



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110731** (13) **C2**
(51) МПК
G01S 13/95 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

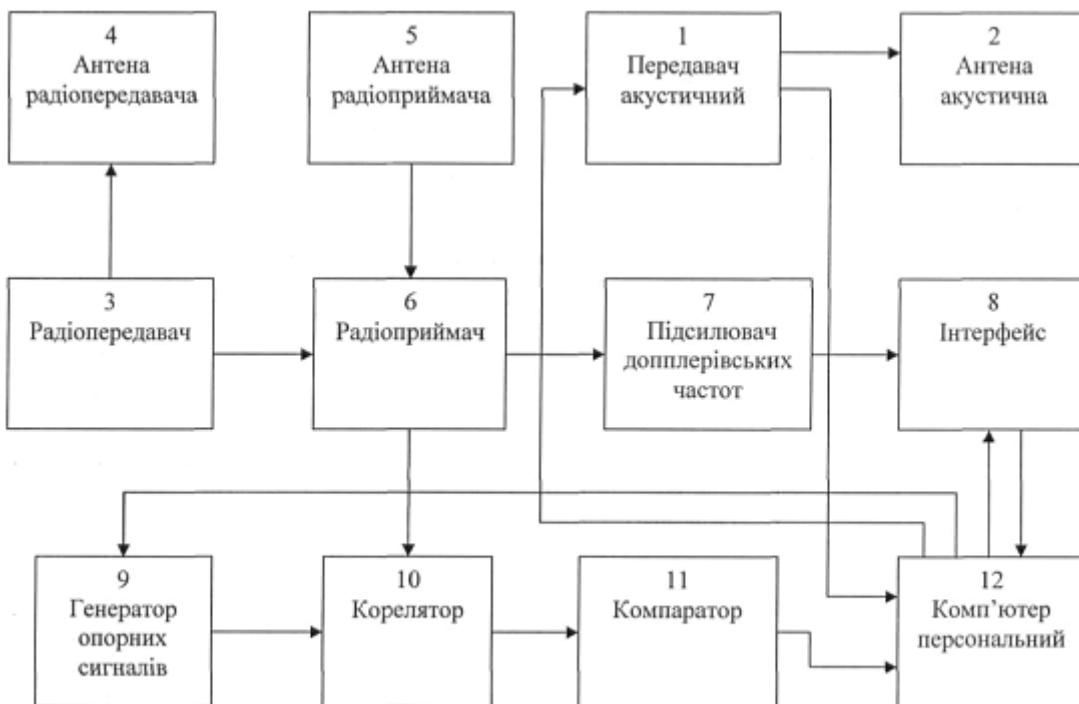
<p>(21) Номер заявки: а 2014 03903</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.04.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.02.2016</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 26.10.2015, Бюл.№ 20</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2016, Бюл.№ 3</p>	<p>(72) Винахідник(и): Бабкін Станіслав Іванович (UA), Карташов Володимир Михайлович (UA), Кушнір Маргарита Володимирівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНИКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 89344 C2, 11.01.2010. UA 97612 C2, 27.02.2012. SU 1130809 A, 23.12.1984. RU 2196345 C2, 10.01.2003. US 6456227 B2, 24.09.2002. US 4351188 A, 28.09.1982. JP H0990034 A, 04.04.1997. Бабкин С.И. Измерение горизонтальной скорости ветра в локальном объеме атмосферы радиоакустическим зондированием./С.И. Бабкин// Труды X Всесоюзного симпозиума по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. Ч.2. - Томск. ИОА ТФ СО АН СССР. - 1989. Обзор методов и средств ветрового зондирования атмосферы. / В.В.Стерлядкин, А.Г. Горелик, Г.Г.Щукин//Проблемы дистанционного зондирования, распространения и дифракции радиоволн [Электронный ресурс]: Конспекты лекций/ III Всероссийские Армандовские чтения: молод. школа. - Муром: Изд. - полиграф. центр МИ ВлГУ. - 2013. [Интернет-публикация], URL: http://www.mivlgu.ru/conf/armand2013/lecture-2013/pdf/lec_2.pdf (знайдено 03.08.2015) Максимова Н.Г. Поширення функціональних можливостей радіоелектронної системи комплексного вертикального зондування атмосферного пограничного шару : автореф. дис... канд.техн. наук: 05.12.17/ Н.Г. Максимова. - ХНУРЕ. - 2002.</p>
---	---

