



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 105255

(13) C2

(51) МПК

G01S 13/95 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 07633

(22) Дата подання заявки: 21.06.2012

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: 25.04.2014

(41) Публікація відомостей  
про заяву: 25.12.2013, Бюл.№ 24

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: 25.04.2014, Бюл.№ 8

(72) Винахідник(и):

Карташов Володимир Михайлович (UA),  
Бабкін Станіслав Іванович (UA),  
Куля Дмитро Миколайович (UA)

(73) Власник(и):

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,  
пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

SU 1670641 A1, 15.08.1991.

UA 89344 C2, 11.01.2010.

UA 97612 C2, 27.02.2012.

SU 1780071 A1, 07.12.1992.

RU 2196345 C2, 10.01.2003.

SU 671535 A, 23.11.1984.

SU 1076848 A, 28.02.1984.

UA 89342 C2, 11.01.2010.

Максимова Н.Г. Поширення функціональних  
можливостей радіоелектронної системи  
комплексного вертикального зондування  
атмосферного пограничного шару.

Автореф. дисс. канд.техн.наук. 05.12.17.

Харків. 2002. Знайдено в інтернеті

12.08.2013.

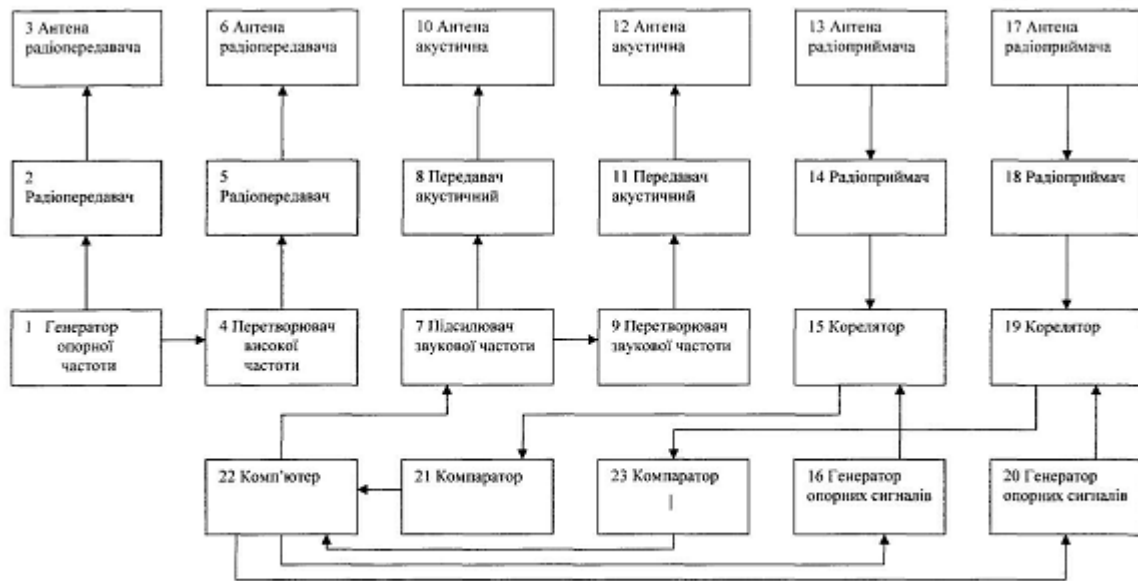
## (54) РАДІОАКУСТИЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до радіолокаційної метеорології, а саме до радіоакустичних способів вимірювання параметрів атмосфери, і може бути використаний у проектних роботах і на будівництві об'єктів вітроенергетики. Радіоакустичний спосіб визначення вологості атмосферного повітря полягає у тому, що одночасно випромінюють вертикально угору перший та другий когерентні акустичні імпульси з різними і кратними одне одному довжинами хвиль синусоїдального заповнення, опромінюють акустичні імпульси першим та другим електромагнітними коливаннями з довжинами хвиль удвоє більшими довжин хвиль синусоїдального заповнення відповідно першого та другого акустичних імпульсів, приймають перший та другий відбиті від кожного з акустичних імпульсів електромагнітні коливання. Послідовно перемножують вихідні сигнали першого та другого радіоприймачів з сигналами першого та другого генераторів опорних сигналів відповідно, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функцій розсіювання. Порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів та визначають максимальний кожного із них, по максимальному значенню амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів визначають параметри розстроювання умови Бреґґа  $q_1$  та  $q_2$ , параметри  $q_1$  та  $q_2$  використовують для розрахунків швидкостей звуку за значеннями різниці, поміж яких обчислюють парціальний тиск водяної пари. Винахід дає можливість отримати підвищену точність визначення вологості за

