



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0026925

(51)⁷ G01S 13/95; H01Q 3/00

(13) B

(21) 1-2016-00419

(22) 29/08/2014

(86) PCT/RU2014/000649 29/08/2014

(87) WO 2016/032361 A1 03/03/2016

(45) 25/01/2021 394

(43) 25/05/2016 338A

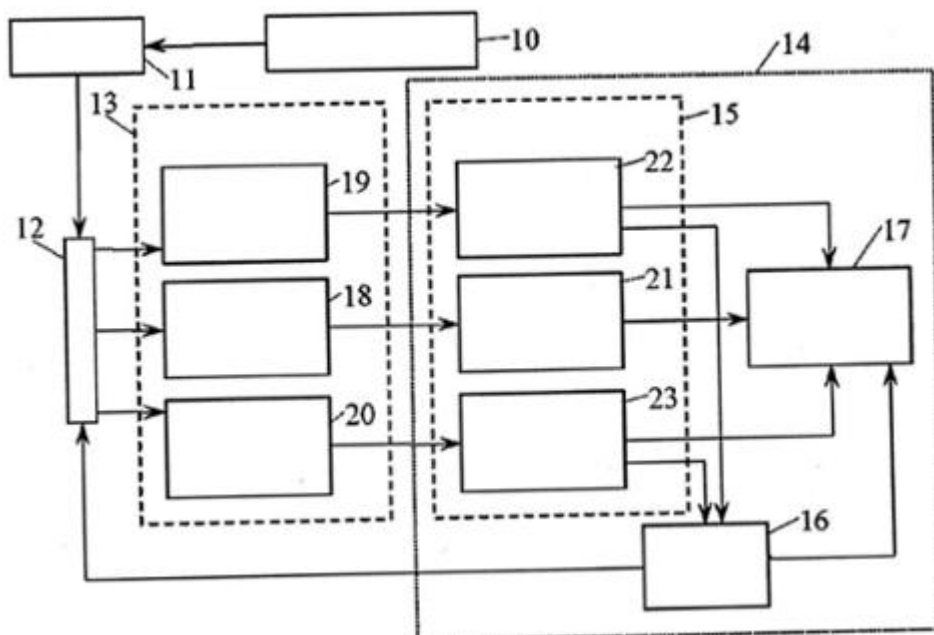
(73) Joint-Stock Company "Concern "International Aeronavigation Systems" (RU)
Russia, 127015, Moscow, ul. Bolshaya Novodmitrovskaya, d. 12, str. 15

(72) Vasiliev Oleg Valerievich (RU); Lavrov Alexei Alexeevich (RU); Kolesnikov
Evgeny Sergeevich (RU); KIZILOV Mihaii Georgievich (RU); KANEVSKY
Mikhail Igorevich (RU).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ WINCO (WINCO CO., LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP RAĐA VÀ THIẾT BỊ ĐỂ ĐO TỪ XA TOÀN BỘ VECTO VẬN
TỐC CỦA MỤC TIÊU KHÍ TƯỢNG

(57) Sáng chế đề cập tới phương pháp radar và thiết bị để đo từ xa toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng di chuyển bằng cách đo các thành phần vectơ vận tốc trong một vùng không gian giới hạn được xác định bởi độ rộng của đồ thị bức xạ anten trong một khoảng thời gian ngắn mà không cần quét. Phương pháp theo sáng chế dựa trên kỹ thuật xử lý không gian-thời gian đối với các tín hiệu phản xạ từ mục tiêu khí tượng nhờ radar phù hợp chủ động có anten thu đơn xung hai mặt phẳng, trong đó vị trí góc đo được của mục tiêu khí tượng được chia dựa trên các tần số Doppler bằng nhau và xác định được thành phần xuyên tâm và hai thành phần vuông góc với thành phần xuyên tâm của toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng. Để đảm bảo độ chính xác cần thiết của phép đo, thiết bị theo sáng chế sử dụng anten có các đồ thị bức xạ quay quanh trục phát xạ của tín hiệu dò nhờ tiêu chuẩn tối đa hóa cường độ tín hiệu trong một trong số các kênh thu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới lĩnh vực định vị vô tuyến các mục tiêu khí tượng và cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới phương pháp radar và thiết bị để đo từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng nhằm mục đích đảm bảo an toàn hàng không.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nhu cầu đo hướng và vận tốc chuyển động của các mục tiêu khí tượng (sau đây còn được gọi tắt là MO) xuất phát từ các yêu cầu về an toàn bay và là đặc biệt quan trọng đối với các khu vực máy bay hạ cánh, khi bay ở độ cao thấp, và thực hiện hỗ trợ khí tượng trong dẫn đường hàng không.

Trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết các phương pháp để đo từ xa vận tốc của mục tiêu khí tượng dựa trên radar bằng cách sử dụng kỹ thuật dịch chuyển tần số Doppler đối với tín hiệu phản xạ từ mục tiêu khí tượng để đánh giá thành phần xuyên tâm của vận tốc mục tiêu khí tượng. Các yêu cầu đảm bảo an toàn bay gia tăng dẫn đến yêu cầu cải thiện chức năng của các radar khí tượng bằng cách đo toàn bộ vector vận tốc chuyển động của mục tiêu khí tượng.

Khi giám sát mục tiêu khí tượng bằng radar, hướng và độ lớn của toàn bộ vector vận tốc chuyển động của mục tiêu khí tượng trong không gian được xác định bởi hướng và độ lớn của ba thành phần trực giao của nó, trong đó thành phần xuyên tâm trùng với hướng phát xạ của radar khí tượng, và hai thành phần còn lại là thành phần thẳng đứng và thành phần nằm ngang nằm trong mặt phẳng vuông góc với hướng phát xạ. Một đặc tính cụ thể liên quan tới việc đo toàn bộ vector vận tốc chuyển động của mục tiêu khí tượng nhờ radar là khó thực hiện việc đo trực tiếp các thành phần của vector vận tốc vuông góc với hướng phát xạ.

Thông thường, các radar khí tượng phù hợp được sử dụng để đo trực tiếp dịch chuyển tần số Doppler của tín hiệu vô tuyến phản xạ, và nhờ độ lớn của dịch chuyển tần số này, giá trị của thành phần xuyên tâm của toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng được tính toán.

Để đo các thành phần vuông góc với hướng phát xạ của vector vận tốc, việc sử dụng hệ thống radar nhiều vị trí hoặc các phương pháp tính toán dựa trên kết quả của các phép đo liên tiếp trong vùng không gian lớn đòi hỏi những chi phí lớn liên quan tới trang thiết bị và/hoặc thời gian thực hiện trong khi không tạo ra đủ độ chính xác đo lường để thực hiện hỗ trợ phù hợp về khía cạnh thời tiết cho ngành hàng không.

Trong lĩnh vực này, trong các phương pháp để đo từ xa vận tốc và hướng gió (xem RU 2017169 C1; RU 2449311 C1), trong radar dò mưa (xem GB 2,320,830 A) và các hệ thống radar khí tượng Doppler theo dõi gió (WO 94/24582) nhờ kỹ thuật quan trắc mục tiêu khí tượng bằng một radar khí tượng duy nhất, bằng cách sử dụng nhiều phép đo, quỹ đạo chuyển động của mục tiêu khí tượng được thiết lập, và các tham số quỹ đạo được sử dụng để tính toán toàn bộ vector vận tốc, và khi thực hiện như vậy, tổng thời gian đo có thể kéo dài tới vài chục phút.

Theo phương pháp để phát hiện và xác định từ xa các yếu tố dị thường trong không khí (xem US 2011/0291879 A1) bằng cách sử dụng các kết quả quan trắc mục tiêu khí tượng nhờ một radar khí tượng di động, các thành phần xuyên tâm của vận tốc ở các điểm khác nhau trong vùng không gian nhất định được đo lặp lại và được sử dụng để tính toán giá trị trung bình của các thành phần trực giao của vector vận tốc trong vùng không gian này.

Toàn bộ vector vận tốc có thể được xác định từ các kết quả của hệ thống quan trắc mục tiêu khí tượng bao gồm các radar khí tượng nhiều vị trí cố định được bố trí định trước trong vùng quan trắc (xem US 2012/0086596 A1; US 6,070,461 B1). Theo một ví dụ cụ thể, hệ thống như vậy sử dụng một bộ phát và nhiều bộ thu tín hiệu định vị vô tuyến (xem US 5471211 B1) hoặc các anten nhiều chùm bức xạ (xem US 2011/0172920 A1).