(54) СПОСІБ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ВІТРУ РАДІОАКУСТИЧНИМ ЗОНДУВАННЯМ АТМОСФЕРИ

UA 110731 C2

(57) Реферат:

Винахід належить до радіолокаційної метеорології. Спосіб дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний імпульс з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним імпульсом, вимірюють доплерівський зсув частоти електромагнітного сигналу, відбитого від акустичного імпульсу з заданої висоти траси зондування. Одночасно послідовно перемножують вихідний сигнал радіоприймача з сигналами генератора опорних сигналів, порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів корелятора та визначають максимальну із них. Опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функції розсіювання. По максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу корелятора визначають значення параметра розстроювання умови Брега. Доплерівський зсув частоти електромагнітного сигналу використовують для розрахунку швидкості розповсюдження акустичного імпульсу, яка визначається дією температури повітря. По значенню отриманого параметра розстроювання умови Брега розраховують віртуальну швидкість розповсюдження акустичного імпульсу, яка визначається дією температури та вітру. По різниці розрахованих швидкостей розповсюдження акустичного імпульсу розраховують горизонтальну швидкість вітру. Вимірювання горизонтальної швидкості вітру з використанням одночасного доплерівського та кореляційного оброблення прийнятих радіосигналів дає можливість отримати підвищену точність визначення горизонтальної швидкості вітру за рахунок використання двох параметрів прийнятого радіосигналу (амплітуди і частоти) для отримання метеорологічної інформації.



Фіг. 1

Винахід належить до радіолокаційної метеорології, а саме до радіоакустичних способів вимірювання метеорологічних величин атмосфери, і може бути використаний при складанні короткострокових прогнозів погоди, при метеорологічному забезпеченні екологічного моніторингу атмосфери та безпеки зльоту і посадки літальних апаратів різного призначення, у дослідженнях з фізики атмосфери і таке інше.

Відомий спосіб радіоакустичного зондування атмосфери для дистанційної реєстрації вертикального профілю температури повітря [Карташов В.М., Бабкін С.І., Волох. А.В., Семеняка А.В., Пашенко С.В., Яценко П.О. Спосіб радіоакустичного зондування атмосфери для дистанційної реєстрації вертикального профілю температури повітря. Патент № 89344. Опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1]. У способі радіоакустичного зондування атмосфери для дистанційної реєстрації вертикального профілю температури повітря, що полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний імпульс з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним імпульсом, послідовно перемножують вихідний сигнал радіоприймача з кожного рівня траси зондування з сигналом кожного з 1,2,...N генераторів опорних, порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів корелятора з кожного рівня траси зондування та визначають максимальний із них, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функції розсіювання для кожного рівня траси зондування, по максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу корелятора з кожного рівня траси зондування визначають параметр розстроювання умови Брега q для кожного рівня траси зондування, який використовують для розрахунку температури повітря для кожної точки вертикального профілю температури повітря.

Недоліком цього способу є неможливість вимірювання горизонтальної швидкості вітру.

Відомий спосіб дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондування (РАЗ) атмосфери (Бабкін С.І. Измерение горизонтальной скорости ветра в локальном объеме атмосферы радиоакустическим зондированием. В кн. Труды X Всесоюзного симпозиума по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. 4.2.- Томск, ИОА ТФ СО АН СССР.-1989.- С. 79-83.) базується на випромінюванні у атмосферу під кутом місця α акустичного імпульсу, який є своєрідним зондом і одночасно ціллю для доплерівської радіолокаційної станції. Доплерівський зсув частоти відбитих від акустичного імпульсу радіосигналів f_d розраховується згідно з виразом:

$$f_d = \frac{2C_a}{\lambda_e} = \frac{2(a\sqrt{T} + \omega)}{\lambda_e}, \quad (1)$$

де C_a - швидкість акустичного імпульсу, м/с; λ_e - довжина хвилі електромагнітного випромінювання, м; T - температура повітря у градусах Кельвіна, a - коефіцієнт, який слабо залежить від вологості повітря, м/с(°C)², ω - проекція швидкості вітру на напрямок зондування, м (зі своїм знаком) [див., наприклад, Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. - М.: Наука. 1985. - 195 с.].

