



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 017 169** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>5</sup> **G 01 S 13/95**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 5040468/09, 24.04.1992

(46) Дата публикации: 30.07.1994

(56) Ссылки: 1. Король О.Г. и Черняк Р.Ф. Основы радиолокации и метеорологические радиолокационные устройства, 1971, с.213-328.2. Проблемы радиолокационной метеорологии. Перевод с англ. Под ред. Е.М.Сальмана. 1971, с.6-54, 104, 174-184.

(71) Заявитель:

Воронец И.В.,  
Полиенко И.Н.,  
Малов А.В.

(72) Изобретатель: Воронец И.В.,  
Полиенко И.Н., Малов А.В.

(73) Патентообладатель:

Воронец Игорь Васильевич,  
Полиенко Иван Николаевич

(54) СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

(57) Реферат:

Использование: радиолокационная измерительная техника, системы посадки летательных аппаратов, измерение скорости и направления ветра в недостижимых районах. Сущность изобретения заключается в помещении в интересующую область пространства неоседающего отражателя, его облучений электромагнитным сигналом и приеме сигнала отраженного от него с различных пеленгов приема, период амплитудной модуляции отраженного сигнала пропорционален скорости ветра как и доплеровский сдвиг частоты, который зависит и от косинуса угла между линией визирования отражателя и ее положения, когда она образует с направлением ветра известный угол  $\beta$  в горизонтальной плоскости, а

амплитуда огибающей сигнала имеет максимальное значение, когда линия визирования составляет с направлением ветра данный угол  $b$ , при приеме сигнала для каждого  $i$ -го пеленга приема измеряют глубину амплитудной модуляции принятого сигнала и скорость ветра с последующим нахождением их максимальных значений, если для этих максимальных значений не один и тот же истинный пеленг отражателя  $\varrho$ , то повторяют указанные измерения до их совпадения, если один и тот же пеленг - то измеренную скорость ветра считают истинной и определяют направление ветра относительно северного направления геофизического меридиана по формуле  $a = \gamma - \beta$ . 3 ил.

RU 2 017 169 C1

RU 2 017 169 C1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 017 169** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> **G 01 S 13/95**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5040468/09, 24.04.1992

(46) Date of publication: 30.07.1994

(71) Applicant:  
 VORONETS I.V.,  
 POLIENKO I.N.,  
 MALOV A.V.

(72) Inventor: VORONETS I.V.,  
 POLIENKO I.N., MALOV A.V.

(73) Proprietor:  
 VORONETS IGOR' VASIL'EVICH,  
 POLIENKO IVAN NIKOLAEVICH

(54) **METHOD FOR REMOTE MEASURING SPEED AND DIRECTION OF WIND**

(57) Abstract:

FIELD: measuring devices for radars.  
 SUBSTANCE: non-sedimented reflection material is placed into investigated region of air. It is radiated by electromagnetic signal. Reflected signal is received from different receiving bearings. Period of amplitude modulation is proportional to wind speed. Doppler frequency shift is proportional to wind speed too, it also depends on cosine of angle between sight line to reflector and its position when it is at known angle  $\beta$  to horizontal plane. Amplitude of signal envelope is maximal when

sight line is at given angle  $b$  to wind direction. When signal for each  $i$ -th bearing is received, depth of amplitude modulation of received signal and wind speed are measured. Maximal values are detected. If these maximal values correspond to different bearings to reflector  $g$  then above-mentioned measurements are repeated until they are equal. In this case measured wind speed is treated as its real speed, wind direction from north direction of geophysical is calculated by equation  $a = \gamma - \beta$ . EFFECT: increased functional capabilities. 3 dwg

RU 2 0 1 7 1 6 9 C 1

RU 2 0 1 7 1 6 9 C 1

Изобретение относится к радиолокационной измерительной технике и может быть применено в системах посадки летательных аппаратов или при измерении скорости и направления ветра в труднодоступных (например, зараженных) районах.

Известен способ дистанционного определения скорости в направлении ветра, который включает следующие основные операции: размещают в интересующей области пространства отражатели и обеспечивают их перемещение под действием ветра и пропорционально его скорости; облучают отражатели когерентным электромагнитным сигналом и принимают сигнал, отраженный от них, имеющий доплеровский сдвиг частоты, пропорциональный скорости ветра; измеряют доплеровский сдвиг частоты и вычисляют по нему скорость ветра в радиальном направлении; измеряют истинный пеленг отражателя и повторяют указанные операции с других ракурсов приема, после чего вычисляют скорость и направление ветра.

