



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*G01S 13/02* (2019.05); *G01S 13/06* (2019.05); *G01S 13/42* (2019.05); *G01S 13/426* (2019.05); *G01S 13/52* (2019.05); *G01S 7/292* (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018146988, 26.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.12.2018Дата регистрации:  
23.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.12.2018

(45) Опубликовано: 23.10.2019 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

394028, г. Воронеж, ул. Базовая, 6, АО НВП  
"ПРОТЕК"

(72) Автор(ы):

Журавлев Александр Викторович (RU),  
Маркин Виктор Григорьевич (RU),  
Шуваев Владимир Андреевич (RU),  
Красов Евгений Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество  
научно-внедренческое предприятие  
"ПРОТЕК" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2584689 C1, 20.05.2016. RU  
2557784 C1, 27.07.2015. RU 2152625 C1,  
10.07.2000. RU 2564385 C1, 27.09.2015. JP  
2010091407 A, 22.04.2010. JP 5852059 B2,  
03.02.2016. WO 2003005058 A2, 16.01.2003.

(54) Способ отождествления позиционных измерений и определения местоположения воздушных объектов в многопозиционной радионавигационной системе с использованием многолучевых радиопередатчиков

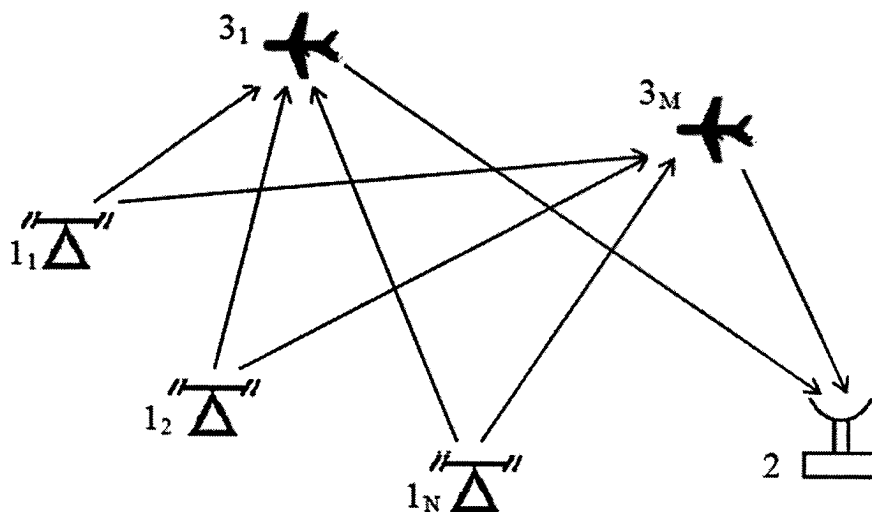
(57) Реферат:

Изобретение относится к радиолокации, а именно к способу определения местоположения воздушных объектов в многопозиционной радиолокационной системе, развернутой с использованием многолучевых радиопередатчиков из состава наземной локальной пространственно распределенной радионавигационной системы (РНС). Достижимый технический результат – отождествление позиционных измерений и определение местоположения нескольких воздушных объектов радионавигационной системой по измерениям сумм расстояний от объектов до многолучевых радиопередатчиков и приемника, принимающего отраженные от воздушных объектов сигналы. Указанный результат достигается за счет того, что осуществляют одновременное излучение каждым  $n$ -м ( $n=1, 2, \dots, N$ ) многолучевым радиопередатчиком зондирующих сигналов в

узких по направлению секторах, расположенных в заданных областях обзора, каждый сигнал имеет свой индивидуальный идентификатор  $I_{nk}$ , содержащий номер многолучевого радиопередатчика  $n$  и номер сектора  $k$  ( $k=1, 2, \dots, K$ ); прием приемником с координатами  $x_0, y_0, z_0$ , синхронизированного с многолучевыми радиопередатчиками, отраженных от  $M$  воздушных объектов зондирующих сигналов; обработку принятых сигналов с целью выделения индивидуального идентификатора зондирующего сигнала  $I_{nk}$ , определяющего номер многолучевого радиопередатчика  $n$  и номер сектора излучения зондирующего сигнала  $k$ , и параметров, характеризующих время распространения радиоволн на трассе « $n$ -й многолучевой радиопередатчик -  $m$ -й воздушный объект - приемник»; оценку на основе этих параметров длины трассы « $n$ -й многолучевой

радиопередатчик -  $m$ -й воздушный объект - приемник»  $R_{nm}$ ; отождествление оценки  $R_{nm}$  по индивидуальному идентификатору зондирующего

сигнала  $I_{nk}$ ; определение координаты воздушных объектов, одновременно присутствующих в рабочей зоне многопозиционной радиолокационной системы. 1 ил.