У випадку виконання умови Брега, а саме $\lambda_e = 2\lambda_a$ (тут λ_a - довжина хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу), що є фізичною основою для реалізації методу РАЗ, частота синусоїдального заповнення акустичного імпульсу дорівнює частоті доплерівського зсуву частоти відбитих від акустичного імпульсу радіосигналів, тобто

$$f_d = f_a \cdot (2)$$

Оскільки частота синусоїдального заповнення акустичного імпульсу f_a , який розповсюджується вздовж траси зондування під кутом місця α , з врахуванням доплерівського зсуву під дією радіального (вздовж радіопроменя) вітру визначається виразом

$$f_a = f_a^1 + \frac{\omega}{\lambda_a}, \quad (3)$$

де f_a^1 - частота випромінених акустичних хвиль.

Розрахунок горизонтальної швидкості вітру проводять згідно з виразом

$$\omega = \frac{\lambda_e f_a f_d - f_a}{2 f_d \cos \alpha}, \quad (4)$$

отриманого з наведених вище виразів способу-аналога з доплерівською обробкою прийнятих радіосигналів.

Недоліком цього способу є невисока точність вимірювання через необхідність зондування під деяким кутом до поверхні, яка підстеляє, через що зменшується відношення корисного радіосигналу до шуму на вході приймача доплерівської радіолокаційної станції. Високий рівень шуму під час такого зондування обумовлюється наявністю відбиттів електромагнітного випромінювання від місцевих предметів.

Найближчим за технічною суттю до заявленого є спосіб дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери, згідно з яким радіоакустичне зондування атмосфери проводять вертикально угору, приймають радіосигнали, відбиті від акустичного імпульсу при його розповсюдженні вздовж траси зондування, вимірюють амплітуду прийнятих сигналів у трьох заданих точках кривої, яка огинає амплітуди прийнятих сигналів; надалі значення прийнятих амплітуд використовують для розрахунку горизонтальної швидкості вітру у заданому шарі атмосфери [Бабкин С.И., Панченко А.Ю., Прошкин Е.Г., Ульянов Ю.Н. Измерение вектора скорости горизонтального ветра вертикальным радиоакустическим зондированием. В кн. Труды IX Всесоюзного симпозиума по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. 4.2. Исследование метеопараметров атмосферы. - Томск.- ИОА ТФ СО АН СССР.-1986 - С. 153-157.]

Недоліком такого способу дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери є недостатня точність вимірювань через необхідність використання трьох послідовних амплітудних вимірювань, які є найменш точними з усіх радіотехнічних вимірювань.

В основу винаходу способу дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери поставлена задача забезпечення високої точності вимірювання горизонтальної швидкості вітру шляхом використання комбінованого - доплерівського та кореляційного - оброблення прийнятих радіосигналів.

Ця задача вирішена у такий спосіб. У способі дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери, який полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний імпульс з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним імпульсом, вимірюють доплерівський зсув частоти електромагнітного сигналу, відбитого від акустичного імпульсу з заданої висоти траси зондування, одночасно послідовно перемножують вихідний сигнал радіоприймача з сигналами генератора опорних сигналів, порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів корелятора та визначають максимальну із них, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функції розсіювання, по максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу корелятора визначають значення параметра розстроювання умови Брега, згідно з винаходом, доплерівський зсув частоти електромагнітного сигналу використовують для розрахунку швидкості розповсюдження акустичного імпульсу, яка визначається дією температури повітря, по значенню отриманого параметра розстроювання умови Брега розраховують віртуальну швидкість розповсюдження акустичного імпульсу, яка визначається дією температури та вітру, а по різниці розрахованих швидкостей розповсюдження акустичного імпульсу розраховують горизонтальну швидкість вітру.

