



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110446** (13) **C2**
(51) МПК
G01S 13/95 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

| | |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: а 2014 12598</p> <p>(22) Дата подання заявки: 24.11.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.12.2015</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.06.2015, Бюл.№ 12</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2015, Бюл.№ 24</p> | <p>(72) Винахідник(и): Бабкін Станіслав Іванович (UA), Карташов Володимир Михайлович (UA), Толстих Єлизавета Геннадіївна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1122986 A, 07.11.1984 UA 89344 C2, 11.01.2010 UA 97612 C2, 27.02.2012 RU 2196345 C2, 10.01.2003 SU 1130809 A, 23.12.1984 US 4351188 A, 28.09.1982 US 6456227 B2, 24.09.2002 JP H0990034 A, 04.04.1997 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. http://www.mivlgu.ru/conf/armand2013/lecture-2013/pdf/lec_2.pdf 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 ВЕРТИКАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ВІТРУ РАДІОАКУСТИЧНИМ ЗОНДУВАННЯМ АТМОСФЕРИ

(57) Реферат:

Винахід належить до радіолокаційної метеорології, а саме до радіоакустичних способів вимірювання метеорологічних величин атмосфери. Спосіб дистанційного вимірювання вертикальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний пакет з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний пакет електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного пакету, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним пакетом, послідовно перемножують вихідний сигнал радіоприймача з сигналами генератора опорних сигналів, порівнюють поміж собою

UA 110446 C2

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. Випромінюють додаткові акустичні пакети з тим же синусоїдальним заповненням. Опромінюють додаткові акустичні пакети електромагнітними коливаннями з тією ж довжиною хвилі. Приймають відбиті від них електромагнітні коливання. Вимірюють доплерівський зсув частоти електромагнітних сигналів, відбитих від акустичних пакетів. Доплерівський зсув частоти електромагнітних сигналів використовують для розрахунку групової швидкості розповсюдження акустичного пакета. По значенню отриманого параметра розстроювання умови Брега розраховують фазову швидкість розповсюдження акустичного пакета, а по різниці групової та фазової швидкостей розповсюдження акустичного пакета розраховують вертикальну швидкість вітру. Винахід дозволяє отримати підвищену точність визначення вертикальної швидкості вітру за рахунок використання двох параметрів прийнятого радіосигналу (амплітуди і частоти) та розподіленого акустичного випромінювача для отримання метеорологічної інформації.