Giải pháp kỹ thuật gần nhất với lĩnh vực của sáng chế đề xuất thiết bị và phương pháp xử lý tín hiệu trở về radar (xem US 2011/0304501 A1), trong đó xác định vận tốc mục tiêu khí tượng dựa trên các kết quả của phép đo dịch chuyển tần số Doppler của tín hiệu phản xạ từ một mục tiêu khí tượng. Cấu trúc của thiết bị đã biết này được thể hiện trên Fig.1.

Theo giải pháp được đề xuất trong tài liệu patent này, tín hiệu xung được tạo ra bởi bộ tạo tín hiệu xung 1 điều biến tần số mang của bộ phát 2. Nhờ được khuếch đại

công suất trong bộ phát 2, tín hiệu dò radar được phát vào không gian nhờ anten 3 qua bộ xoay vòng 4. Tín hiệu phản xạ từ mục tiêu khí tượng được thu bởi anten 3 và được gửi tới bộ thu 5 qua bộ xoay vòng 4. Dữ liệu đầu ra từ bộ thu 5 được cấp đến bộ xử lý tín hiệu 6 để biến đổi tín hiệu đầu vào thành dạng số nhờ bộ biến đổi tương tự-số 7. Các dữ liệu số lấy từ bộ tạo dữ liệu 8 được định dạng thành gói dữ liệu số và được cấp tới bộ xử lý quan trắc 9. Bộ xử lý quan trắc 9 tính toán phổ tần số của tín hiệu nhận được đối với từng phần tử phân giải phạm vi và thời gian tích lũy tín hiệu T . Liên quan tới phổ này, dịch chuyển tần số Doppler trung bình được tính toán. Dịch chuyển tần số Doppler trung bình này được sử dụng để tính toán giá trị của thành phần xuyên tâm của vận tốc mục tiêu khí tượng. Thời gian tích lũy tín hiệu T được sử dụng để xác định độ phân giải tần số của thiết bị và vì thế xác định độ chính xác của phép đo thành phần xuyên tâm của vận tốc.

Nhược điểm của giải pháp kỹ thuật này là không thể đo toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng liên quan.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là cải thiện độ chính xác trong việc đánh giá từ xa vận tốc của mục tiêu khí tượng được phát hiện nhờ radar trong độ phân giải phạm vi của một vùng không gian và thu được giá trị của ba thành phần cấu thành toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách sử dụng duy nhất một radar mà không cần quét đồ thị bức xạ anten.

Tác giả sáng chế đề xuất giải pháp giải quyết vấn đề kỹ thuật đã biết liên quan tới việc phát triển phương pháp đo radar từ xa toàn bộ vector vận tốc của của mục tiêu khí tượng (MO) được phát hiện nhờ radar trong không gian có độ phân giải phạm vi nhất định dựa trên phép đo phân bố không gian của thành phần xuyên tâm của vận tốc liên quan tới các phần phản xạ từ mục tiêu khí tượng bên trong đồ thị bức xạ chùm mà không cần quét và thu được giá trị của ba thành phần cấu thành toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách sử dụng duy nhất một thiết bị thực hiện.

Kết quả kỹ thuật dự kiến của sáng chế là độ chính xác cao và thời gian ngắn khi thực hiện phép đo các thành phần cấu thành toàn bộ vector vận tốc chuyển động của mục tiêu khí tượng.

Đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp đo radar từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bao gồm các bước sau:

phát tín hiệu radar xung thăm dò phù hợp vào không gian;

thu, khuếch đại và dò phù hợp các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng trong khi cấp phát trong đó kênh phân giải phạm vi theo độ trễ thời gian của các tín hiệu này, và các tín hiệu trong kênh phân giải phạm vi này được biến đổi thành dạng dữ liệu số;

xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách xử lý dữ liệu khí tượng,

khác biệt ở chỗ,

việc thu các tín hiệu vô tuyến phản xạ được thực hiện đồng thời trong đồ thị bức xạ anten toàn phần và trong hai đồ thị bức xạ anten vi sai trong mặt phẳng thẳng đứng và mặt phẳng nằm ngang trong khoảng thời gian tích lũy định trước của các tín hiệu vô tuyến phản xạ;

các tín hiệu nhận được được định tuyến riêng biệt vào kênh thu thẳng đứng vi sai, kênh thu nằm ngang vi sai và kênh thu toàn phần tương ứng với các đồ thị bức xạ anten, trong đó các tín hiệu này được khuếch đại, được dò phù hợp, và kênh phân giải phạm vi được cấp phát theo độ trễ thời gian khi thu các tín hiệu vô tuyến trong từng kênh thu này, các tín hiệu vô tuyến nhận được được biến đổi bằng kỹ thuật số thành các mảng dữ liệu đầu vào trong từng kênh thu tương ứng đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

các mảng dữ liệu đầu vào nêu trên được đưa vào lọc dải hẹp trong M kênh lọc có trong ba kênh thu một tập hợp tương tự của các tần số giữa để điều chỉnh bộ lọc, trong đó đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát trong từng kênh thu, xác định phổ tần số có dạng M giá trị của các biên độ phổ tần số trong từng kênh lọc này;

các giá trị trung bình của các biên độ phổ của tần số tín hiệu trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai được so sánh với một kênh phân giải phạm vi được cấp phát trước đó, và tất cả các đồ thị bức xạ anten được quay quanh trục phát xạ cho đến khi đạt đến chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các biên độ phổ này trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai trong khi thực hiện liên tục các hoạt động liên quan tới việc phát tín hiệu dò, thu riêng biệt

các tín hiệu phản xạ trong các kênh thu theo các đồ thị bức xạ anten trong khoảng thời gian tích lũy để cấp phát trong đó kênh phân giải phạm vi theo độ trễ thời gian thu bằng cách biến đổi theo kỹ thuật số các tín hiệu vô tuyến nhận được thành mảng dữ liệu đầu vào và bằng kỹ thuật lọc như nêu trên;

góc quay của đồ thị bức xạ anten được xác định nhờ chênh lệch cực đại thu được giữa các giá trị trung bình của các biên độ phổ trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai, và từ hai kênh thu vi sai này, một kênh thu vi sai có giá trị trung bình của các biên độ phổ tần số lớn hơn được chọn làm kênh đo và trong đó thực hiện các hoạt động sau:

trong kênh toàn phần và kênh thu đo đối với từng cặp trong số M bộ lọc có cùng tần số điều chỉnh giữa đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát, M giá trị của góc thu tín hiệu được xác định bằng cách cùng xử lý các độ lớn phổ tần số của tín hiệu trong kênh toàn phần và kênh đo bằng cách áp dụng phương pháp đơn xung;

độ lớn của thành phần xuyên tâm của vận tốc và độ lớn của thành phần phương vị vuông góc của vận tốc mục tiêu khí tượng được xác định bằng cách cùng xử lý M giá trị thu được của góc thu tín hiệu bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính;

xác định toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách tính toán độ lớn của các vectơ bao gồm thành phần thẳng đứng và thành phần nằm ngang cấu thành vận tốc mục tiêu khí tượng dựa trên giá trị thu được của hệ số tỉ lệ lượng giác của thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng và góc quay anten nêu trên.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị đo toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng, thiết bị này có dạng radar khí tượng để đo từ xa toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng, radar khí tượng này bao gồm:

bộ tạo tín hiệu xung để điều biến tín hiệu phát;

bộ phát tạo ra tín hiệu dò phù hợp;

anten phát tín hiệu radar thăm dò vào không gian và thu các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng;

bộ thu thực hiện khuếch đại và dò phù hợp các tín hiệu vô tuyến nhận được, trong đó kênh phân giải phạm vi được cấp phát theo độ trễ thời gian của các tín hiệu

này và biến đổi bằng kỹ thuật số tín hiệu vô tuyến phản xạ thành các mảng dữ liệu đầu vào trong từng kênh thu tương ứng với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

bộ xử lý dữ liệu để xác định toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng, khác biệt ở chỗ,

anten là anten phương vị đơn xung có khả năng thu các tín hiệu phản xạ từ các mục tiêu khí tượng đồng thời trong đồ thị bức xạ anten toàn phần và hai đồ thị bức xạ anten vi sai trong mặt phẳng thẳng đứng và mặt phẳng nằm ngang và có cơ cấu để quay ba đồ thị bức xạ anten quanh trục phát xạ tín hiệu dò;

bộ thu có ba kênh thu giống nhau lần lượt thực hiện khuếch đại và dò phù hợp riêng biệt đối với các tín hiệu thu được nhờ đồ thị bức xạ anten toàn phần và các đồ thị bức xạ anten vi sai, cấp phát trong đó kênh phân giải phạm vi theo độ trễ thời gian của chúng, và biến đổi bằng kỹ thuật số các tín hiệu vô tuyến nhận được thành các mảng dữ liệu đầu vào đối với từng kênh thu tương ứng với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