Фиг. 1

RU 2703987 C1

RU 2703987 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G01S 13/02 (2019.05); G01S 13/06 (2019.05); G01S 13/42 (2019.05); G01S 13/426 (2019.05); G01S 13/52 (2019.05); G01S 7/292 (2019.05)*

(21)(22) Application: **2018146988, 26.12.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**26.12.2018**

Registration date:  
**23.10.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **26.12.2018**

(45) Date of publication: **23.10.2019 Bull. № 30**

Mail address:

**394028, g. Voronezh, ul. Bazovaya, 6, AO NVP  
"PROTEK"**

(72) Inventor(s):

**Zhuravlev Aleksandr Viktorovich (RU),  
Markin Viktor Grigorevich (RU),  
Shuvaev Vladimir Andreevich (RU),  
Krasov Evgenij Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo  
nauchno-vnedrencheskoe predpriyatie  
"PROTEK" (RU)**

(54) **METHOD OF IDENTIFYING POSITION MEASUREMENTS AND DETERMINING LOCATION OF AERIAL OBJECTS IN A MULTI-POSITION RADIO NAVIGATION SYSTEM USING MULTIBEAM RADIO TRANSMITTERS**

(57) Abstract:

FIELD: radar ranging and radio navigation.

SUBSTANCE: invention relates to radar ranging, in particular, to a method of determining the location of aerial objects in a multi-position radar system deployed using multibeam radio transmitters from a surface local spatially distributed radio navigation system (RNS). Technical result is achieved due to simultaneous emission by each n-th ( $n=1, 2, \dots, N$ ) multibeam radio transmitter probing signals in sectors narrow in direction, located in preset view areas, each signal has its own identifier  $I_{nk}$ , comprising number of multibeam radio transmitter n and sector number k ( $k=1, 2, \dots, K$ ); receiver with coordinates  $x_0, y_0, z_0$ , synchronized with multibeam radio transmitters reflected from M probing signal aerial objects; processing of received signals in order to separate individual identifier of probing signal  $I_{nk}$ , which determines the number of the multibeam radio

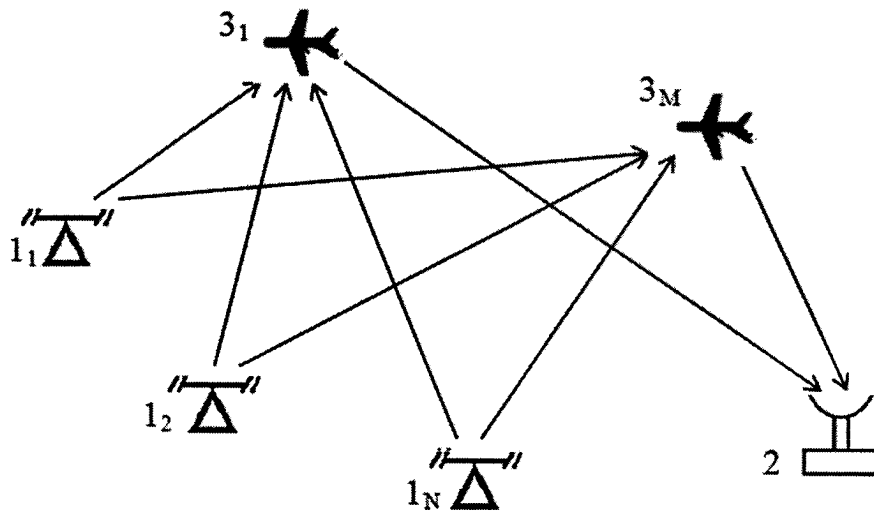
transmitter n and the number of the radiation sector of the probing signal k, and parameters characterizing propagation time of radio waves on the path "n-th multi-beam radio transmitter – m-th airborne object – receiver"; estimation based on said route length parameters "n-th multi-beam radio transmitter – m-th airborne object – receiver"  $R_{nm}$ ; identification of estimate  $R_{nm}$  by individual identifier of probing signal  $I_{nk}$ ; determination of coordinates of aerial objects simultaneously present in working zone of multi-position radar system.