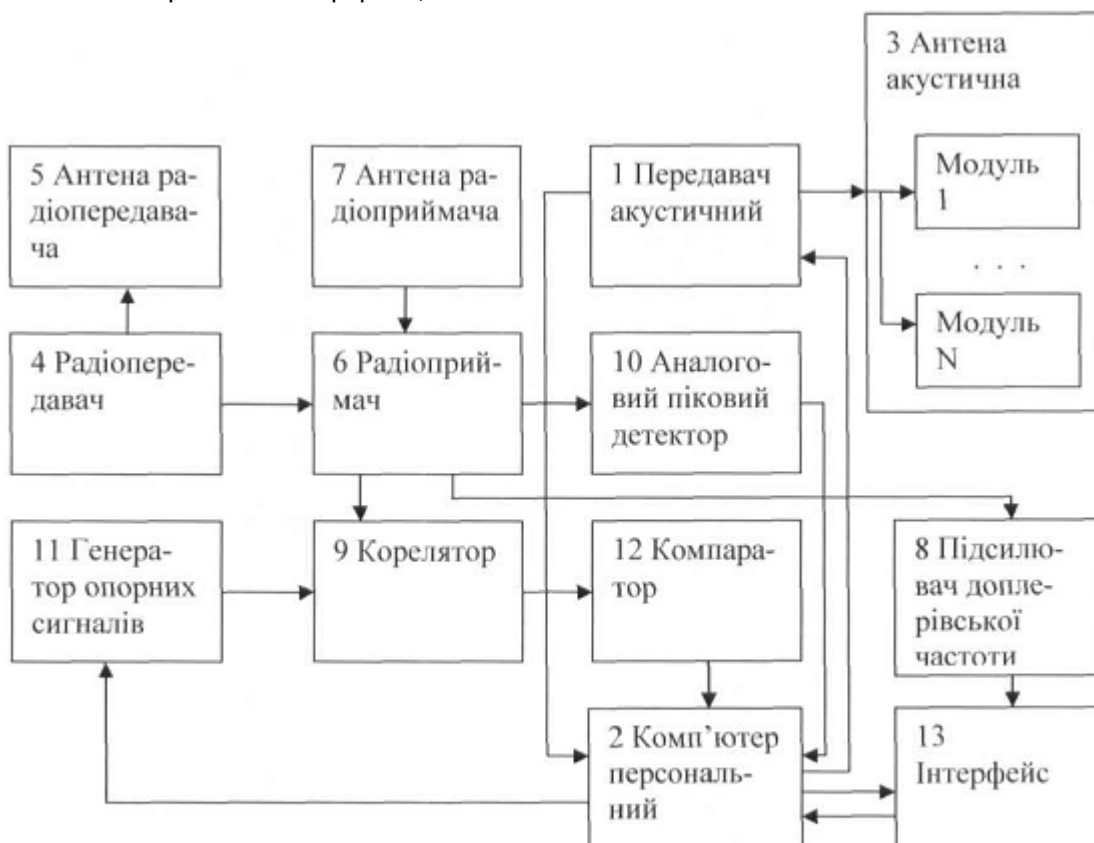


Рис. 1

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 $1, 2, \dots, N$ 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 Брегга 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 вертикальної швидкості вітру. Відомий спосіб дистанційного вимірювання вертикальної швидкості вітру радіоакустичним зондування (РАЗ) атмосфери (А.С. № 1122986. СССР МКИ⁴ G01S 13/95. Способ определения сдвига ветра / М.Ю. Орлов и Б.С. Юрчак. 1984. БИ № 41 (СССР). Суть даного способу є послідовне випромінювання вертикально угору пари когерентних акустичних пакетів з просторовим інтервалом слідування, який дорівнює непарному числу чвертей довжини хвилі електромагнітного випромінювання, вимірюванні потужності сумарного радіолокаційного відбитого сигналу від пари акустичних пакетів та знаходженні значення зсуву вертикальної компоненти швидкості вітру у залежності від співвідношення сумарної потужності прийнятого радіолокаційного сигналу і максимальної амплітуди сумарного радіолокаційного сигналу при синфазному складенні електромагнітних полів, розсіяних від пари акустичних пакетів. При відстані між акустичними імпульсами, яка дорівнює непарному числу чвертей довжини хвилі електромагнітного випромінювання, розсіяні від цих пакетів взаємно компенсуються. У такому випадку сумарне електромагнітне поле на вході антени радіоприймача дорівнює нулю. А при наявності зсуву вертикальної компоненти вітру відстань між парою акустичних імпульсів змінюється, внаслідок чого здійснюється неповна компенсація електромагнітних полів, розсіяних акустичними пакетами, і на вході приймача з'являється сигнал деякої амплітуди, яка залежить від значення зсуву вертикальної компоненти швидкості вітру.

Недоліком цього способу є недостатня точність вимірювання вертикальної швидкості вітру через невисоку точність вимірювань малої різниці прийнятих амплітуд, бо, як відомо, амплітудні вимірювання є найменш точними з усіх радіотехнічних вимірювань.

В основу винаходу способу дистанційного вимірювання вертикальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери поставлена задача забезпечення високої точності вимірювання вертикальної швидкості вітру шляхом використання комбінованого - доплерівського і кореляційного - оброблення прийнятих радіосигналів у системі РАЗ з розподіленим акустичним випромінювачем.