На фіг. 1 подано структурну схему пристрою для реалізації пропонованого способу.

На фіг. 2 для роз'яснення пропонованого способу подано головну пелюстку функції

$$\left(\frac{\sin x}{x}\right)^2$$

[див., наприклад, Каллистратова М, А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы.- М.: Наука. 1985. - 195 с.], яка описує залежність амплітуди прийнятих радіосигналів від значення параметра розстроювання умови Брега q .

Розглянемо більш докладно пропонований спосіб.

У процесі радіоакустичного зондування атмосфери і вертикальному розповсюдженні акустичного імпульсу амплітуда електромагнітних коливань, відбитих акустичним імпульсом, залежить від технічних параметрів апаратури радіоакустичного зондування, заданої висоти зондування та ряду метеорологічних величин, значення яких створюють наявну метеорологічну ситуацію [см., наприклад, Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование.- М.: Наука, 1985. - 195 с.]. Як доведено у роботі [Прошкин Е.Г., Карташов В.М., Бабкин С.И., Волох А.В. Современное состояние, проблемы и перспективы систем радиоакустического зондирования.- Радиотехника. Всеукр. научн.-техн. сб. - 2010. Вып. 150. С. 5-16.] найбільший

вплив на зменшення амплітуди прийнятих радіосигналів спричиняє горизонтальний вітер, який виносить акустичний імпульс з діаграм скерованості радіоантен, що при кореляційній обробці прийнятих радіосигналів викликає суттєві похибки вимірювання температури [див., наприклад, Бабкин С.И., Кушнир М.В. Влияние горизонтального ветра на амплитудную структуру сигнала систем радиоакустического зондирования. - Радиотехника. Всеукр. научн.-техн. сб. - 2013. Вып. 175. С. 114-119.].

При кореляційній обробці сигналів радіоакустичного зондування для добування даних про метеорологічні величини інформаційним параметром є параметр розстроювання умови Брега q . Оскільки у даному випадку для визначення q використовується саме амплітуда прийнятих радіосигналів, то, враховуючи переважаючий внесок вітру в послаблення амплітуди радіосигналів, доцільно використати даний ефект для вимірювання горизонтальної швидкості вітру.

За відсутності вітру амплітуда прийнятих із заданої висоти радіосигналів дорівнюватиме A_T , яка відповідає значенню q_1 та визначається лише дією зміни температури з висотою на швидкість акустичного імпульсу C_a (див. фіг. 2). За наявності вітру значення амплітуди прийнятих радіосигналів з тієї ж висоти становитиме A_Σ , яке визначається сумарною дією температури та вітру на значення амплітуди цих сигналів, якому відповідає значення вже параметра q_2 , якому, в свою чергу, відповідає віртуальна швидкість акустичного імпульсу C_{a1}^1 .

Для розділення впливу температури повітря та горизонтального вітру на результати вимірювання горизонтального вітру доцільно використати два види одночасної обробки прийнятих радіосигналів: доплерівську та кореляційну. Згідно з пропонуваним способом, для заданої висоти h_1 , траси зондування за допомогою доплерівської обробки знаходять доплерівський зсув частоти прийнятого радіосигналу f_{d1} , отримане значення доплерівського зсуву використовують для розрахунку швидкості акустичного імпульсу C_a за рахунок

температури повітря на заданій висоті $h_1 - C_{a1} = \frac{f_{d1}\lambda_e}{2}$ (4), за допомогою кореляційної

обробки знаходять q_1 та розраховують значення $C_{a1}^1 = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f_e}{c} - q_1}$ (5), а значення

горизонтальної швидкості вітру отримують за формулою

$$W_r = C_{a1}^1 - C_{a1} = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f_e}{c} - q_1} - \frac{f_{d1}\lambda}{2} \quad (6)$$

Реалізація запропонованого способу здійснюється у такий спосіб.

