединен с выходом блока определения наклонной дальности, первый второй и третий входы которого соединены со вторыми выходами первого, второго и третьего процессоров соответственно, а также дополнительно введен блок управления и обработки информации, содержащий последовательно соединенные первый блок обеспечения приема-передачи, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС, блок вычисления ускорения объекта в системе координат первой БРЛС, последовательно соединенные второй блок обеспечения приема-передачи, блок вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС, блок вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС, блок вычисления ускорения объекта в системе координат второй БРЛС, первый выход первого блока обеспечения приема-передачи соединен с первыми входами блока определения

расстояния и угла между БРЛС и блока вычисления угловых координат, третий вход которого соединен с выходом блока определения расстояния и угла между БРЛС, первый выход второго блока обеспечения приема-передачи соединен со вторыми входами блока определения расстояния и угла между БРЛС и блока вычисления угловых координат, первый выход которого соединен со вторыми входами блоков вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой и второй БРЛС, третий вход блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат первой БРЛС соединен со вторым выходом второго блока обеспечения приема-передачи, третий вход блока вычисления тангенциальной скорости объекта в системе координат второй БРЛС соединен со вторым выходом первого блока обеспечения приема-передачи, первый вход которого соединен соответственно со вторым выходом блока вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат первой БРЛС и выходом блока вычисления ускорения в системе координат первой БРЛС, первый вход второго блока обеспечения приема передачи соединен соответственно со вторым выходом блока вычисления полного вектора скорости и направления движения объекта в системе координат второй БРЛС и выходом блока вычисления ускорения в системе координат второй БРЛС, второй выход блока вычисления угловых координат соединен с первым входом первого блока обеспечения приема-передачи, а третий выход соединен с первым входом второго блока обеспечения приема-передачи, второй вход которого соединен со вторым выходом блока формирования полетного задания и управления полетом носителей БРЛС, первый выход которого соединен со вторым входом первого блока обеспечения приема передачи, третьи входы первого и второго блоков обеспечения приема передачи соединены по каналу связи соответственно в выходами блоков отображения и передачи информации первой и второй БРЛС, первые входы которых соединены с выходами блоков вычисления радиальной скорости первой и второй БРЛС соответственно.

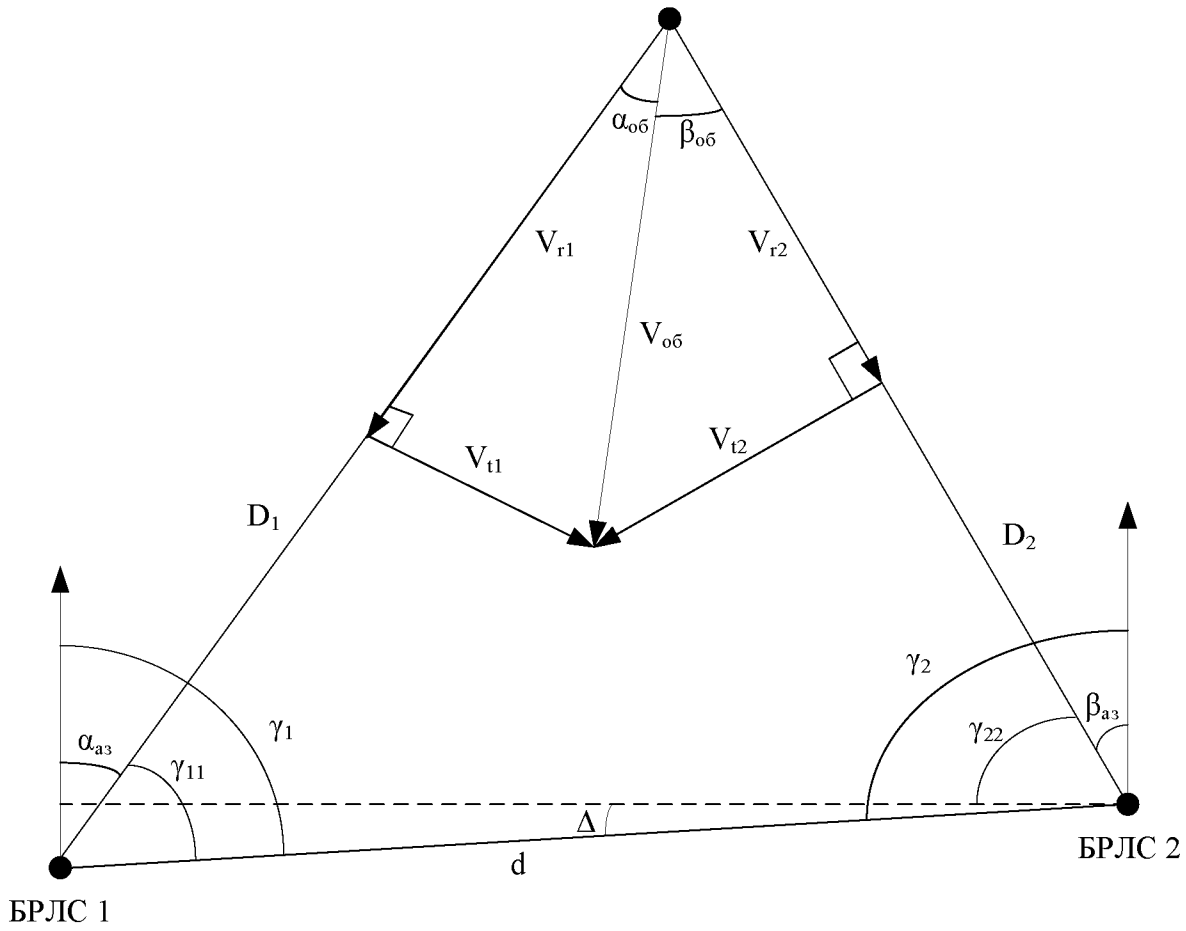
Устройство для определения параметров движения наземных объектов в двухпозиционной системе бортовых малогабаритных РЛС



Фиг. 1


αоб
βоб
Vr1
Vr2
Vоб
Vt1
Vt2
D1
D2
αаз
γ1
γ11
βаз
Δ
γ2
γ22
БРЛС 1
d
БРЛС 2

Фиг 2.


αоб
βоб
Vr1
Vr2
Vоб
Vt1
Vt2
D1
D2
γ1
γ2
αаз
γ11
γ22
βаз
Δ
d
БРЛС 1
БРЛС 2

Фиг 3.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202291172

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

G01S 13/52 *(2006.01)*
G01S 13/42 *(2006.01)*

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
G01S 13/00, 13/08, 13/42, 13/52, 13/60, 13/90, 13/93, 7/02, B60R 21/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
EAPATIS, Espacenet

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2703996 C2 (АО «КОНЦЕРН «ГРАНИТ-ЭЛЕКТРОН»), 26.03.2019, реферат, фиг. 1-3	1
A	RU 2696274 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ), 01.08.2019, реферат, фиг. 1	1
A	RU 2531255 C1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КОРПОРАЦИЯ «ФАЗОТРОН-НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИОСТРОЕНИЯ»), 20.10.2014, реферат, фиг. 2	1
A	US 8 077 078 B1 (ROCKWELL COLLINS, INC), 13.12.2011, реферат, фиг. 2B	1
A	JP 2001-296358 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 26.10.2001, реферат, фиг. 2	1

☐ последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:
«A» - документ, определяющий общий уровень техники
«D» - документ, приведенный в евразийской заявке
«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«T» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом
«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **17/01/2023**

Уполномоченное лицо:
Начальник отдела механики,
физики и электротехники

Д.Ф. Крылов