Ця задача вирішена у такий спосіб. У способі дистанційного вимірювання вертикальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням, який полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний пакет з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний пакет електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного пакета, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним пакетом, 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 Брегга, згідно з винаходом, випромінюють додаткові акустичні пакети з тим же синусоїдальним

заповненням, опромінюють додаткові акустичні пакети електромагнітними коливаннями з тією ж довжиною хвилі, приймають відбиті від них електромагнітні коливання, вимірюють доплерівський зсув частоти електромагнітних сигналів, відбитих від акустичних пакетів, доплерівський зсув частоти електромагнітних сигналів використовують для розрахунку

5

групової швидкості розповсюдження акустичного пакета, по значенню отриманого параметра розстроювання умови Брегга розраховують фазову швидкість розповсюдження акустичного пакета, а по різниці групової та фазової швидкостей розповсюдження акустичного пакета розраховують вертикальну швидкість вітру.

10

На фіг. 1 подано структурну схему пристрою для реалізації пропонованого способу. Розглянемо більш докладно пропонований спосіб.

При розповсюдженні акустичних хвиль у різних середовищах існують два визначення швидкості цих хвиль: фазова та групова швидкість хвилі (Г.С. Горелик. Колебания и волны. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы. - 1959. - С. 172-178). Фазова швидкість розповсюдження акустичних хвиль у реальній атмосфері обумовлюється конкретними значеннями атмосферного тиску, температури і вологості повітря, теплоємностями сухого повітря та водяної пари (Н.Я. Головин. Акустические артиллерийские приборы. Часть I. Физические основы устройства акустических приборов. - М.: Воениздат, 1940. - 410 с.). Ця залежність у загальному вигляді може бути записана у вигляді $C_a = f_a \cdot \lambda_a$ (1), де C_a - фазова швидкість, f_a - частота звукових коливань, що випромінені у атмосферу; λ_a - довжина акустичної хвилі (см. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Гл. ред. И.П. Голямина. - М.: Советская энциклопедия, 1979. - С. 360). А вираз для групової швидкості пакета акустичних хвиль, який звичайно використовується при радіоакустичному зондуванні атмосфери, можна записати у вигляді $C = C_a + W_z$ (2), де W_z - вертикальна швидкість вітру, яка переносить пакет акустичних хвиль як єдине ціле (см., наприклад, Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование.- М: Наука, 1985. - 195 с.).

15

20

25

При вимірюванні швидкості розповсюдження акустичного пакета за допомогою доплерівського радіолокатора при вертикальному зондуванні здійснюється вимірювання групової швидкості, що можна записати у відомому вигляді (см. Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование.- М.: Наука, 1985. - 195 с.).

30

$$C = \frac{f_d \lambda}{2}, \quad (3)$$

де f_d - частота доплерівського зсуву електромагнітних сигналів, λ - довжина хвилі електромагнітного випромінювання.

При кореляційній обробці сигналів системи радіоакустичного зондування для добування даних про метеорологічні величини інформаційним параметром є параметр розстроювання умови Брегга $q = \lambda - 2\lambda_a$. У процесі радіоакустичного зондування атмосфери і вертикальному розповсюдженні акустичного пакета амплітуда електромагнітних коливань, відбитих акустичним пакетом, залежить від технічних параметрів апаратури радіоакустичного зондування, заданої висоти зондування та ряду метеорологічних величин, значення яких створюють наявну метеорологічну ситуацію (см. Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование.- М.: Наука, 1985. - 195 с). Фазова швидкість (1) залежить від довжини акустичної хвилі в атмосфері, а довжина цієї хвилі при РАЗ може бути знайдена за допомогою кореляційної обробки сигналів, знайшовши параметр розстроювання Брегга q , залежного від λ_a (оскільки λ - const) та використавши вираз

35

40

$$C_a = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f}{c} - q},$$

45

де f - частота електромагнітного випромінювання, c - швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль (В.М. Карташов, А.В. Волох, В.В. Радионова. Тела неопределенности зондирующих сигналов систем радиоакустического зондирования атмосферы. - Радиотехника. Всеукр. научн.-техн. сб. Вып. 150. - 2007. - С. 94-99.)