UA 105255 C2

рахунок виключення впливу фазової нестабільності апаратури на результати двочастотного радіоакустичного зондування.



**Fig. 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, при складанні радіокліматичних карт, досліджень з фізики атмосфери, зокрема туманів різного походження і таке інше.

Відомий спосіб дистанційного визначення вологості атмосферного повітря (М.Ю. Орлов, Б.С. Юрчак. Способ радиоакустического зондирования атмосферы, а.с. СССР № 671535 (МКИ G01S 13/95). Опубл. 23.11.84. Бюл. № 43), згідно з яким у атмосферу випромінюють акустичний імпульс з синусоїдальним заповненням довжиною хвилі  $\lambda_a$ , опромінюють акустичний імпульс, який розповсюджується, за допомогою радіолокаційної станції електромагнітним випроміненням довжиною хвилі  $2\lambda_a$ , приймають відбитий від акустичного імпульсу радіолокаційний сигнал, вимірюють потужність відбитого радіолокаційного сигналу у кожній точці траси, за якою знаходять коефіцієнт послаблення звуку у кожній точці, визначають профіль температури по висоті і по отриманих значеннях температури та коефіцієнта послаблення звуку знаходять значення вологості, які розшукуються, для кожної точки траси; профіль температури визначають по швидкості розповсюдження акустичного імпульсу шляхом вимірювання доплерівського зсуву частот відбитого радіолокаційного сигналу.

Недоліком цього способу є недостатня точність вимірювання вологості повітря через наявність горизонтального вітру та атмосферної турбулентності в реальних умовах зондування. Вітер здійснює горизонтальне перенесення акустичного імпульсу; останній належить до діаграм скерованості антен радіоканалу, внаслідок чого потужність радіосигналів, що приймаються, зменшується без впливу молекулярного поглинання енергії акустичного імпульсу, яке є основою даного способу (Е.Г. Прошкин, В.М. Карташов, Бабкин С.И., Волох А.В. Современное состояние, проблемы и перспективы систем радиоакустического зондирования. Радиотехника: Всеукр. меж вед. научн. - техн. сб. Вып. 150, 2007. С. 5-16.). Подібний ефект спостерігається і через розсіювання акустичних хвиль на температурно-вітрових неоднорідностях, яке не має ніякого відношення до поглинання енергії акустичного імпульсу за рахунок вологості повітря.

Найближчим за технічною суттю до заявленого є радіоакустичний спосіб визначення вологості повітря (Бабкин СИ., Васильченко Е.А. Радиоакустический способ определения влажности воздуха, а.с. СССР № 1670641 (МКИ G01S 13/95), опубл. 15.08.91, бюл. № 30), згідно з яким одночасно випромінюють вертикально угору перший та другий когерентні акустичні імпульси з різними і кратними одне одному довжинами хвиль синусоїдального заповнення, опромінюють акустичні імпульси першим та другим електромагнітними коливаннями з довжинами хвиль удвоє більшими довжин хвиль синусоїдального заповнення відповідно першого та другого акустичних імпульсів, приймають перший та другий відбиті від акустичних імпульсів електромагнітні коливання, виділяють перший та другий сигнали з частотою доплерівського зсуву відбитих від акустичних імпульсів електромагнітних коливань і вимірюють частоти доплерівських зсувів, по значенням яких обчислюють швидкості руху акустичних імпульсів з наступним визначенням вологості повітря, після виділення сигналів з частотою доплерівського зсуву першого та другого відбитих від акустичних імпульсів електромагнітних коливань додатково перетворюють по частоті один з сигналів до частоти, рівній частоті другого сигналу, вимірюють зсув фаз поміж сформованими таким чином сигналами, після чого визначення вологості повітря здійснюють по отриманому зсуву фаз.