EFFECT: identification of position measurements and location of several aerial objects by radio navigation system based on measurements of sums of distances from objects to multibeam radio transmitters and receiver receiving signals reflected from aerial objects.

1 cl, 1 dwg

RU 2 703 987 C1

RU 2 703 987 C1



Фиг. 1

RU 2703987 C1

RU 2703987 C1

Предлагаемое изобретение относится к радиолокации, а именно к способу определения местоположения воздушных объектов в многопозиционной радиолокационной системе, развернутой с использованием многолучевых радиопередатчиков из состава наземной локальной пространственно распределенной радионавигационной системы (РНС), излучающих фазокодированные (ФКМн) навигационные сигналы для зондирования воздушного пространства в рабочей зоне РНС, приемника, принимающего сигналы, отраженные от воздушных объектов.

Радионавигационная система «многолучевые радиопередатчики - воздушные объекты - приемник» решает задачу, связанную с объединением в приемнике информации от сигналов, отражаемых воздушными объектами, облучаемыми радиопередатчиками при радиолокационном наблюдении. Важнейшей составляющей рассматриваемой задачи является процедура отождествления измерений, то есть определения принадлежности и отнесения измеряемых параметров отраженных зондирующих сигналов к конкретному лоцируемому воздушному объекту.

В радиолокации весьма обширный и важный класс лоцируемых объектов составляют источники радиоизлучений, наблюдение за которыми осуществляется приемниками, принимающими излучаемые радиосигналы. Широкое применение на практике нашли многопозиционные системы, описанные в [1]. В этом источнике рассматриваются методы определения пространственного положения одной цели: эллиптический, гиперболический, триангуляционный, а также их сочетания, но отсутствуют сведения о позиционных измерениях и определении местоположения целей в наземной пространственно распределенной радионавигационной системе в условиях многоцелевой обстановки и не решается задача отождествления измерений.

Известен способ многопозиционной радиолокации [2], состоящий в излучении радиолокационных сигналов, синхронизированном приеме отраженных сигналов аппаратурой разнесенных позиций, объединении и совместной обработке принятых сигналов и информации разнесенных позиций, полученной от других радиолокационных средств. Аппаратурой разнесенных позиций, подключенной с помощью аппаратуры высокочастотного присоединения к линиям электропередачи (ЛЭП), осуществляют синхронизированное излучение и прием сигналов с использованием ЛЭП, затем при обработке полученной информации осуществляют корректировку информации, полученной в результате обработки сигналов, принятых с ЛЭП, посредством сопоставления ее с сигналами, отраженными от целей, полученными аппаратурой разнесенных позиций, и с информацией, полученной аппаратурой разнесенных позиций от других радиолокационных средств. Но в этом способе отсутствуют математические выражения, позволяющие определить местоположение целей и провести отождествление измерений в многоцелевой обстановке.

Известна многопозиционная система определения местоположения воздушных судов [3], содержащая наземный радиозпросчик и самолетный ответчик, соединенные линией запроса, не менее трех приемников ответных сигналов, соединенных с самолетным ответчиком по линиям ответа, ЭВМ с модулем расчета координат воздушного судна, выполненным с учетом измерения высоты полета и разности дальностей до воздушного судна относительно местоположения запросчика и др. В этой системе отождествление воздушных судов осуществляется по кодированному ответному сигналу, содержащему в общем виде информацию о бортовом номере, высоте, запасе топлива. Однако при отсутствии ответного сигнала отождествление измерений становится невозможным.

Таким образом, известные к настоящему времени многопозиционные системы не содержат описания способа отождествления позиционных измерений и определения

местоположения нескольких воздушных объектов, одновременно присутствующих в рабочей зоне многопозиционной радиолокационной системы, применимого в многопозиционной радиолокационной системе, развертываемой на базе наземной локальной пространственно распределенной радионавигационной системы и реализующей концепцию бистатической локации и применения разностно-дальномерного метода для обнаружения и определения параметров воздушных объектов, присутствующих в рабочей зоне системы.

Задачей предлагаемого способа является отождествление позиционных измерений и определение местоположения нескольких воздушных объектов радионавигационной системой по измерениям сумм расстояний от объектов до многолучевых радиопередатчиков и приемника, принимающего отраженные от воздушных объектов сигналы.