50

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 при РАЗ атмосфери спричиняє горизонтальний вітер, який вносить пакет акустичних хвиль з діаграм скерованості радіоантен. Цей природний фактор спотворює залежність параметра q , що є інформаційним параметром при використанні кореляційного оброблення прийнятих сигналів, від амплітуди цих сигналів. Для усунення впливу

55

горизонтального вітру на визначення параметра q можна здійснити синхронне випромінювання ряду акустичних пакетів за допомогою розподіленого акустичного випромінювача. Такий випромінювач являє собою декілька модулів, живлення яких ведеться одним потужним джерелом; модулі розміщені один від одного на певній відстані на прямій або кривій лінії (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). Кількість таких модулів залежить від заданої кількості точок вимірювання вертикальної швидкості вітру на трасі зондування. При використанні такого розподіленого акустичного випромінювача акустичні пакети послідовно вносяться горизонтальним вітром у діаграми скерованості антен радіоканалу, а відбитий радіосигнал на виході приймача являє собою групу імпульсів амплітуди напруги, кількість яких відповідає кількості застосованих модулів (при достатньому енергетичному потенціалі системи РАЗ), а форма огинаючої лінії цієї групи імпульсів, побудованої по їх максимальним значенням, обумовлюється лише залежністю їх амплітуди від параметра q . Розрахунок значень вертикальної швидкості вітру проводиться для тих точок траси зондування, яким відповідає часове положення максимуму амплітуди чергового імпульсу групи, починаючи з першого. Часове положення цих імпульсів визначається шляхом перебору значень числового масиву амплітуд відбитих сигналів за допомогою ЕОМ або шляхом використання аналогового пікового детектора, який у момент досягнення максимального значення амплітуди чергового імпульсу відбитого сигналу видає на вхід комп'ютера імпульс запуску програм доплерівського та кореляційного оброблення сигналів.

Згідно з запропонованим способом для заданої точки (висоти h) траси зондування за допомогою доплерівського оброблення знаходять доплерівський зсув частоти прийнятого радіосигнал f_d , отримане значення доплерівського зсуву використовують для розрахунку

групової швидкості акустичного пакета - $C_a = \frac{f_d \lambda}{2}$ (5), за допомогою кореляційного оброблення

знаходять q та розраховують значення фазової швидкості пакета $C_a = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f_e}{c} - q}$ (6), а значення

вертикальної швидкості вітру отримують за формулою

$$W_z = C - C_a = \frac{f_d \lambda}{2} - \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f_e}{c} - q}. \quad (7)$$

Реалізація запропонованого способу здійснюється у такий спосіб.

Реєстрацію вертикального профілю температури повітря проводять за допомогою системи радіоакустичного зондування. При цьому вертикально угору випромінюють акустичні пакети з однаковою частотою синусоїдального заповнення за допомогою розподіленого акустичного випромінювача; модулі акустичного випромінювача розміщуються на поворотній металевій фермі на відстані R , наприклад, 1 м один від одного та механічно з'єднані, причому сама ферма орієнтується відносно горизонтального вітру так, що останній в ряду модулів розміщений у напрямку, звідки дме вітер. Перший же модуль розміщується між антенами радіоканалу посередині. Акустичні пакети опромінюють електромагнітними коливаннями. Параметри акустичних пакетів - 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 Брегга 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 $C_a \approx 20\sqrt{T}$ (см., наприклад, Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование. - М.: Наука, 1985. - 195 с.) і довжину акустичної хвилі λ_a , необхідної для виконання умови Брегга на цьому рівні для заданої довжини хвилі електромагнітного коливання системи радіоакустичного зондування за модифікованою формулою (1) - $\lambda_a = C_a / f_a$.