bộ xử lý dữ liệu bao gồm:

khối bao gồm các bộ lọc số có M bộ lọc trong từng kênh toàn phần và kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai để thực hiện lọc dải hẹp đối với từng mảng dữ liệu đầu vào trong kênh thu tương ứng để thu được M giá trị của các độ lớn phổ tần số đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

bộ điều khiển anten thực hiện:

so sánh các giá trị trung bình của M độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong các bộ lọc của kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai và gửi tới cơ cấu quay đồ thị bức xạ anten tín hiệu điều khiển tạo ra chuyển động quay của các đồ thị bức xạ anten quanh trục phát xạ tín hiệu dò cho đến khi đạt đến chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong các bộ lọc của kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai;

chọn từ hai kênh vi sai nêu trên một kênh vi sai có giá trị lớn hơn đối với độ lớn trung bình của phổ tần số trong các bộ lọc làm kênh đo;

xác định góc quay của các đồ thị bức xạ anten;

thiết bị tính toán thực hiện lần lượt:

xác định M giá trị của góc thu tín hiệu bằng cách cùng xử lý các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong kênh toàn phần và kênh đo bằng cách áp dụng phương pháp đơn xung đối với từng cặp trong số M bộ lọc trong các kênh lọc và trong kênh thu toàn phần và kênh đo nêu trên có cùng tần số điều chỉnh giữa đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

xác định độ lớn của thành phần xuyên tâm và độ lớn của thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng vuông góc với thành phần xuyên tâm bằng cách cùng xử lý M giá trị thu được của góc thu tín hiệu bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính;

xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách tính toán độ lớn của thành phần thẳng đứng và thành phần nằm ngang của vận tốc mục tiêu khí tượng dựa trên các mối tương quan lượng giác để thu được độ lớn của thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng và góc quay anten nêu trên.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được giải thích tiếp liên quan tới phương pháp radar để đo từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế và thiết bị để thực hiện phương pháp này ở dạng radar khí tượng có dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện một radar khí tượng đã biết (theo giải pháp kỹ thuật đã biết);

Fig.2 thể hiện biểu đồ quan trắc mục tiêu khí tượng theo sáng chế, hệ tọa độ và các thành phần vector vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế;

Fig.3 là sơ đồ khối thể hiện radar khí tượng theo sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ mặt cắt thể hiện đồ thị bức xạ anten toàn phần và các đồ thị bức xạ anten vi sai trong mặt phẳng nằm ngang;

Fig.5 là biểu đồ quay của đồ thị bức xạ anten;

Fig.6 thể hiện phân bố không gian của tần số Doppler của tín hiệu phản xạ từ mục tiêu khí tượng có dạng mặt phẳng vuông góc với trục phát xạ;

Fig.7 là đồ thị thể hiện ví dụ về các tín hiệu đầu ra của các bộ lọc số;

Fig.8 là đồ thị thể hiện việc áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính nhằm tính toán xấp xỉ các giá trị đo được của góc thu của các tín hiệu phụ thuộc vào tần số của chúng; và

Fig.9 là đồ thị thể hiện các giá trị tính toán được của các thành phần vectơ vận tốc chuyển động của mục tiêu khí tượng phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo của góc thu tín hiệu (theo kỹ thuật mô phỏng).

Cần lưu ý rằng các ví dụ về phương pháp theo sáng chế và ví dụ về radar khí tượng thực hiện phương pháp này chỉ nhằm mục đích minh họa và không giới hạn phạm vi của sáng chế và phạm vi bảo hộ của sáng chế được xác định bằng các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp radar để đo từ xa toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế được áp dụng để xác định vận tốc mục tiêu khí tượng có biểu đồ quan trắc theo phương pháp của sáng chế được thể hiện trên Fig.2.

Mặt phẳng A vuông góc với trục phát xạ z được chọn làm mô hình của mục tiêu khí tượng là khá đủ đối với các trường hợp thông thường, trong đó đặc tính chuyển động của mục tiêu khí tượng không thay đổi theo độ sâu bên trong phần tử phân giải tương đối nhỏ trong phạm vi radar khí tượng. Mặt phẳng nằm cách anten radar khí tượng với khoảng cách R. Hướng và độ lớn của toàn bộ vectơ vận tốc của mặt phẳng A được xác định bởi ba thành phần trực giao của nó v_R, v_x, v_y , trong đó thành phần xuyên tâm v_R trùng với trục phát xạ z, và thành phần thẳng đứng v_y và thành phần nằm ngang v_x nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục phát xạ z.

Trong các radar khí tượng phù hợp, dịch chuyển tần số Doppler của tín hiệu vô tuyến phản xạ được đo. Giá trị của dịch chuyển tần số này được sử dụng để tính toán thành phần xuyên tâm của vận tốc v_R . Để đo thành phần thẳng đứng v_y và thành phần nằm ngang v_x của toàn bộ vectơ vận tốc, việc sử dụng các radar khí tượng nhiều vị trí đòi hỏi các chi phí đáng kể hoặc các phương pháp tính toán dựa trên các kết quả của các phép đo liên tiếp bên trong vùng không gian lớn không thực hiện được các phép đo trong vùng không gian nhỏ, và phần tử phân giải có kích thước giới hạn của radar khí tượng.

Phương pháp để đo từ xa toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế dựa trên nguyên lý xử lý không gian-thời gian của các tín hiệu phản xạ từ mục tiêu khí tượng này nhờ radar đơn xung chủ động với hai mặt phẳng trong anten thu. Khi thực hiện, phương pháp xử lý không gian-thời gian liên quan tới việc áp dụng phương pháp đơn xung để đo vị trí góc của các thành phần của mục tiêu khí tượng được tách rời dựa trên các dịch chuyển tần số Doppler tương đương của tín hiệu phản xạ. Phụ thuộc vào liên hệ tần số góc được thiết lập như vậy, phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính được áp dụng để tính toán thành phần xuyên tâm và hai thành phần trực giao tạo thành toàn bộ vectơ vận tốc.

Để đảm bảo độ chính xác cần thiết của phép đo, sử dụng hệ thống để quay các đồ thị bức xạ anten quanh trục phát xạ của tín hiệu dò nhờ tiêu chuẩn tối đa hóa cường độ tín hiệu trong một trong số các kênh thu được dùng làm kênh đo.

Theo sáng chế, phương pháp đo lường từ xa toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị theo sáng chế được tạo ra có dạng radar khí tượng có sơ đồ khối như được thể hiện trên Fig.3.

Trong trường hợp này, như được thể hiện trên Fig.3, radar khí tượng theo sáng chế bao gồm: bộ tạo tín hiệu xung 10, bộ phát 11, anten 12, cụm bộ thu 13, bộ xử lý dữ liệu 14 có khối 15 bao gồm các bộ lọc số, bộ điều khiển 16 để điều khiển anten 12, và thiết bị tính toán 17.

Trong hệ thống này, bộ tạo tín hiệu xung 10 tạo ra tín hiệu xung, tín hiệu điều biến của bộ phát 11 trong khi bộ phát 11 thiết lập dạng của tín hiệu dò phù hợp. Bộ tạo tín hiệu xung 10 và bộ phát 11 có thể được tạo ra có dạng các bộ tạo xung phù hợp và các bộ khuếch đại mạch rắn đã biết.

Anten 12 được làm thích ứng để phát xạ các tín hiệu radar thăm dò vào không gian và, khác với kỹ thuật đã biết, anten này còn được sử dụng để thu các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng với ba đồ thị bức xạ bao gồm: đồ thị bức xạ toàn phần, đồ thị bức xạ thẳng đứng vi sai và đồ thị bức xạ nằm ngang vi sai, và có cơ cấu quay anten (không được thể hiện trên hình vẽ) để quay anten 12, nhờ đó cho phép quay tất cả các đồ thị bức xạ của anten 12 quanh trục phát xạ z của dạng bức xạ tín hiệu dò (xem Fig.2) theo chiều được chọn tùy ý.

Anten 12 có thể được tạo bởi một anten đơn xung phương vị là kiểu mảng định pha có các tia theo đồ thị bức xạ được điều khiển bằng điện tử.

Cụm bộ thu 13 bao gồm bộ thu 18 của kênh thu toàn phần, bộ thu 19 của kênh thu thẳng đứng vi sai và bộ thu 20 của kênh thu nằm ngang vi sai được làm thích ứng để thực hiện khuếch đại và dò phù hợp các tín hiệu nhận được, chọn các tín hiệu này trong kênh phân giải phạm vi (theo độ trễ thời gian khi thu chúng) và biến đổi bằng kỹ thuật số các tín hiệu vô tuyến nhận được thành các mảng dữ liệu đầu vào trong từng kênh thu tương ứng đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát.