Прототипу присущи следующие недостатки: в нем использовались дипольные отражатели, которые под действием силы тяжести оседали на подстилающую поверхность, это приводит к тому, что измерения (если не вносить отражатели снова) становятся не постоянными или неэкономичными (если производить постоянный расход отражателей и обеспечить этим постоянность измерений); могут быть проведены ложные измерения, если в интересующей области есть другие движущиеся не под действием ветра объекты.

Целью изобретения является: обеспечение постоянности измерений (за счет постоянной модуляции отражающегося сигнала) с одновременной экономией расхода отражателей и повышение точности измерения путем селекции ложных отражателей.

Предложенный способ заключается в следующем: в интересующую область пространства помещают неоседающий отражатель, способный модулировать отражающийся сигнал под действием ветра не только по фазе (доплеровский сдвиг), но и по амплитуде, так чтобы период амплитудной модуляции, как и доплеровский сдвиг, был пропорционален скорости ветра, доплеровский сдвиг зависел и от косинуса угла между линией визирования и ожидаемым ее положением, отклоненным от направления ветра на некоторый заведомо известный угол  $\beta$  в горизонтальной плоскости, и глубина амплитудной модуляции сигнала имела максимальное значение при совпадении линии визирования с ожидаемым ее положением. Эта операция выполняется путем введения в интересующую область пространства отражателя-модулятора, представляющего собой флажок и безынерционную систему уголкового отражателя, состоящую из симметрично соединенных по оси вращения двух крестовин и установленных на их концах уголкового отражателей, обращенных раскрывом перпендикулярно плечам крепления по часовой или против часовой стрелки в плоскости крестовин. При этом в результате взаимодействия флажка и системы уголкового

отражателей с ветром флажок поворачивает систему уголкового отражателя вокруг вертикальной оси и стабилизирует плоскость их вращения в вертикальной плоскости действия ветра, а система уголкового отражателей вращения вокруг горизонтальной оси пропорционально скорости ветра.

При приеме измеряют глубину амплитудной модуляции принятого сигнала: при осуществлении измерений с разных ракурсов приема сигнала от отражателя сравнивают измеренные по доплеровскому сдвигу скорости ветра и определяют наибольшую из них и, если для ее ракурса глубина амплитудной модуляции принятого сигнала также максимальна, выбирают соответствующий им истинный пеленг отражателя, если нет, то повторяют указанные операции, после чего по выбранному пеленгу и заданному углу между ожидаемым положением линии визирования отражателя и направлением ветра определяют направление ветра относительно северного направления географического меридиана.

На фиг.1 изображен модулятор; на фиг.2 показана геометрия измерений; на фиг.3 - устройство для осуществления предложенного способа.

На чертеже приняты следующие обозначения: 1 - вертикальная плоскость, в которой доплеровский сдвиг и глубина амплитудной модуляции отраженного сигнала максимальны; 2 - модулятор (отражатель); 3 - система уголкового отражателя; 4 - стабилизатор плоскости вращения уголкового отражателя (флажок); 5 - опора модулятора; 6 - самолет; 7 - траектория полета самолета; 8 - линия визирования модулятора; 9 - местоположение самолета, когда измерена максимальная скорость ветра; 10 - продольная строительная ось самолета; 11 - северное направление географического меридиана; 12 - радиолокационная станция определения скорости ветра; 13 - блок выделения максимального результата; 14 - блок определения направления ветра; 15 - измеритель истинного пеленга радиоразности.

Сущность способа заключается в следующем (см.фиг.1,2). Предлагается решить задачу в горизонтальной плоскости и определить горизонтальную составляющую вектора скорости ветра. Эта составляющая вектора скорости является определяющей при заходе самолета на посадку, т.е. необходимо определить проекцию вертикальной плоскости вектора скорости ветра 1 на горизонтальную плоскость. Для этого в модуляторе 2 обеспечивают возможность вращения системы уголкового отражателя 3 в вертикальной плоскости под заданным углом  $\beta$  к горизонтальной составляющей вектора скорости ветра. На фиг.1 представлен частный случай, когда  $\beta = 0$  можно обеспечить, например с помощью стабилизатора плоскости вращения двух крестовин с четырьмя уголковыми отражателями на их концах. Угол  $\beta$  можно сделать равным  $90^\circ$ , если использовать, например, пропеллер с отражателями на его концах. На фиг.2 показан произвольный угол  $\beta$ .