Відбиті від акустичного пакета, що знаходиться на першій точці (висоті h_1) траси зондування, електромагнітні коливання приймають, підсилюють, з вихідного сигналу радіоприймача виділяють та підсилюють сигнал доплерівського зсуву частоти f_{d1} , який подається на аналоговий піковий детектор, з якого надходить імпульс запуску програм персонального комп'ютера для доплерівського та кореляційного оброблення сигналів, перетворюють аналоговий сигнал доплерівського зсуву частоти у цифровий (за допомогою

аналоого-цифрових перетворювачів), та обчислюють (наприклад, методом швидкого перетворення Фур'є -ШПФ) значення частоти доплерівського зсуву f_{dl} , яке використовують для розрахунку групової швидкості акустичного пакета C_1 на заданій висоті h_1 . Одночасно з доплерівським обробленням перемножують цей 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 Брегга q_1 та розраховують

значення фазової швидкості акустичного пакета $C_{a1} = \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f}{c} - q_1}$, а значення вертикальної

швидкості вітру отримують за формулою (7)

$$W_r = C_1 - C_{a1} = \frac{f_{dl} \lambda}{2} - \frac{2\pi f_a}{\frac{4\pi f}{c} - q_1}.$$

Розрахунки частоти доплерівського зсуву та значення параметру розстроювання умови Брегга q для наступних точок вертикального профілю вертикальної швидкості вітру виконуються за командами, які формує персональний комп'ютер, на який, у свою чергу, надходить імпульс запуску програм доплерівського та кореляційного оброблення сигналів від аналогового пікового детектора, який генерує такий імпульс при появі чергового максимуму амплітуди відбитого сигналу. Комп'ютер же задає - при необхідності - кількість зондувань (тривалість часу необхідного осереднення одиничних профілів вертикальної 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 2, вихід передавача акустичного 1 підключено до входу антени акустичної 3, яка складається з 1...N механічно з'єднаних модулів, а другий вихід передавача акустичного 1 підключено до першого входу комп'ютера персонального 2, радіопередавач 4, перший вихід якого підключено до входу антени радіопередавача 5, а другий - до першого входу радіоприймача 6, до другого входу радіоприймача 6 підключено вихід антени радіоприймача 7, перший вихід радіоприймача 6 підключено до підсилювача доплерівських частот 8, другий вихід радіоприймача 6 підключено до першого входу корелятора 9, а третій вихід - до входу аналогового пікового детектора 10, вихід якого підключено до другого входу комп'ютера персонального 2, генератор опорних сигналів 11, вхід якого підключено до другого виходу комп'ютера персонального 2, а вихід - до другого входу корелятора 9, вихід корелятора 9 підключено до входу компаратора 12, вихід якого підключено до третього входу комп'ютера персонального 2, інтерфейс 13, перший вхід якого підключено до виходу підсилювача доплерівських частот 8, а другий вхід - до четвертого виходу комп'ютера персонального 2, а вихід інтерфейсу 8 підключено до третього входу комп'ютера персонального 2.

Робота пристрою. Перед зондуванням у персональний комп'ютер 2, програма роботи якого має шість підпрограм: підпрограму зондування (проведення одиничного вимірювання на заданій висоті чи реєстрація вертикального профілю), підпрограму формування акустичного пакета, підпрограму доплерівського оброблення сигналів, підпрограму кореляційного оброблення сигналів, підпрограму ШПФ та підпрограму розрахунків вертикальної швидкості вітру по даних доплерівського та кореляційного оброблення прийнятих радіосигналів, вводяться дані: про дату та час зондування, довжину електромагнітної хвилі, тривалість та період повторення акустичних пакетів, кількість рівнів (по числу N задіяних модулів акустичної антени 3) вимірювання вертикальної швидкості вітру на трасі зондування та значення приземної температури повітря. Радіопередавач 4 генерує неперервні коливання високої частоти з високою стабільністю та заданою потужністю, які подаються на вхід антени радіопередавача 5, де перетворюються у електромагнітні коливання та випромінюються вертикально угору. За командою "Пуск" персональний комп'ютер 2 за допомогою звукової карти генерує акустичний пакет 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 на 1...N модулів антени акустичної 3, за допомогою якої електричні коливання звукової частоти перетворюються у потужні акустичні коливання, які випромінюються у напрямку зондування атмосфери. Відбиті від акустичного пакета, який знаходиться на