Các bộ thu 18, 19 và 20 có thể là các bộ khuếch đại tần số trung gian có các thiết bị để quét bằng xung nhọn các tín hiệu theo độ trễ thời gian, và các bộ biến đổi tương tự-số ở đầu ra.

Khối 15 có các bộ lọc số bao gồm các bộ lọc 21 của kênh thu toàn phần, bộ lọc 22 của kênh thu thẳng đứng vi sai, và bộ lọc 23 của kênh thu nằm ngang vi sai để thực hiện lọc dải hẹp đối với từng mảng dữ liệu số trong kênh thu tương ứng để thu được phổ tần số của các tín hiệu có dạng M biên độ phổ tần số.

Khối 15 bao gồm các bộ lọc số có thể là thiết bị tính toán để thực hiện các hoạt động tính toán trong các thuật toán của phương pháp theo sáng chế.

Bộ điều khiển 16 của anten 12 được làm thích ứng để thực hiện các hoạt động sau:

so sánh M giá trị trung bình của biên độ phổ tần số của các tín hiệu trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai và gửi tín hiệu điều khiển tới cơ cấu quay đồ thị bức xạ anten của anten 12 để quay anten 12 quanh trục phát xạ z của tín hiệu dò cho đến khi đạt đến chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai;

chọn từ các kênh thu vi sai nêu trên kênh thu vi sai có độ lớn trung bình của phổ tần số có giá trị lớn hơn làm kênh đo;

xác định giá trị góc quay của các đồ thị bức xạ của anten 12.

Thiết bị tính toán 17 được làm thích ứng để thực hiện lần lượt các hoạt động sau:

xác định M giá trị của góc thu tín hiệu bằng cách cùng xử lý các độ lớn phổ tần số của kênh toàn phần và kênh đo bằng cách áp dụng phương pháp đơn xung đối với từng cặp trong số các bộ lọc trong các kênh lọc và trong kênh thu toàn phần và kênh đo nêu trên có cùng tần số điều chỉnh giữa đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

xác định độ lớn của thành phần xuyên tâm v_R (xem Fig.2) và thành phần phương vị vuông góc với thành phần xuyên tâm này của vận tốc mục tiêu khí tượng bằng cách cùng xử lý M giá trị thu được của góc thu tín hiệu bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính;

xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách tính toán độ lớn của thành phần thẳng đứng v_y và thành phần nằm ngang v_x của vận tốc mục tiêu khí tượng dựa trên các mối tương quan lượng giác đối với độ lớn của thu được thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng và góc quay anten nêu trên.

Phương pháp radar để đo từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế được thực hiện theo sơ đồ khối được thể hiện trên Fig.3.

Tín hiệu dò phù hợp được tạo ra bởi bộ tạo tín hiệu xung 10 và được điều biến trong bộ phát 11 được phát vào không gian nhờ anten 12, và các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng được thu riêng biệt ở anten 12 với ba đồ thị bức xạ bao gồm: đồ thị bức xạ toàn phần, đồ thị bức xạ thẳng đứng và đồ thị bức xạ nằm ngang vi sai.

Fig.4 là hình vẽ mặt cắt thể hiện đồ thị bức xạ toàn phần (G) 24 và đồ thị bức xạ nằm ngang vi sai 25 của anten 12 với mặt phẳng nằm ngang (x, z). Đối với đồ thị bức xạ nằm ngang vi sai 25, hình vẽ mặt cắt trên Fig.3 thể hiện búp sóng dương $G+$ và búp sóng âm $G-$ của nó. Các hình vẽ mặt cắt được xác định bằng mặt phẳng thẳng đứng (y, z) của đồ thị bức xạ toàn phần và các đồ thị bức xạ thẳng đứng vi sai (không được thể hiện trên hình vẽ) nhìn giống như hình vẽ mặt cắt được thể hiện trên Fig.4. Như vậy, theo sáng chế, cơ cấu quay của anten 12 có thể quay tất cả các đồ thị bức xạ quanh trục phát xạ z của dạng bức xạ tín hiệu dò.

Cụm bộ thu 13 bao gồm các bộ thu 18, 19, 20 được sử dụng để khuếch đại và dò phù hợp riêng biệt theo ba đồ thị bức xạ định hướng của các tín hiệu phản xạ thu được, cấp phát các tín hiệu này vào kênh phân giải phạm vi bằng cách chọn xung các tín hiệu nhận được theo độ trễ thời gian thu và biến đổi các tín hiệu này thành các mảng dữ liệu số đối với từng kênh thu trong kênh phân giải phạm vi.

Các giá trị của các biên độ phổ tần số tín hiệu trong kênh phân giải phạm vi được tính toán riêng biệt trong khối 15 bao gồm các bộ lọc số đối với phần tín hiệu với thời khoảng T trong các bộ lọc 21, 22, 23 của mảng dữ liệu số.

Bộ điều khiển 16 của anten 12 được sử dụng để so sánh các giá trị trung bình của các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu ở đầu ra của các bộ lọc số 22 và 23 của kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai, và tín hiệu điều khiển được cấp tới cơ cấu quay của anten 12, nhờ đó cho phép quay tất cả ba đồ thị bức xạ của anten 12 quanh trục phát xạ z của tín hiệu dò như được thể hiện trên Fig.5. Điều này dẫn đến thay đổi vị trí của đồ thị bức xạ thẳng đứng 26 và các đồ thị bức xạ nằm ngang 27 của anten 12.

Trong trường hợp này, trong khoảng thời gian quay của anten 12, các bước như nêu trên của phương pháp theo sáng chế được lặp lại đối với từng vị trí của nó: phát tín hiệu dò nhờ anten 12; thu các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng theo ba đồ thị bức xạ của anten 12 bao gồm: đồ thị bức xạ toàn phần, đồ thị bức xạ thẳng đứng vi sai và đồ thị bức xạ nằm ngang vi sai; khuếch đại và dò phù hợp các tín hiệu nhận được; cấp phát các tín hiệu này theo kênh phân giải phạm vi (với độ trễ thời gian thu của tín hiệu) và biến đổi bằng kỹ thuật số các tín hiệu thu được nhờ từng kênh thu trong các bộ thu 18, 19 và 20 thành các mảng dữ liệu số đối với kênh phân giải phạm vi, và khối 15 bao gồm các bộ lọc số xác định giá trị của các biên độ phổ tần số của các tín hiệu này. Khi thực hiện như vậy, hoạt động so sánh các giá trị trung bình của các biên độ phổ tần số tín hiệu ở đầu ra của các bộ lọc số 22 và 23 của kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai được lặp lại đối với từng vị trí của anten 12. Chuyển động quay của anten 12 quanh trục phát xạ z được thực hiện cho đến khi đạt đến chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các biên độ phổ. Khi hoàn thành chuyển động quay của anten 12, từ hai kênh thu thẳng đứng và nằm ngang vi sai, chọn kênh thu vi sai trong đó giá trị trung bình của các biên độ phổ là lớn nhất, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.5, làm kênh đo và trong trường hợp này chọn kênh thu nằm ngang vi sai 23. Sau đó, xác định góc quay θ_m của anten 12 tại đó đạt được chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các biên độ phổ. Để tính toán tiếp, hướng tín hiệu tương đương của kênh đo 27 được quy định là trục ξ có hướng trùng với hướng của vectơ

v_{xy} , nghĩa là thành phần vector vận tốc của mục tiêu khí tượng trong mặt phẳng vuông góc với trục phát xạ z của dạng bức xạ tín hiệu dò.

Để xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng, trong thiết bị tính toán 17, sử dụng mối liên hệ giữa các giá trị của tần số Doppler của tín hiệu phản xạ từ điểm C trên bề mặt A giữa các tọa độ (R, x, y) và vector vận tốc của mục tiêu khí tượng $\mathbf{v} = \{v_R, v_x, v_y\}$ (xem Fig.2).

Theo biểu đồ quan trắc như được thể hiện trên Fig.2, khi giá trị góc của mặt phẳng phản xạ A là nhỏ (nhỏ hơn vài độ), từng điểm phản xạ của mục tiêu khí tượng trên mặt phẳng A với các tọa độ $\mathbf{x} = \{R, x, y\}$ có cùng vector vận tốc $\mathbf{v} = \{v_R, v_x, v_y\}$ duy trì không đổi trong khoảng thời gian quan trắc, nghĩa là $\mathbf{v} = \text{const}(t, \mathbf{x})$.