Поставленная задача решается способом отождествления позиционных измерений и определения местоположения воздушных объектов в многопозиционной радионавигационной системе, содержащей N многолучевых радиопередатчиков с узконаправленными секторами излучения в заданных областях обзора и приемник, синхронизированный с многолучевыми радиопередатчиками, осуществляющим:

- одновременное излучение каждым n-м ( $n=1, 2, \dots, N$ ) многолучевым радиопередатчиком с координатами  $x_n, y_n, z_n, n=1, 2, \dots, N$  зондирующих сигналов в узких по направлению секторах, расположенных в заданных областях обзора, каждый сигнал имеет свой индивидуальный идентификатор  $I_{nk}$ , содержащий номер многолучевого радиопередатчика n и номер сектора k ( $k=1, 2, \dots, K$ );

- прием приемником с координатами  $x_0, y_0, z_0$ , синхронизированного с многолучевыми радиопередатчиками, отраженных от M воздушных объектов зондирующих сигналов;
- обработку принятых сигналов с целью выделения индивидуального идентификатора зондирующего сигнала  $I_{nk}$ , определяющего номер многолучевого радиопередатчика n и номер сектора излучения зондирующего сигнала k, и параметров, характеризующих время распространения радиоволн на трассе «n-й многолучевой радиопередатчик - m-й воздушный объект - приемник»;

- оценку на основе этих параметров длины трассы «n-й многолучевой радиопередатчик - m-й воздушный объект - приемник»  $R_{nm}$ ;

- отождествление оценки  $R_{nm}$  по индивидуальному идентификатору зондирующего сигнала  $I_{nk}$ , то есть установление соответствия оценки  $R_{nm}$  конкретно n-му многолучевому радиопередатчику (номер многолучевого радиопередатчика является атрибутом идентификатора  $I_{nk}$ ) и m-му, а не другому воздушному объекту в ситуации, когда упомянутые воздушные объекты присутствуют в различных секторах излучения зондирующих сигналов данного многолучевого радиопередатчика (номер сектора излучения является атрибутом идентификатора  $I_{nk}$ ).

-расчет координат M воздушных объектов из  $m=1, 2, \dots, M$  систем уравнений

$$[(x_{um} - x_1)^2 + (y_{um} - y_1)^2 + (z_{um} - z_1)^2]^{1/2} + [(x_{um} - x_0)^2 + (y_{um} - y_0)^2 + (z_{um} - z_0)^2]^{1/2} = R_{1m},$$

$$[(x_{um} - x_2)^2 + (y_{um} - y_2)^2 + (z_{um} - z_2)^2]^{1/2} + [(x_{um} - x_0)^2 + (y_{um} - y_0)^2 + (z_{um} - z_0)^2]^{1/2} = R_{2m},$$

.....

$$[(x_{um} - x_N)^2 + (y_{um} - y_N)^2 + (z_{um} - z_N)^2]^{1/2} + [(x_{um} - x_0)^2 + (y_{um} - y_0)^2 + (z_{um} - z_0)^2]^{1/2} = R_{Nm},$$

где  $x_{цм}$ ,  $y_{цм}$ ,  $z_{цм}$  - искомые координаты воздушных объектов  $m=1, 2, \dots, M$ .

На Фиг. 1 приведена функциональная схема многопозиционной радионавигационной системы, содержащая многолучевые радиопередатчики  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$  зондирующих сигналов с известными координатами  $x_n, y_n, z_n, n=1, 2, \dots, N$  и приемник 2 с известными координатами  $x_0, y_0, z_0$ . В зоне действия радионавигационной системы находятся воздушные объекты  $3_1, 3_2, \dots, 3_M$  с искомыми координатами  $x_{цм}, y_{цм}, z_{цм}$ .

Многолучевые радиопередатчики  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$  излучают зондирующие сигналы в узких по направлению секторах, расположенных в заданных областях обзора, каждый сигнал имеет дополнительную модуляцию, содержащую индивидуальный идентификатор  $I_{нк}$  с номером многолучевого радиопередатчика  $n$  и номером сектора  $k$  ( $k=1, 2, \dots, K$ ).

Приемник 2 с известными координатами  $x_0, y_0, z_0$ , синхронизированный с многолучевыми радиопередатчиками  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$ , осуществляет:

- прием сигналов, рассеянных воздушными объектами  $3_1, 3_2, \dots, 3_m, \dots, 3_M$ , находящимися в зоне действия многопозиционной радионавигационной системы.