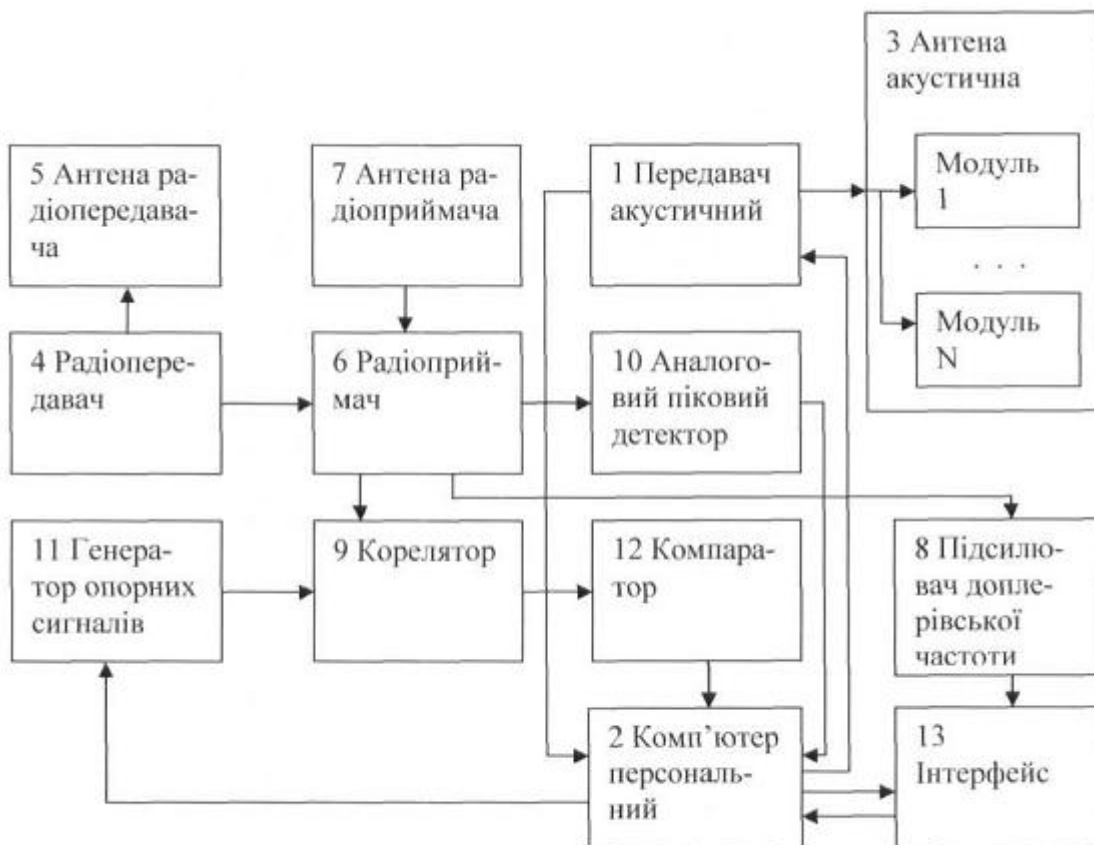
початковому рівні траси зондування, електромагнітні коливання за умови Брега антеною радіоприймача 7 перетворюються у електричні коливання, надходять на вхід радіоприймача 6, де за допомогою частки потужності коливань радіопередавача 4 виділяється сигнал доплерівського зсуву частоти цих коливань, який підсилюється у підсилювачі доплерівських частот 8 та у цифровій формі подається на вхід інтерфейсу 8 і, далі, за на вхід персонального комп'ютера 2 для обчислення значень частоти доплерівського зсуву f_{dl} , наприклад за методом ШПФ. Вихідні сигнали радіоприймача 6 з другого виходу подаються на вхід корелятора 9, на другий вхід якого подаються сигнали генератора опорних сигналів 11, які формують у відповідності до функції розсіювання по командах комп'ютера персонального 2. Компаратор 12 порівнює поміж собою амплітуди сигналів, які надходять на його вхід з виходу корелятора 9 та визначає максимальну з них. По максимальному значенню амплітуди вихідного сигналу компаратора 12 комп'ютер персональний 2 визначає значення параметра розстроювання умови Брега q_1 . Вихідні сигнали радіоприймача 6 з третього виходу подаються до входу аналогового пікового детектора 10, який у момент досягнення максимального значення амплітуди чергового імпульсу відбитого сигналу видає на вхід комп'ютера 2 імпульс запуску програм доплерівського та кореляційного оброблення сигналів. Надалі комп'ютер персональний 2 по значеннях f_{dl} і q_1 та з використанням формул (5), (6) і (7) розраховує одиничне значення вертикальної швидкості вітру, після чого комп'ютер 2 генерує команду "Стоп" для системи радіоакустичного зондування.