Hướng phản xạ radar ở điểm C với khoảng cách r được quy định bằng vector $\mathbf{e} = \{e_R, e_x, e_y\}$ được xác định bởi hàm cos:

$$e_R = \frac{R}{r}, \quad e_x = \frac{x}{r}, \quad e_y = \frac{y}{r}, \quad \text{trong đó } r = \sqrt{R^2 + x^2 + y^2}.$$

Giá trị của thành phần xuyên tâm $v_r(x, y)$ của vận tốc của điểm phản xạ C được xác định bằng tích của vector $\mathbf{v}$ và vector $\mathbf{e}$:

$$v_r = (\mathbf{v}, \mathbf{e}) = \frac{1}{r}(v_R R + v_x x + v_y y).$$

Giá trị của thành phần xuyên tâm của vận tốc $v_r(x, y)$ của vận tốc tại điểm phản xạ C tương ứng với giá trị của dịch chuyển tần số Doppler f_d của tín hiệu phản xạ từ điểm C .

$$f_d(x, y) = \frac{2v_r(x, y)}{\lambda}$$

trong đó λ là bước sóng của radar.

Fig.6 thể hiện ví dụ về mối liên hệ giữa các giá trị của dịch chuyển tần số Doppler của tín hiệu f_d phản xạ từ điểm C trên bề mặt A với các tọa độ (x, y) . Fig.6 thể hiện ảnh phân bố không gian của các giá trị dịch chuyển tần số Doppler $f_d(x, y)$, còn được gọi là mặt tần số khi quan sát mục tiêu khí tượng bằng radar khí tượng theo biểu đồ quan trắc được thể hiện trên Fig.2 ở khoảng cách $R = 10$ km, trong đó bước sóng

của tín hiệu dò là $\lambda = 0,03$ m ở diện tích phủ sóng bằng 700×700 m tương ứng với độ rộng toàn phần của đồ thị bức xạ anten theo phương thẳng đứng và theo phương nằm ngang. Trong trường hợp này, các thành phần cấu thành toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng là: $v_R = 5$ m/s, $v_x = 10$ m/s, $v_y = 20$ m/s.

Như được thể hiện trên Fig.6, phân bố không gian của các giá trị dịch chuyển tần số Doppler $f_d(x, y)$ có dạng mặt tần số hơi cong (gần như là phẳng) nhô lên dọc theo trục tần số ở trị số 333 Hz và nghiêng về phía trục.

Phạm vi thay đổi của dịch chuyển tần số Doppler của tín hiệu nhận được là 99 Hz. Với thời gian tích lũy định trước của tín hiệu là $T = 0,5$ s và độ phân giải tần số lọc trong khối 15 bao gồm các bộ lọc số là 2 Hz, có thể thu được 50 giá trị độc lập của phổ tần số này ở đầu ra của từng bộ lọc số 21, 22 và 23.

Như vậy, phân bố không gian của các giá trị dịch chuyển tần số Doppler $f_d(x, y)$ nhạy với tất cả các thành phần vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng. Trong trường hợp này, khoảng tần số thay đổi ở vận tốc mục tiêu khí tượng cỡ vài mét/giây bằng khoảng vài chục Hz, điều này cho phép thực hiện phép đo bằng radar đối với toàn bộ vectơ vận tốc.

Fig.7 là đồ thị thể hiện ví dụ về các giá trị của biên độ phổ S_z của các tín hiệu ở đầu ra của bộ lọc số 21 của kênh thu toàn phần, các giá trị của các biên độ phổ $S_{\Delta v}$ của tín hiệu ở đầu ra của các bộ lọc số 22 của kênh thu thẳng đứng vi sai, và các giá trị của các biên độ phổ $S_{\Delta v}$ của các tín hiệu ở đầu ra của các bộ lọc số 23 của kênh thu nằm ngang vi sai phụ thuộc vào tần số điều chỉnh f_m của các bộ lọc, trong đó $m = 1 \dots M$. Khi thực hiện như vậy, sử dụng các giá trị thành phần vận tốc của mục tiêu khí tượng là: $v_R = 5$ m/s, $v_x = 10$ m/s, $v_y = 0$ m/s. Giá trị của các biên độ phổ được quy định theo đơn vị tùy ý trên cùng thang đo.

Theo ví dụ này, ở đầu ra của bộ lọc 22 của kênh thu thẳng đứng vi sai, trong đó thành phần thẳng đứng của vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng có giá trị là: $v_y = 0$ m/s, giá trị trung bình của các biên độ phổ tần số tín hiệu $S_{\Delta v}$ bằng 0. Góc nghiêng của đồ thị $S_{\Delta h}$ đối với kênh thu nằm ngang vi sai tỉ lệ với độ lớn của thành phần phương vi của vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng v_{xy} .

Thiết bị tính toán 17 được sử dụng để cùng xử lý phổ S_z của các tín hiệu của kênh thu toàn phần 21 và các bộ lọc số của kênh đo (theo ví dụ, các bộ lọc của kênh thu nằm ngang vi sai 23) nhằm xác định góc θ_m của các tín hiệu phản xạ từ mục tiêu khí tượng đối với từng cặp trong số các bộ lọc đối với cùng tần số điều chỉnh f_m .

Fig.8 là đồ thị thể hiện ví dụ về sự phụ thuộc của các giá trị của góc θ_m là hàm của tần số điều chỉnh f_m của bộ lọc kênh đo. Các dấu hoa thị (*) trên đồ thị này biểu thị góc đo được θ_m với sai số nhất định để tạo ra vector theo hướng m θ_m khi dự đoán góc được gọi là "mây dự đoán góc". Mây dự đoán góc này được xác định gần đúng bằng đường tần số 28 (xem Fig.8) được tạo ra bằng cách cắt ngang mặt tần số bằng mặt phẳng đi qua các trục (ξ, z) .

Tiếp đó, dựa trên các giá trị của góc θ_m , giá trị v_{xy} được xác định, nghĩa là độ lớn của thành phần vector vận tốc trong mặt phẳng vuông góc với hướng phát xạ v_{xy} , và giá trị v_R là độ lớn của thành phần xuyên tâm của vector vận tốc của mục tiêu khí tượng, cũng như thành phần thẳng đứng v_y và thành phần nằm ngang v_x của toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng.

Khi xác định độ lớn của các thành phần v_{xy} và v_R của vector vận tốc, sử dụng phép tính gần đúng tuyến tính của phân bố tần số $f_d(x, y)$ trên mặt phẳng phản xạ A. Tần số của các tín hiệu được xem là tần số điều chỉnh giữa m bộ lọc tương ứng trong các bộ lọc số của kênh toàn phần và kênh đo vi sai để tạo ra vector theo hướng m của tần số xấp xỉ f.

Ở các điều khiển được chấp nhận đối với phép tính gần đúng tuyến tính của phân bố tần số $f_d(x, y)$, giá trị gần đúng của góc θ và tần số f được kết hợp với các tham số đo được của thành phần xuyên tâm của vận tốc v_R của vector vận tốc của mục tiêu khí tượng và thành phần phương vị v_{xy} của vector vận tốc của mục tiêu khí tượng nhờ công thức tuyến tính sau đây:

$$\mathbf{f} = \frac{2}{\lambda} (\vec{v}_R + \vec{v}_{xy} \theta)$$

trong đó ký hiệu γ biểu thị giá trị chưa xác định (có thể tính toán được). Theo các tính toán dựa trên tính chất tuyến tính của mặt tần số $f_d(x, y)$, mây dự đoán góc đã

được tính toán xấp xỉ nhờ đường tần số 28 (xem Fig.8) được tạo ra bằng cách cắt mặt tần số bằng một mặt phẳng đi qua trục (5). Tần số xác định các tham số của các trục (ξ, z) (xem Fig.5). Đường tần số được xác định bởi các tham số:

$$\tilde{f}_0 = \frac{2\tilde{v}_R}{\lambda}, \quad \tilde{k}_{xy} = \frac{2\tilde{v}_{xy}}{\lambda},$$

trong đó $\tilde{f}_0$ là độ dịch chuyển của đường tần số trên trục f và $\tilde{k}_{xy}$ là hệ số nghiêng của đường tần số. Khi thế các tham số này vào công thức (1), thu được hệ các công thức tuyến tính có dạng:

$$\mathbf{f} = \tilde{f}_0 + \tilde{k}_{xy} \theta$$

Phép tính xấp xỉ của mây dự đoán góc nhờ đường tần số 28 được thực hiện bằng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính có sử dụng tiêu chuẩn độ lệch chuẩn tối thiểu. Các giá trị $\tilde{f}_0$ và $\tilde{k}_{xy}$ được xác định bằng công thức:

$$\tilde{k}_{xy} = \frac{(\sum_m \hat{f}_m)^2 - M \sum_m \hat{f}_m^2}{\sum_m \hat{f}_m \sum_m \hat{\theta}_m - M \sum_m \hat{f}_m \hat{\theta}_m},$$

$$\tilde{f}_0 = \frac{-1}{M} (\tilde{k}_{xy} \sum_m \hat{\theta}_m - \sum_m \hat{f}_m).$$