Недоліком такого способу дистанційного визначення вологості повітря радіоакустичним зондуванням атмосфери є недостатня точність визначення вологості атмосферного повітря через низьку точність фазових вимірювань, обумовлену високою фазовою нестабільністю апаратури при її реалізації в НВЧ діапазоні радіохвиль.

В основу винаходу радіоакустичного способу визначення вологості атмосферного повітря поставлена задача підвищення точності визначення вологості, вільної від фазової нестабільності апаратури та зовнішніх умов, шляхом кореляційної обробки відбитих радіолокаційних сигналів під час синхронного радіоакустичного зондування атмосфери на двох частотах.

Ця задача вирішена таким чином. У радіоакустичному способі визначення вологості атмосферного повітря, який полягає у тому, що одночасно випромінюють вертикально угору перший та другий когерентні акустичні імпульси з різними і кратними одне одному довжинами хвиль синусоїдального заповнення, опромінюють акустичні імпульси першим та другим електромагнітними коливаннями з довжинами хвиль удвоє більшими довжин хвиль синусоїдального заповнення відповідно першого та другого акустичних імпульсів, приймають перший та другий відбиті від кожного з акустичних імпульсів електромагнітні коливання, згідно з

винаходом, послідовно перемножують вихідні сигнали першого та другого радіоприймачів з сигналами першого та другого генераторів опорних сигналів відповідно, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функцій розсіювання, порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів та визначають максимальний кожного із них, по максимальному значенню амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів визначають параметри розстроювання умови Брега  $q_1$ , та  $q_2$ , параметри  $q_1$  та  $q_2$  використовують для розрахунків швидкостей звуку двох частот за значенням різниці, поміж яких обчислюють парціальний тиск водяної пари.

На кресленні подано структурну схему пристрою для реалізації пропонованого способу.

Розглянемо більш докладно пропонований спосіб. Відомо, що під час розповсюдження звукових хвиль у атмосфері спостерігається не тільки послаблення їх енергії, а ще й явище дисперсії швидкості звуку: залежність швидкості звуку від вологості повітря (Ультразвук. Маленькая энциклопедия/ Под ред. И.П. Голяминой. - М.: Советская энциклопедия. - 1979. - С. 120-121). Дисперсія швидкості звуку з'являється у випадку, коли дія акустичної хвилі призводить до нерівноважного стану середовища, збуджуючи внутрішні ступені свободи газів, які входять до складу атмосфери. Перерозподіл енергії між поступальними і внутрішніми ступенями свободи здійснюється за деякий проміжок часу  $\tau$ , який зветься часом релаксації. У газах час релаксації залежить від температури газу, його тиску та наявності домішок інших газів. У атмосферному повітрі роль такої домішки грає водяна пара. Частота релаксації  $F_p \approx 1/\tau$  вологого повітря зв'язана з вологістю виразом  $F_p = kh^{1.3}$  (1), де  $k = 3,06 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ ,  $h = e/P$  - відношення парціального тиску водяної пари  $e$  до повного тиску повітря  $P$ , у молярних відсотках. Парціальний тиск водяної пари є одна з кількісних характеристик вологості атмосферного повітря, від якої можна переходити до інших характеристик вологості (Хргиан А.Х. Физика атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - 647 с.) Частоту релаксації, а, відповідно, і вологість повітря, можна знайти з виразу, який пов'яже швидкість звуку довільної частоти  $F$  у газі з