Самолет 6 выполняет измерение с разных

ракурсов на модулятор 2, выполняя облет его по траектории 7. Когда угол между линией визирования 8 и вектором скорости

ветра  $\vec{v}_в$  станет равным  $\beta$  (положение

самолета 6 в точке 9) измеренное значение скорости ветра будет максимальным. В этот момент доплеровский сдвиг частоты будет максимальным, а также максимальной будет и глубина амплитудной модуляции принятого сигнала (определяется диаграммой переотражения угловых отражателей).

Измеряемый доплеровский сдвиг частоты отраженного от модулятора сигнала связан со скоростью ветра следующей зависимостью:

$$\Delta f_{д} = \frac{z v}{\lambda} \cos \varphi \cos(\vartheta - \beta), \text{ где } V -$$

линейная скорость вращения углового отражателя, равная скорости ветра;

$\lambda$ - длина волны сигнала;

$\varphi$ - угол между проекцией ЛВ на плоскость вращения и направлением линейной скорости вращения углового отражателя;

$\vartheta$ - угол в горизонтальной плоскости между линией визирования и направлением ветра.

Существующая амплитудная модуляция с периодом

$T = 2\pi R/nV$ , где R - радиус вращения углового отражателя;

n = 4 - число плеч системы угловых отражателей.

Измеряемая глубина амплитудной модуляции сигнала

$m = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min})$ , где  $U_{\max}$ ,  $U_{\min}$  - максимальное и минимальное значение амплитуды, принимаемого с i-го ракурса; Истинный пеленг модулятора 2  $\gamma$  известен, он измеряется штатной аппаратурой летательного аппарата. В таком случае можно определить направление вектора скорости ветра

$$\alpha = \gamma - \beta.$$

При оценке сдвига частоты наблюдаемая скорость ветра изменяется по косинусоидальному закону в зависимости от ракурса облучения системы отражателей, но доплеровский сдвиг частоты всегда больше нуля (угловые отражатели удаляются при  $\beta$  и  $\beta + 180$ ), следовательно направление определяется неоднозначно. Неоднозначным будет измерение направления и при оценке глубины амплитудной модуляции сигнала (например, один их тот же угловой отражатель при вращает сверху, при  $\beta + 180^\circ$  снизу, амплитуда сигнала одинакова).

Последовательность операций предлагаемого способа следующая: в интересующую область пространства помещают неоседающий отражатель-модулятор, представляющий собой флажок и безынерционную систему угловых отражателей, состоящую из симметрично соединенных по оси вращения двух крестовин и установленных на их концах угловых отражателей, обращенных раскрывом перпендикулярно плечам крепления по часовой или против часовой стрелки в плоскости крестовин, при этом в результате взаимодействия флажка и системы угловых отражателей с ветром флажок поворачивает систему угловых

отражателей вокруг вертикальной оси и стабилизирует плоскость их вращения в вертикальной плоскости действия ветра, а система угловых отражателей вращается вокруг горизонтальной оси пропорционально скорости ветра.

Затем облучают отражатель электромагнитным сигналом и принимают сигнал, отраженный от него с доплеровским сдвигом, вносимым каждым j угловым отражателем

$$\Delta f_{дj} = \frac{z v}{\lambda} \cos \varphi_j \cos(\vartheta - \beta), \text{ где } V -$$

линейная скорость вращения углового отражателя, равная скорости ветра;

$\lambda$ - длина волны сигнала;

$\varphi$ - угол между проекцией ЛВ на плоскость вращения и направлением линейной скорости вращения углового отражателя;

$\vartheta$ - угол в горизонтальной плоскости между линией визирования и направлением ветра. амплитудной модуляцией с периодом

$$T = 2\pi R/nV, \text{ где } R - \text{ радиус вращения}$$

углового отражателя;

n=4 - число плеч системы угловых отражателей, и глубиной амплитудной модуляции сигнала:

$m_i = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min})$ , где  $U_{\max}$ ,  $U_{\min}$  - максимальное и минимальное значения амплитуды сигнала, принимаемого с i-го ракурса;

измеряют глубину амплитудной модуляции принятого сигнала;

измеряют доплеровский сдвиг частоты  $f_{дi}$  и вычисляют по нему скорость ветра в радиальном направлении:

$$V_{вi} = \frac{1}{z} \Delta f_{дi} \cdot \lambda;$$

измеряют истинный пеленг отражателя  $\gamma_i$  и повторяют вышеизложенные операции с других i ракурсов приема сигнала от отражателя, при этом сравнивают

вычисленные по доплеровскому сдвигу  $f_{дi}$  скорости ветра и выбирают наибольшую из них  $V_{вmax}$  и, если для нее глубина амплитудной модуляции также максимальна,

выбирают соответствующий им истинный пеленг отражателя, если нет, то повторяют вышеизложенные операции, после чего по выбранному пеленгу  $\gamma_i$  заданному углу между

ожидаемым положением линии визирования отражателя и направлением

ветра  $\beta$  определяют направление ветра

относительного северного направления географического меридиана:

$$\alpha = \gamma - \beta.$$

На фиг. 3 представлена схема устройства, позволяющего реализовать способ.

Устройство содержит модулятор 2, последовательно соединенные

радиолокационную станцию определения скорости ветра 12, блок выделения

максимального результата 13, блок определения направления ветра 14, а также соединенный с ним измеритель истинного пеленга радиоориентира 15.

Блок выделения максимального результата 13 сравнивает вычисленные значения  $V_{вi}$  и выделяет максимальное значение  $V_{вmax}$ , а также измеряет глубину амплитудной модуляции  $m_i$  и выделяет ее

максимальное значение  $m_{max}$ , если

выделенные значения скорости ветра и глубины амплитудной модуляции соответствуют одному  $i$ -му ракурсу, то данный блок выдает сигнал в блок определения направления ветра 14, где вычисляется направление ветра.

Т.о. обеспечение степени свободы вращения угловых отражателей в вертикальной плоскости под заданным углом  $\beta$  к горизонтальной составляющей вектора скорости ветра, измерение глубины амплитудной модуляции, изменение ракурса на модулятор при измерении скорости ветра, выделение максимальной скорости ветра и максимальной глубины амплитудной модуляции позволяют определить по соответствующему им ракурсу (истинному пеленгу) направление вектора скорости.

#### Формула изобретения:

СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА, заключающийся в помещении в интересующую область пространства отражателей, движущихся под действием ветра и пропорционально его скорости, облучении отражателей электромагнитным сигналом и приеме сигнала, отраженного от них с различных  $i$ -х, где  $i = 2, 3, \dots$ , ракурсов приема, измерении пропорционального скорости ветра доплеровского сдвига частоты  $f_{\alpha i}$  и

истинного пеленга отражателя  $\gamma_i$ , вычислении скорости ветра  $V_{Bi}$  и направления ветра  $\alpha$ , отличающийся тем, что в интересующую область пространства помещают неоседающий отражатель, период амплитудной модуляции отраженного от него сигнала пропорционален скорости ветра, при этом доплеровский сдвиг частоты зависит и от косинуса угла между линией визирования отражателя и ее положением, когда она образует с направлением ветра известный угол  $\beta$  в горизонтальной плоскости, а амплитуда огибающей сигнала имеет максимальное значение, когда линия визирования составляет с направлением ветра данный угол  $\beta$ , при приеме сигнала для каждого  $i$ -го пеленга приема измеряют глубину амплитудной модуляции  $m_i$  принятого сигнала и скорость ветра  $V_{Bi}$ , определяют наибольшее значение глубины амплитудной модуляции  $m_{\max}$  и наибольшее значение скорости ветра  $V_{B\max}$ , если для полученных значений  $m_{\max}$  и  $V_{B\max}$  не один и тот же истинный пеленг отражателя  $\gamma$ , то повторяют вышеизложенные измерения до их совпадения, если один и тот же пеленг, то измеренную скорость ветра  $V_{B\max}$  считают истинной и определяют направление ветра относительно северного направления географического меридиана по формуле  $\alpha = \gamma - \beta$ .