Từ các giá trị $\tilde{f}_0$ và $\tilde{k}_{xy}$ thu được, có thể tính toán được giá trị của thành phần xuyên tâm v_R và thành phần phương vị v_{xy} của vector vận tốc chuyển động của mục tiêu khí tượng:

$$\tilde{v}_R = \frac{\lambda \tilde{f}_0}{2}, \quad \tilde{v}_{xy} = \frac{\lambda \tilde{k}_{xy}}{2}.$$

Các giá trị của thành phần phương vị $\tilde{v}_{xy}$ của vector vận tốc và góc quay anten θ_{xy} được sử dụng để xác định giá trị của thành phần thẳng đứng v_y và thành phần nằm ngang v_x của toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng nhờ các công thức sau:

$$\tilde{v}_x = \tilde{v}_{xy} \cos \theta_{xy}, \quad \tilde{v}_y = \tilde{v}_{xy} \sin \theta_{xy}.$$

Fig.9 là đồ thị thể hiện các ví dụ về sự phụ thuộc của các giá trị $\tilde{v}_R, \tilde{v}_{xy}$ thu được bằng kỹ thuật mô phỏng và được xác định nhờ phương pháp theo sáng chế vào độ

chính xác của phép đo góc $\hat{\theta}$ khi áp dụng cho radar khí tượng theo sáng chế để thu thập tín hiệu trong thời khoảng $T = 1$ giây. Do đó, giá trị thực của vận tốc được xác định trong mô hình này là: 5 m/s, 10 m/s. Sai số khi thực hiện phép đo góc $\hat{\theta}$ được xác định trước bằng phân bố chuẩn với độ lệch trung bình và độ lệch chuẩn.

Từ các kết quả mô phỏng và với khoảng giá trị định trước σ_{θ} , sai số khi đo thành phần xuyên tâm của vận tốc v_r là thấp và có giá trị cỡ vài cm/s và chỉ phụ thuộc mức độ nhỏ vào độ chính xác của phép đo góc. Sai số của phép đo thành phần vận tốc phương vị v_{xy} gia tăng theo sự gia tăng sai số σ_{θ} của phép đo góc $\hat{\theta}$ và có thể đạt tới cỡ vài mét/s, tuy nhiên sai số này duy trì chấp nhận được trong việc quan trắc khí tượng nếu các sai số của phép đo góc $\hat{\theta}$ đáp ứng tiêu chuẩn $\sigma_{\theta} < 1^{\circ}$.

Như vậy, phương pháp và thiết bị đo từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế cho phép đo được các thành phần cấu thành toàn bộ vector vận tốc trong một vùng không gian giới hạn được xác định bởi độ rộng của đồ thị bức xạ toàn phần của anten radar khí tượng với độ chính xác đủ cho việc quan trắc khí tượng và cao hơn so với độ chính xác của các radar khí tượng theo kỹ thuật đã biết trong khoảng thời gian tương đối ngắn.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Phương pháp radar để đo từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng theo sáng chế có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị thực hiện theo sáng chế có dạng radar khí tượng bằng cách sử dụng các thiết bị và trang bị phần cứng phù hợp đã biết và áp dụng phương pháp đo góc đơn xung và áp dụng phương pháp phân tích hồi qui để xác định các thành phần vector vận tốc của mục tiêu khí tượng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp radar để đo từ xa toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng, phương pháp này bao gồm các bước:

phát tín hiệu radar xung thăm dò phù hợp vào không gian;

thu, khuếch đại và dò phù hợp các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng, một kênh phân giải phạm vi được cấp phát theo độ trễ thời gian của các tín hiệu này và các tín hiệu trong kênh phân giải phạm vi này được biến đổi thành dạng dữ liệu số;

xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách xử lý dữ liệu khí tượng,

khác biệt ở chỗ,

việc thu các tín hiệu vô tuyến phản xạ được thực hiện đồng thời trong đồ thị bức xạ anten toàn phần và hai đồ thị bức xạ anten vi sai trong mặt phẳng thẳng đứng và mặt phẳng nằm ngang trong khoảng thời gian tích lũy định trước của các tín hiệu vô tuyến phản xạ;

các tín hiệu nhận được được định tuyến riêng biệt vào kênh thu thẳng đứng vi sai, kênh thu nằm ngang vi sai và kênh thu toàn phần lần lượt tương ứng với các đồ thị bức xạ anten, trong đó các tín hiệu này được khuếch đại và được dò phù hợp, và kênh phân giải phạm vi được cấp phát theo độ trễ thời gian khi thu các tín hiệu vô tuyến trong từng kênh thu này, các tín hiệu vô tuyến nhận được được biến đổi bằng kỹ thuật số thành các mảng dữ liệu đầu vào trong từng kênh thu tương ứng đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

các mảng dữ liệu đầu vào nêu trên được đưa vào lọc dải hẹp trong M kênh lọc có trong ba kênh thu một tập hợp tương tự của các tần số giữa để điều chỉnh bộ lọc trong đó đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát trong từng kênh thu, xác định phổ tần số có dạng M giá trị của các biên độ phổ tần số trong từng kênh lọc này;

các giá trị trung bình của các biên độ phổ của tần số tín hiệu trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai được so sánh với một kênh phân giải phạm vi được cấp phát trước đó và tất cả các đồ thị bức xạ anten được quay quanh trục phát xạ cho đến khi đạt đến chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các biên độ phổ này trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai trong khi

thực hiện liên tục các hoạt động liên quan tới việc phát tín hiệu dò, thu riêng biệt các tín hiệu phản xạ trong các kênh thu theo các đồ thị bức xạ anten trong khoảng thời gian tích lũy để cấp phát trong đó kênh phân giải phạm vi theo độ trễ thời gian thu bằng cách biến đổi theo kỹ thuật số các tín hiệu vô tuyến nhận được thành mảng dữ liệu đầu vào và bằng kỹ thuật lọc như nêu trên;

góc quay của đồ thị bức xạ anten được xác định nhờ chênh lệch cực đại thu được giữa các giá trị trung bình của các biên độ phổ trong kênh thu thẳng đứng vi sai và kênh thu nằm ngang vi sai và từ hai kênh thu vi sai này, một kênh thu vi sai có giá trị trung bình của các biên độ phổ tần số lớn hơn được chọn làm kênh đo và trong đó thực hiện các hoạt động sau:

trong kênh thu toàn phần và kênh đo nêu trên đối với từng cặp trong số M bộ lọc có cùng tần số điều chỉnh giữa đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát, M giá trị của góc thu tín hiệu được xác định bằng cách cùng xử lý các độ lớn phổ tần số của tín hiệu trong kênh toàn phần và kênh đo bằng cách áp dụng phương pháp đơn xung;

độ lớn của thành phần xuyên tâm của vận tốc và độ lớn của thành phần phương vị vuông góc của vận tốc mục tiêu khí tượng được xác định bằng cách cùng xử lý M giá trị thu được của góc thu tín hiệu bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính;

độ lớn của thành phần xuyên tâm của vận tốc và độ lớn của thành phần phương vị vuông góc của vận tốc mục tiêu khí tượng được xác định bằng cách cùng xử lý M giá trị thu được của góc thu tín hiệu bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính;

xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách tính toán độ lớn của các vector bao gồm thành phần thẳng đứng và thành phần nằm ngang cấu thành vận tốc mục tiêu khí tượng dựa trên các giá trị đo được của hệ số tỉ lệ lượng giác của thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng và góc quay anten nêu trên.