релаксацийними процесами та має вигляд  $C^2 = C_0^2 + (C_\infty^2 - C_0^2) \frac{\omega^2 \cdot \tau^2}{1 + \omega^2 \cdot \tau^2}$ , де  $C_0$  - швидкість звуку при дуже малих частотах,  $C_\infty$  - швидкість звуку при дуже великих частотах,  $\omega = 2\pi F$ . У атмосфері при вертикальному розповсюдженні звуку його швидкість може бути обчислена згідно з виразом

$C_a = \sqrt{B} \pm W$ , (2) де  $B = C_0^2 + (C_\infty^2 - C_0^2) \frac{\omega^2 \cdot \tau^2}{1 + \omega^2 \cdot \tau^2}$ , а  $W$  - вертикальна складова швидкості вітру. Тобто, швидкість звуку у атмосфері залежить від температури повітря (згідно з формулою Лапласа) і від вертикального вітру (Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. - М.: Наука, 1985, с. 119).

Для визначення частоти релаксації звуку при його розповсюдженні у реальній атмосфері, а, відповідно, і вологості повітря, необхідно виключити вплив просторово-часової неоднорідності температури повітря та швидкості вітру на результат виміру вологості повітря. З цією метою можна виміряти швидкість звуку двох різних частот, які одночасно розповсюджуються у атмосфері вертикально угору; припускаючи, що дія температури повітря та радіальної (вздовж радіопромменя) швидкості вітру однакова на швидкість звуку двох різних частот, а надалі виділити різницю швидкостей звуку, обумовлену вологістю повітря (Бабкин С.И., Васильченко Е.А. Радиоакустический способ определения влажности воздуха. А. С. № 1670641 (СССР), опубл. 15.08.91, бюл. № 30). Записавши рівняння (2) для двох частот звуку  $F_1$  і  $F_2$ , до того ж,

$\Delta C = \frac{C_\infty^2 - C_0^2}{2C} \cdot \frac{F_2^2 - F_1^2}{F_p^2}$  (3), де  $C = \frac{C_1 + C_2}{2}$ , оскільки  $C_1 \approx C_2$  (Ультразвук. Маленькая энциклопедия/ Под ред. И.П. Голяминой. - М.: Советская энциклопедия. - 1979. - С. 304-306).

Швидкість розповсюдження звуку в атмосфері радіоакустичним зондуванням можна

обчислити по значенню розстроювання умови Брега згідно з виразом  $C_a = \frac{2\pi F}{4\pi f / C_e - q}$ , (4) де  $C_e$  - швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль,  $f$  - частота електромагнітних хвиль,  $q$  - параметр розстроювання умови Брега (В.М. Карташов В.М., С.В. Пашенко. Алгоритм формирования оценок максимального правдоподобия параметров сигнала, рассеянного акустическим волновым пакетом. - Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сборник, вып. 164. - 2011. - С. 35-40). А параметр розстроювання умови Брега можна знайти за допомогою кореляційної обробки прийнятих радіосигналів (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 України № 89344. Опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1). Здійснюючи синхронне двочастотне радіоакустичне зондування атмосфери, можна визначити параметри розстроювання умови Брега  $q_1$  та  $q_2$ , які відповідають швидкостям розповсюдження звуку з частотами  $F_1$  та  $F_2$  згідно виразу (4), та

5 знайти цю різницю як 
$$\Delta C = \frac{2\pi F_2}{4\pi f_2/C_e - q_2} - \frac{2\pi F_1}{4\pi f_1/C_e - q_1} \quad (5).$$
 Рівняння для частоти релаксації, згідно