Реєстрацію вертикального профілю температури повітря проводять за допомогою системи радіоакустичного зондування. При цьому вертикально угору випромінюють акустичний імпульс, який опромінюють електромагнітними коливаннями. Параметри акустичного імпульсу - частоту синусоїдального заповнення f_a , тривалість та період повторення - формують за допомогою звукової карти персонального комп'ютера. Значення цих параметрів вибирають у такий спосіб, щоб умова Брега виконувалась на першій точці траси зондування. Для цього термометром вимірюють приземну температуру повітря T на рівні верхнього зрізу акустичної антени, далі розраховують швидкість звуку за наближеною формулою $C_a = 20\sqrt{T}$ і довжину акустичної хвилі λ_a , необхідної для виконання умови Брега на цьому рівні для заданої довжини хвилі електромагнітного коливання системи радіоакустичного зондування за формулою $f_a = C_a / \lambda_a$.

Відбиті від акустичного імпульсу електромагнітні коливання приймають, підсилюють, з вихідного сигналу радіоприймача виділяють та підсилюють сигнал доплерівського зсуву частоти f_d , перетворюють аналоговий сигнал доплерівського зсуву частоти у цифровий (за допомогою аналого-цифрових перетворювачів) та обчислюють (наприклад, методом швидкого перетворення Фур'є - ШПФ) значення частоти доплерівського зсуву, яке використовують для розрахунку швидкості акустичного імпульсу C_a за рахунок температури повітря на заданій

висоті h_1 . Одночасно з доплерівським обробленням перемножують вихідний сигнал радіоприймача з сигналом генератора опорних сигналів, порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів корелятора та визначають максимальний із них, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функції розсіювання, по максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу корелятора визначають значення параметра

розстроювання умови Брега q_1 та розраховують значення $C_{a1}^1 = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f}{c} - q_1}$, а значення

горизонтальної швидкості вітру отримують за формулою (6)

$$W_r = C_{a1}^1 - C_{a1} = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f}{c} - q_1} - \frac{f_{d1}\lambda}{2}.$$

Розрахунки частоти доплерівського зсуву та значення параметра розстроювання умови Брега q для наступних точок вертикального профілю горизонтальної швидкості вітру виконуються за командами, які формує персональний комп'ютер. Він же задає - при необхідності - кількість зондувань (тривалість часу необхідного осереднення одиничних профілів горизонтальної швидкості вітру, що традиційно для вимірювань у метеорології) та термін виводу профілю на екран монітора або до зовнішніх засобів відображення метеорологічної інформації.

Розглянемо пристрій для реалізації пропонованого способу. Структурна схема пристрою наведена на фіг. 1. Пристрій містить передавач акустичний 1, вхід якого підключено до першого виходу комп'ютера персонального 12, перший вихід передавача акустичного 1 підключено до входу антени акустичної 2, а другий вихід передавача акустичного 1 підключено до першого входу комп'ютера персонального 12, радіопередавач 3, перший вихід якого підключено до входу антени радіопередавача 4, а другий - до першого входу радіоприймача 6, до другого входу радіоприймача 6 підключено вихід антени радіоприймача 5, перший вихід радіоприймача 6 підключено до підсилювача доплерівських частот 7, а другий вихід радіоприймача 6 підключено до першого входу корелятора 10, генератор опорних сигналів 9, вхід якого підключено до другого виходу комп'ютера персонального 12, а вихід - до другого входу корелятора 10, вхід корелятора 10 підключено до входу компаратора 11, вихід якого підключено до другого входу комп'ютера персонального, інтерфейс 8, перший вхід якого підключено до виходу підсилювача доплерівських частот 7, а другий вхід - до третього виходу комп'ютера персонального 12, а вихід інтерфейса 8 підключено до третього входу комп'ютера персонального 12.