2. Thiết bị đo từ xa vector vận tốc của mục tiêu khí tượng, thiết bị này là radar khí tượng bao gồm:

bộ tạo tín hiệu xung để điều biến tín hiệu phát;

bộ phát tạo ra tín hiệu dò phù hợp;

anten phát tín hiệu radar thăm dò vào không gian và thu các tín hiệu vô tuyến phản xạ từ mục tiêu khí tượng;

bộ thu thực hiện khuếch đại và dò phù hợp các tín hiệu vô tuyến nhận được, trong đó kênh phân giải phạm vi được cấp phát theo độ trễ thời gian của các tín hiệu này và biến đổi bằng kỹ thuật số các tín hiệu vô tuyến phản xạ thành các mảng dữ liệu đầu vào trong từng kênh thu tương ứng với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

bộ xử lý dữ liệu để xác định toàn bộ vector vận tốc của mục tiêu khí tượng, khác biệt ở chỗ,

anten là anten phương vị đơn xung có khả năng thu các tín hiệu phản xạ từ các mục tiêu khí tượng đồng thời trong đồ thị bức xạ anten toàn phần và hai đồ thị bức xạ anten vi sai trong mặt phẳng thẳng đứng và mặt phẳng nằm ngang và có cơ cấu để quay ba đồ thị bức xạ anten này quanh trục phát xạ tín hiệu dò (z);

bộ thu (13) có ba kênh thu giống nhau lần lượt thực hiện khuếch đại và dò phù hợp riêng biệt đối với các tín hiệu thu được nhờ đồ thị bức xạ anten toàn phần và các đồ thị bức xạ anten vi sai, cấp phát trong đó kênh phân giải phạm vi theo độ trễ thời gian của chúng, và biến đổi bằng kỹ thuật số các tín hiệu vô tuyến nhận được thành các mảng dữ liệu đầu vào đối với từng kênh thu tương ứng với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

bộ xử lý dữ liệu (14) bao gồm:

khối (15) bao gồm các bộ lọc số (21, 22, 23) có M bộ lọc trong từng kênh toàn phần và kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai để thực hiện lọc dải hẹp đối với từng mảng dữ liệu đầu vào trong kênh thu tương ứng để thu được M giá trị của các biên độ phổ tần số của các tín hiệu vô tuyến đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

bộ điều khiển anten (16) thực hiện:

so sánh M giá trị trung bình của các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong các bộ lọc (22, 23) của kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai và gửi tới cơ cấu quay đồ thị bức xạ anten của anten (12) tín hiệu điều khiển tạo ra chuyển động quay của các đồ thị bức xạ anten quanh trục phát xạ tín hiệu dò (z) cho đến khi đạt đến chênh lệch cực đại giữa các giá trị trung bình của các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong các bộ lọc (22, 23) của kênh thẳng đứng vi sai và kênh nằm ngang vi sai;

chọn từ hai kênh vi sai nêu trên một kênh vi sai có giá trị lớn hơn đối với độ lớn trung bình của phổ tần số trong các bộ lọc (22, 23) làm kênh đo;

xác định góc quay của các đồ thị bức xạ anten;

thiết bị tính toán (17) để xử lý các tín hiệu nêu trên lần lượt trong các hoạt động:

xác định M giá trị của góc thu tín hiệu bằng cách cùng xử lý các độ lớn phổ tần số của các tín hiệu trong kênh toàn phần và kênh đo bằng cách áp dụng phương pháp đơn xung đối với từng cặp trong số M bộ lọc trong các kênh lọc và trong kênh thu toàn phần và kênh đo nêu trên có cùng tần số điều chỉnh giữa đối với kênh phân giải phạm vi được cấp phát;

xác định độ lớn của thành phần xuyên tâm và độ lớn của thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng vuông góc với thành phần xuyên tâm bằng cách cùng xử lý M giá trị thu được của góc thu tín hiệu bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi qui tuyến tính; và

xác định toàn bộ vectơ vận tốc của mục tiêu khí tượng bằng cách tính toán độ lớn của thành phần thẳng đứng và thành phần nằm ngang của vận tốc mục tiêu khí tượng dựa trên các mối tương quan lượng giác để thu được độ lớn của thành phần phương vị của vận tốc mục tiêu khí tượng và góc quay anten nêu trên.