- по индивидуальным идентификаторам  $I_{нк}$  многолучевых радиопередатчиков  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$ , и секторов, содержащимся в принимаемых сигналах, отождествляет принимаемые сигналы с соответствующими многолучевыми радиопередатчиками  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$ , и воздушными объектами  $3_1, 3_2, \dots, 3_m, \dots, 3_M$ ;

- по отождествленным сигналам измеряет расстояния  $R_{nm}$  вдоль путей распространения зондирующих сигналов « $n$ -й многолучевой радиопередатчик -  $m$ -я воздушный объект - приемник».

Измеренные расстояния  $R_{nm}$  вдоль трассы распространения « $n$ -й многолучевой радиопередатчик -  $m$ -й воздушный объект - приемник» ставятся в соответствие с искомыми координатами  $x_{цм}, y_{цм}, z_{цм} m=1, 2, \dots, M$  воздушных объектов  $3_1, 3_2, \dots, 3_m, \dots, 3_M$ , с помощью систем уравнений

$$\begin{aligned} [(x_{цм} - x_1)^2 + (y_{цм} - y_1)^2 + (z_{цм} - z_1)^2]^{1/2} + [(x_{цм} - x_0)^2 + (y_{цм} - y_0)^2 + (z_{цм} - z_0)^2]^{1/2} &= R_{1m}, \\ [(x_{цм} - x_2)^2 + (y_{цм} - y_2)^2 + (z_{цм} - z_2)^2]^{1/2} + [(x_{цм} - x_0)^2 + (y_{цм} - y_0)^2 + (z_{цм} - z_0)^2]^{1/2} &= R_{2m}, \end{aligned}$$

.....

$$[(x_{цм} - x_N)^2 + (y_{цм} - y_N)^2 + (z_{цм} - z_N)^2]^{1/2} + [(x_{цм} - x_0)^2 + (y_{цм} - y_0)^2 + (z_{цм} - z_0)^2]^{1/2} = R_{Nm},$$

Решение этих систем уравнений относительно координат  $x_{цм}, y_{цм}, z_{цм} m=1, 2, \dots, M$  можно осуществить, например, итерационным методом [4].

Таким образом, в предложенном способе отождествление измерений длины каждой трассы бистатической локации « $n$ -й многолучевой радиопередатчик -  $m$ -й воздушный объект - приемник» в условиях присутствия в рабочей зоне многопозиционной радиолокационной системы одновременно нескольких воздушных объектов  $3_1, 3_2, \dots, 3_m, \dots, 3_M$  обеспечено:

- применением многолучевых радиопередатчиков  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$ , которые излучают синхронизированные зондирующие сигналы одновременно в нескольких узких пространственных секторах в заданную область пространства бистатической локации;

- формированием зондирующего сигнала путем дополнительной модуляции исходного

навигационного сигнала кодовой последовательностью индивидуального идентификатора зондирующего сигнала, определяющей номер многолучевого радиопередатчика  $1_1, 1_2, \dots, 1_N$ , и номер сектора излучения зондирующего сигнала;

- распознаванием принятых сигналов, отраженных воздушными объектами  $3_1, 3_2, \dots, 3_m, \dots, 3_M$  по индивидуальному идентификатору зондирующего сигнала, выделяемому при обработке принятого сигнала;

- оценкой длины трассы «n-й многолучевой радиопередатчик - m-й воздушный объект - приемник».

Координаты воздушных объектов  $3_1, 3_2, \dots, 3_m, \dots, 3_M$  определяются из системы нелинейных уравнений итерационным методом.

Литература

1. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. - М.: Радио и связь, 1993, стр. 73-74, 392-396].

2. Патент 2332684 РФ, МПК G01S 10/00. Способ многопозиционной радиолокации и устройство для его осуществления / А.Л. Куликов (РФ); Куликов Александр Леонидович (РФ). - №2007102750; Заявлено 24.01.2007; Оpubл. 27.08.2008. Бюл. 24. 5 с.: 1 ил.

3. Патент 2584689 РФ, МПК G01S 13/74. Многопозиционная система определения воздушных судов / Г.Н. Майков (РФ), А.В. Демидюк (РФ), Е.В. Демидюк (РФ); Майков Геннадий Николаевич (РФ), Демидюк Андрей Викторович (РФ), Демидюк Евгений Викторович (РФ). - №2014145250; Заявлено 11.11.2014; Оpubл. 20.05.2016. Бюл. 14. 11 с.: 3 ил.

4. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / Под ред. П.П. Дмитриева и В.С. Шебшаевича. М.: Радио и связь, 1982. 272 с.

#### (57) Формула изобретения

Способ отождествления позиционных измерений и определения местоположения воздушных целей в многопозиционной радионавигационной системе с использованием многолучевых передатчиков, содержащей N многолучевых передатчиков с узконаправленными секторами излучения в заданных областях обзора и приемник, синхронизированный с передатчиками, осуществляющий:

- одновременное излучение каждым n-м многолучевым радиопередатчиком с координатами  $x_n, y_n, z_n, n=1, 2, \dots, N$  зондирующих сигналов в узких по направлению секторах, расположенных в заданных областях обзора, каждый сигнал имеет свой индивидуальный идентификатор  $I_{nk}$  содержащий номер многолучевого радиопередатчика n и номер сектора k;

- прием приемником с координатами  $x_0, y_0, z_0$ , синхронизированного с многолучевыми радиопередатчиками, отраженных от M воздушных объектов зондирующих сигналов;

- обработку принятых сигналов с целью выделения индивидуального идентификатора зондирующего сигнала  $I_{nk}$ , определяющего номер многолучевого радиопередатчика n и номер сектора излучения зондирующего сигнала k, и параметров, характеризующих время распространения радиоволн на трассе «n-й многолучевой радиопередатчик - m-й воздушный объект - приемник»;

- оценку на основе этих параметров длины трассы «n-й многолучевой радиопередатчик - m-й воздушный объект - приемник»  $R_{nm}$ ;



- отождествление оценки  $R_{nm}$  по индивидуальному идентификатору зондирующего сигнала  $I_{nk}$ , то есть установление соответствия оценки конкретно  $n$ -му многолучевому радиопередатчику, при этом номер многолучевого радиопередатчика является атрибутом идентификатора  $I_{nk}$ , и  $m$ -му, а не другому воздушному объекту в ситуации, когда упомянутые воздушные объекты присутствуют в различных секторах излучения зондирующих сигналов данного многолучевого радиопередатчика;

- расчет координат  $M$  воздушных объектов из  $m=1, 2, \dots, M$  систем уравнений

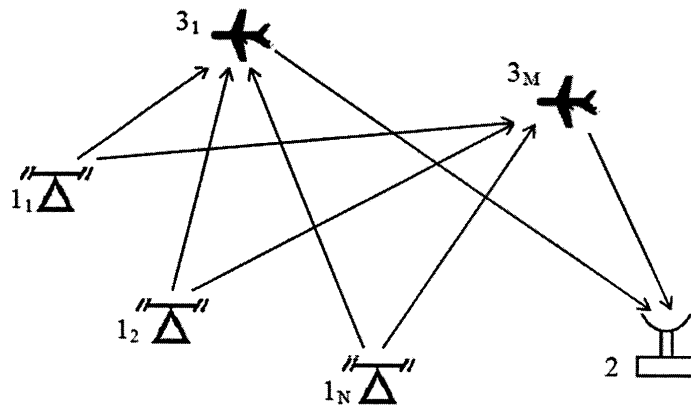
$$[(x_{um} - x_1)^2 + (y_{um} - y_1)^2 + (z_{um} - z_1)^2]^{1/2} + [(x_{um} - x_0)^2 + (y_{um} - y_0)^2 + (z_{um} - z_0)^2]^{1/2} = R_{1m},$$

$$[(x_{um} - x_2)^2 + (y_{um} - y_2)^2 + (z_{um} - z_2)^2]^{1/2} + [(x_{um} - x_0)^2 + (y_{um} - y_0)^2 + (z_{um} - z_0)^2]^{1/2} = R_{2m},$$

.....

$$[(x_{um} - x_N)^2 + (y_{um} - y_N)^2 + (z_{um} - z_N)^2]^{1/2} + [(x_{um} - x_0)^2 + (y_{um} - y_0)^2 + (z_{um} - z_0)^2]^{1/2} = R_{Nm},$$

где  $x_{um}, y_{um}, z_{um}$  - искомые координаты воздушных объектов  $m=1, 2, \dots, M$ .



Фиг. 1