Робота пристрою. Перед зондуванням у персональний комп'ютер 12, програма роботи якого має п'ять підпрограм: підпрограму зондування, підпрограму формування акустичного імпульсу, підпрограму ШПФ та підпрограму розрахунків горизонтальної швидкості вітру по даних доплерівського та кореляційного оброблення прийнятих радіосигналів, вводяться дані: про дату та час зондування, довжину електромагнітної хвилі, тривалість та період повторення акустичного імпульсу, кількість рівнів вимірювання горизонтальної швидкості вітру на трасі зондування та значення приземної температури повітря. Радіопередавач 3 генерує неперервні коливання високої частоти з високою стабільністю та заданою потужністю, які подаються на вхід антени радіопередавача 4, де перетворюються у електромагнітні коливання та випромінюються вертикально угору. За командою "Пуск" персональний комп'ютер 12 за допомогою звукової карти генерує акустичний імпульс заданої тривалості та заданим періодом повторення, який подається на вхід передавача акустичного 1, у якому звукові коливання підсилюються до заданої потужності і з виходу якого подаються до входу антени акустичної 2, за допомогою якої електричні коливання звукової частоти перетворюються у потужні акустичні коливання, які випромінюються у напрямку зондування атмосфери. Відбиті від акустичного імпульсу електромагнітні коливання за умови Брега антеною радіоприймача 5 перетворюються у електричні коливання, поступають на вхід радіоприймача 6, де за допомогою частки потужності коливань радіопередавача 3 виділяється сигнал доплерівського зсуву частоти цих коливань, який підсилюється у підсилювачі доплерівських частот 7 та у цифровій формі подається на вхід інтерфейсу 8 і, далі, на вхід персонального комп'ютера 12 для обчислення значень частоти доплерівського зсуву f_{d1} наприклад, за методом ШПФ. Вихідні сигнали радіоприймача 6 з другого виходу подаються на вхід корелятора 10, на другий вхід якого подаються сигнали генератора опорних сигналів 9, які формують у відповідності до функції розсіювання по

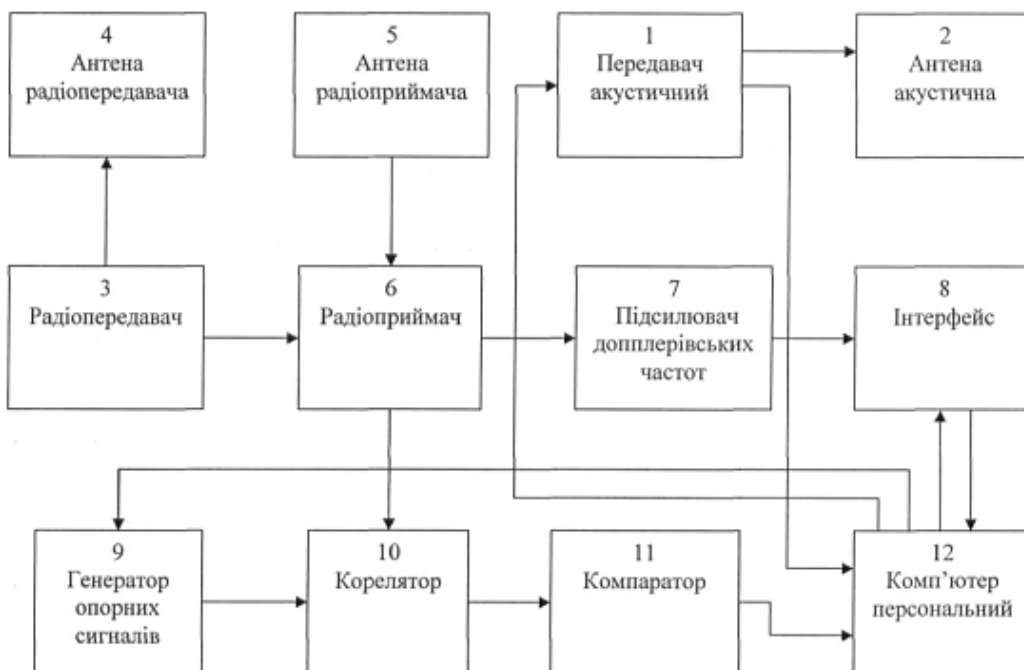
командах комп'ютера персонального 12. Компаратор 11 порівнює між собою амплітуди сигналів, які надходять на його вхід з виходу корелятора 10 та визначає максимальну з них. По максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу компаратора 11 комп'ютер персональний 12 визначає значення параметра розстроювання умови Брега q_1 . Надалі комп'ютер персональний 12 по значеннях f_{d_1} і q_1 та з використанням формул (4), (5) і (6) розраховує значення горизонтальної швидкості вітру.