При необхідності реєстрації висотного профілю вертикальної швидкості вітру після виконання розрахунків вертикальної швидкості вітру на всіх заданих рівнях траси зондування, відповідно до числа задіяних модулів акустичної антени 3, комп'ютер 2 генерує команду "Стоп" для системи радіоакустичного зондування і видає одиничний вертикальний профіль вертикальної швидкості вітру на монітор або на інший засіб відтворення метеорологічної інформації.

Таким чином, одночасне використання доплерівського та кореляційного оброблення прийнятих сигналів системи РАЗ з розподіленим акустичним випромінювачем дозволяє підвищити точність вимірювання вертикальної швидкості вітру. Окрім того, є можливість синхронної реєстрації вертикального профілю температури повітря з підвищеною точністю, використавши для розрахунку температури значення фазової швидкості розповсюдження акустичного пакета, яке не залежить від вертикальної швидкості вітру, або скорегувавши значення групової швидкості розповсюдження акустичного пакета шляхом введення в формулу (2) отриманого значення вертикальної швидкості вітру (зі своїм знаком). Одночасно можливе вимірювання горизонтальної швидкості вітру за даними про часовий інтервал між появою суміжних максимумів амплітуди відбитих сигналів та просторового рознесення сусідніх модулів згідно з виразом $W_x = \frac{R}{\Delta t}$, де Δt - часовий інтервал між появою суміжних максимумів амплітуди відбитих сигналів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб дистанційного вимірювання вертикальної швидкості вітру радіоакустичним зондуванням атмосфери, який полягає у тому, що випромінюють вертикально угору акустичний пакет з синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний пакет електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвоє більшою довжини хвилі синусоїдального заповнення акустичного пакета, приймають електромагнітні коливання, розсіяні акустичним пакетом, 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, який **відрізняється** тим, що випромінюють додаткові акустичні пакети з тим же синусоїдальним заповненням, опромінюють додаткові акустичні пакети електромагнітними коливаннями з тією ж довжиною хвилі, приймають відбиті від них електромагнітні коливання, вимірюють доплерівський зсув частоти електромагнітних сигналів, відбитих від акустичних пакетів, доплерівський зсув частоти електромагнітних сигналів використовують для розрахунку групової швидкості розповсюдження акустичного пакета, по значенню отриманого параметра розстроювання умови Брега розраховують фазову швидкість розповсюдження акустичного пакета, а по різниці групової та фазової швидкостей розповсюдження акустичного пакета розраховують вертикальну швидкість вітру.



Комп'ютерна верстка Д. Шеврун

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

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