30

35

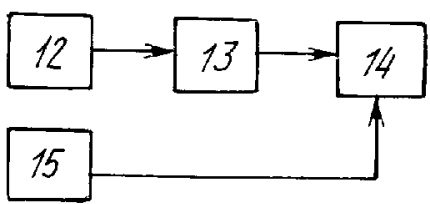
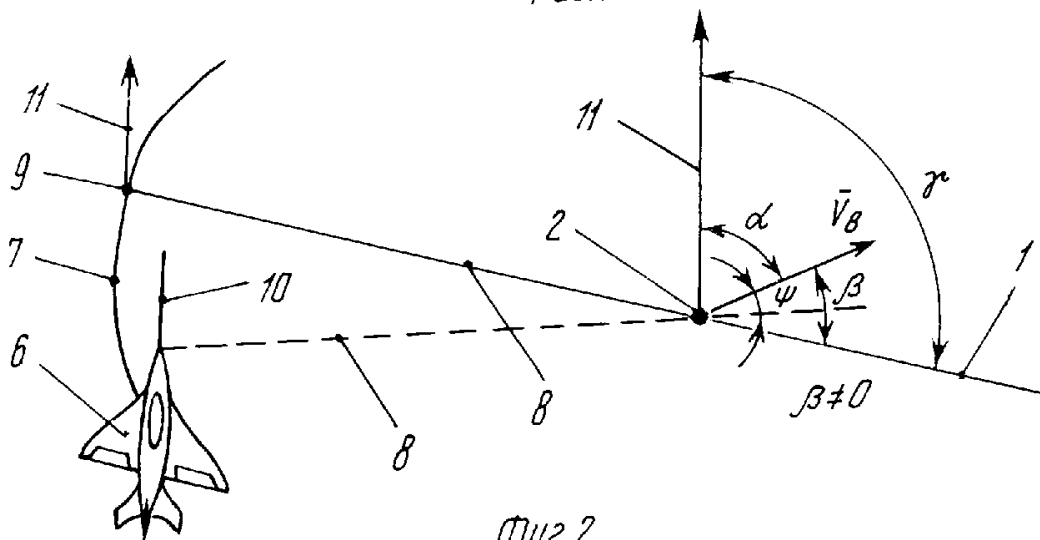
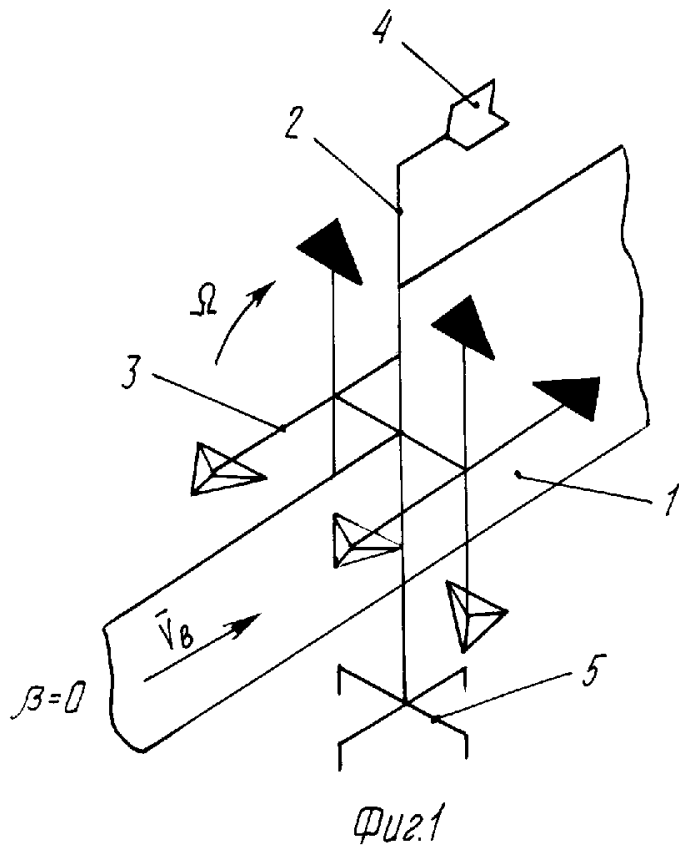
40

45

50

55

60



$\Phi_{U2.3}$