При виконанні розрахунків горизонтальної швидкості вітру на всіх заданих рівнях реєстрації комп'ютер 12 генерує команду "Стоп" для системи радіоакустичного зондування і видає одиничний вертикальний профіль горизонтальної швидкості вітру на монітор або на інший засіб відтворення метеорологічної інформації.

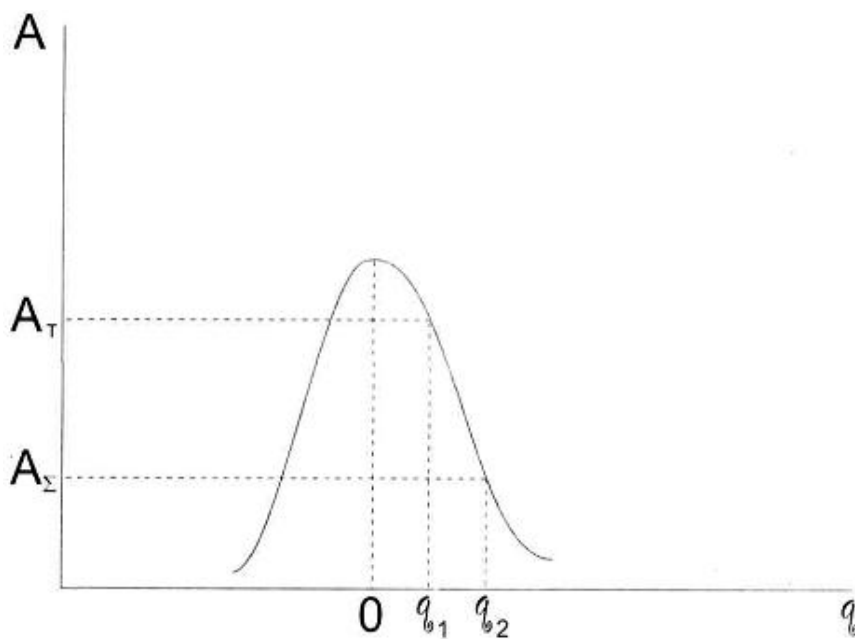
Таким чином, одночасне використання доплерівського та кореляційного оброблення прийнятих сигналів при вертикальному РАЗ атмосфери дозволяє підвищити точність вимірювання горизонтальної швидкості вітру. Окрім того, є можливість синхронної реєстрації вертикального профілю температури повітря.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб дистанційного вимірювання горизонтальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери, який полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний імпульс з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним імпульсом, вимірюють доплерівський зсув частоти електромагнітного сигналу, відбитого від акустичного імпульсу з заданої висоти траси зондування, одночасно послідовно перемножують вихідний сигнал радіоприймача з сигналами генератора опорних сигналів, порівнюють між собою амплітуди вихідних сигналів корелятора та визначають максимальну із них, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функції розсіювання, по максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу корелятора визначають значення параметра розстроювання умови Брега, який **відрізняється** тим, що доплерівський зсув частоти електромагнітного сигналу використовують для розрахунку швидкості розповсюдження акустичного імпульсу, яка визначається дією температури повітря, по значенню отриманого параметра розстроювання умови Брега розраховують віртуальну швидкість розповсюдження акустичного імпульсу, яка визначається дією температури та вітру, а по різниці розрахованих швидкостей розповсюдження акустичного імпульсу розраховують горизонтальну швидкість вітру.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601