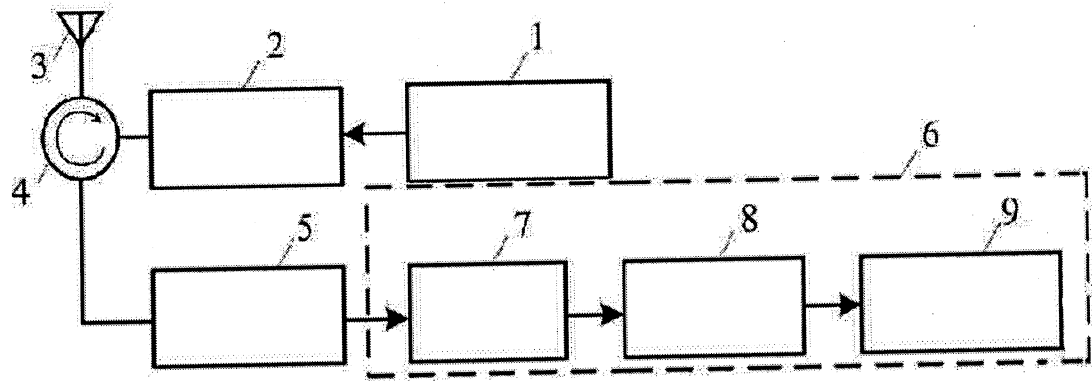


Fig.1

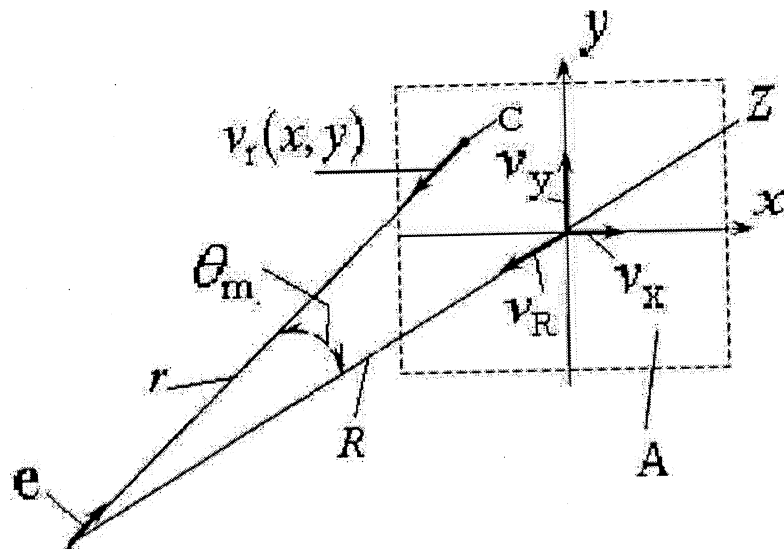


Fig.2

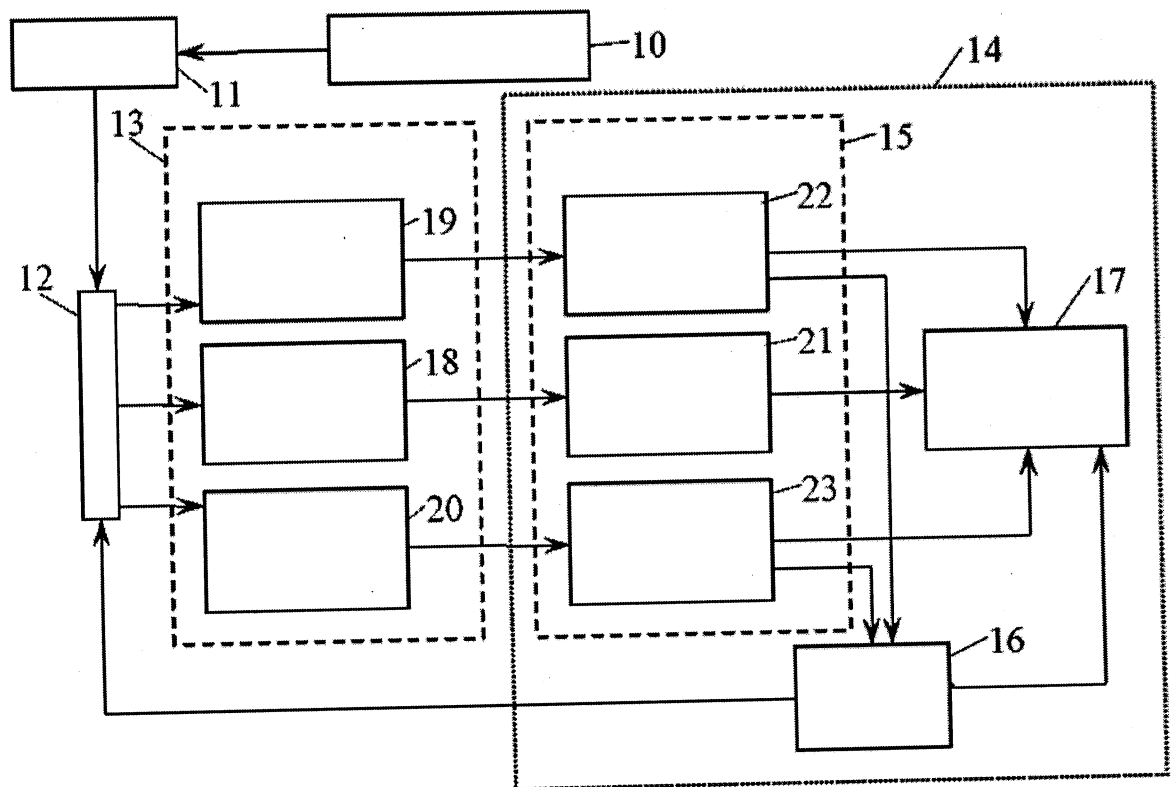


Fig.3

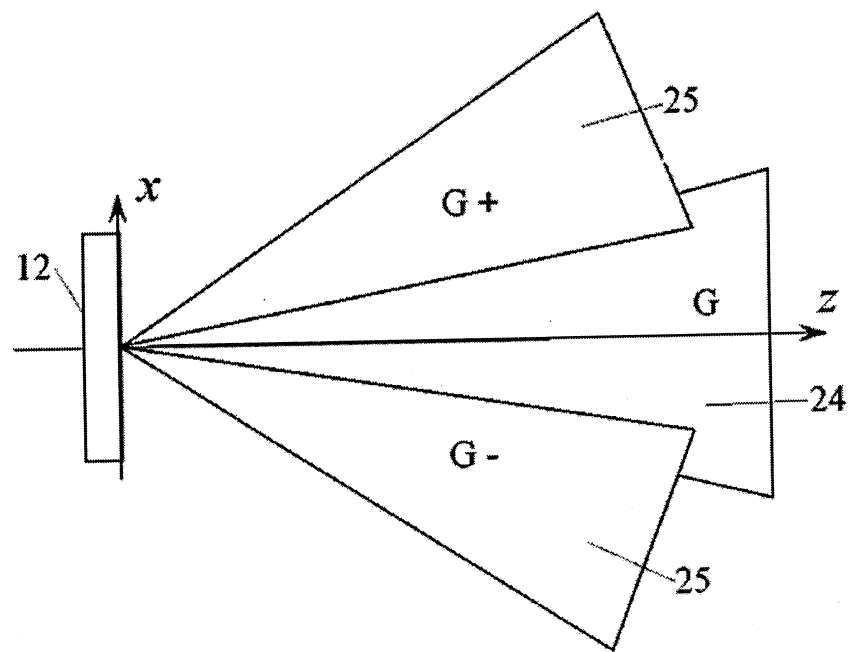


Fig. 4

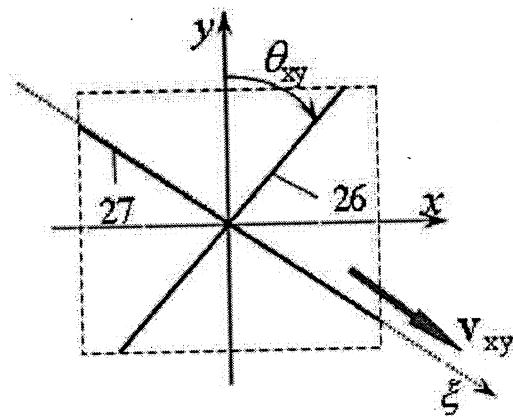


Fig. 5

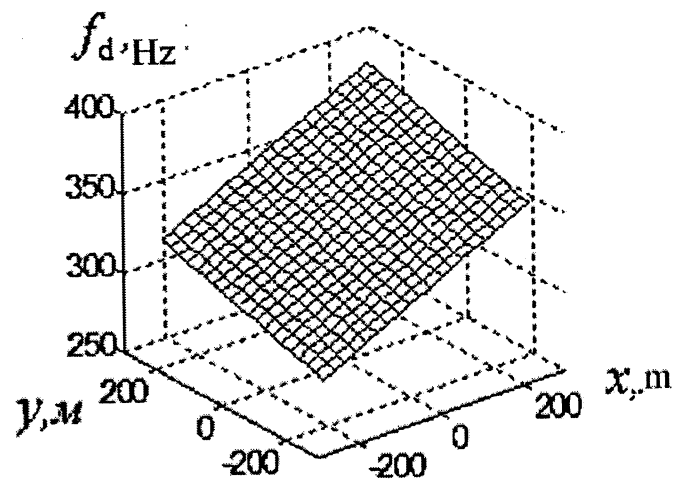


Fig.6

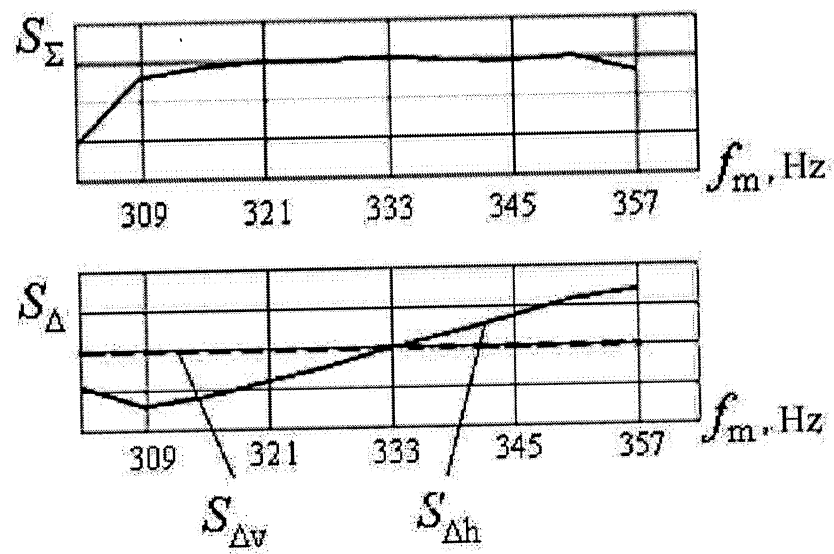


Fig.7

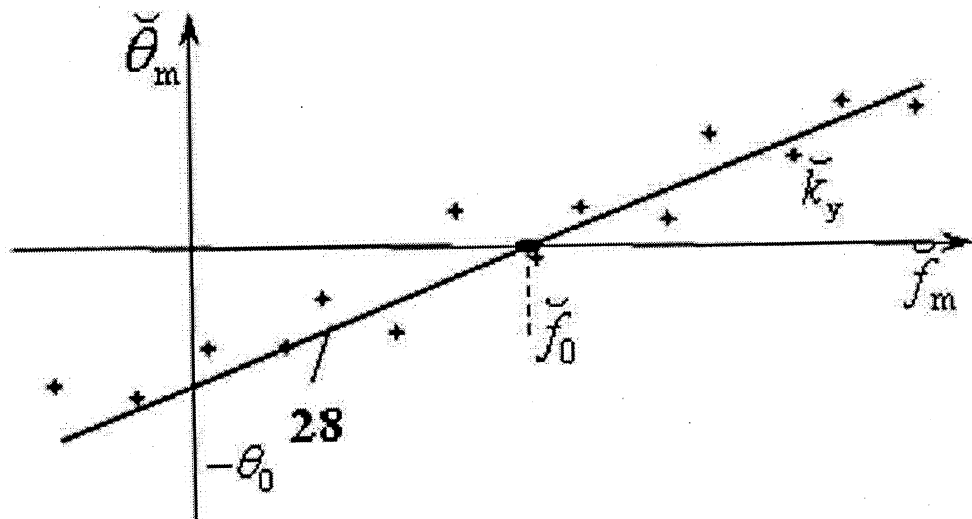


Fig.8

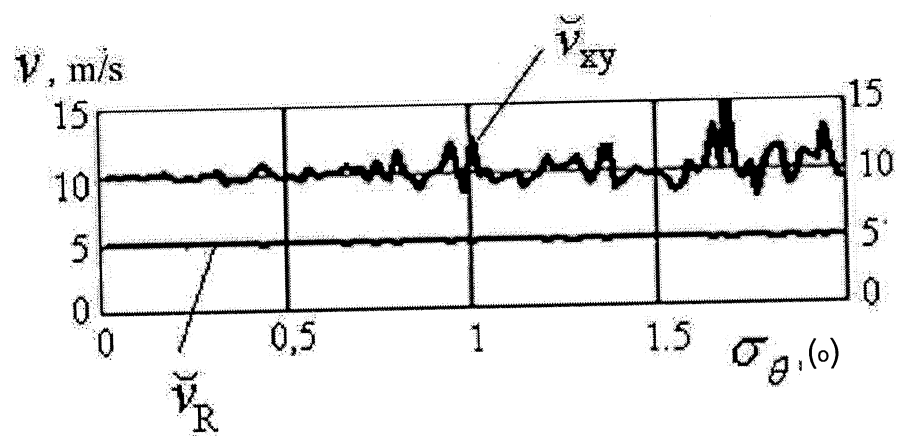


Fig.9