з (2), має вигляд 
$$F_p^2 = \frac{C_\infty^2 - C_0^2}{2C} \cdot \frac{F_2^2 - F_1^2}{\Delta C} \quad (6).$$
 Використовуючи рівняння (1), (3) та (6), знайдемо вираз, за яким можна обчислити парціальний тиск водяної пари у повітрі, у вигляді

$$e = P \cdot 10^{\left\{ 0,385 \cdot \left[ \lg \left[ \frac{(C_\infty^2 - C_0^2)(F_2^2 - F_1^2)}{2C \cdot \Delta C} \right] - 3,45 \right] \right\}}, \text{ або (через натуральний логарифм)}$$

$$e = P \cdot \exp \left\{ 0,385 \cdot \ln \left[ \frac{(C_\infty^2 - C_0^2)(F_2^2 - F_1^2)}{2C \cdot \Delta C} \right] - 7,947 \right\} \quad (7).$$

10 Таким чином, при кореляційній обробці двох когерентних радіолокаційних сигналів, відбитих від двох акустичних імпульсів з різним синусоїдальним заповненням, може бути досягнутою максимальна точність вимірювання вологості повітря за рахунок виключення впливу фазової нестабільності апаратури на результати зондування.

Реалізація запропонованого способу здійснюється наступним чином.

15 Визначення парціального тиску водяної пари повітря проводять за допомогою двоканальної системи радіоакустичного зондування. При цьому вертикально угору одночасно випромінюють перший та другий когерентні акустичні імпульси із різними та кратними одне одному довжинами хвиль синусоїдального заповнення, акустичні імпульси опромінюють електромагнітними коливаннями з довжинами хвиль удвоє більшими довжин хвиль синусоїдального заповнення

20 відповідно першого та другого акустичних імпульсів. Параметри акустичних імпульсів - середню частоту синусоїдального заповнення, тривалість, та період повторення - формують за допомогою звукової карти персонального комп'ютера. Значення цих параметрів вибирають таким чином, щоб умова Брега виконувалась на заданій висоті зондування для одного з каналів. При таких параметрах для другого каналу умова Брега виконується автоматично. Надалі термометром вимірюють приземну температуру повітря на рівні верхнього зрізу акустичної

25 антени і розраховують швидкість звуку за наближеною формулою  $c_a \approx 20\sqrt{T}$ , де  $T$  - температура повітря у градусах Кельвіна, а також довжину акустичної хвилі, необхідної для виконання умови Брега на цьому рівні для заданої довжини хвилі електромагнітного коливання того ж каналу системи радіоакустичного зондування, за формулою  $F = c_a/\lambda_a$ . Відбиті від акустичних імпульсів електромагнітні коливання обох каналів приймають, підсилюють, надалі послідовно перемножують у кореляторах обох каналів системи з сигналами, сформованими відповідно до функцій розсіювання для кожного каналу, яка має загальний вигляд

$$F(r, q) = \int E(2r' - r) S^*(r') e^{jq'r'} dr', \quad (8)$$

35 де  $r$  - просторове розстроювання (зміщення) сигналів;  $E$ ,  $S$  - комплексні обвідні коливань (Карташов В.М. Розвиток теорії та удосконалення систем радіоакустичного і акустичного зондування атмосфери. Автореферат дис. д-ра техн. наук - Харків, 2003. - С. 13-14.), послідовно порівнюють амплітуду вихідних сигналів кореляторів поміж собою, по результатам порівняння амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів визначають максимальний із них, за максимальними амплітудами вихідних сигналів кожного корелятора визначають параметри розстроювання умови Брега  $q_1$  та  $q_2$ , які використовують для розрахунків швидкостей звуку, за значеннями різниці поміж яких обчислюють парціальний тиск водяної пари. Розрахунки швидкостей звуку та обчислення парціального тиску водяної пари виконуються згідно відповідної програми персональним комп'ютером за командами, які формує комп'ютер. Він же задає середню частоту синусоїдального заповнення, види функцій розсіювання для генераторів

40 опорної напруги обох каналів та - при необхідності - кількість зондувань (тривалість часу необхідного осереднення одиничних значень парціального тиску водяної пари, що традиційно для вимірювань у метеорології) та термін виводу результатів визначення парціального тиску водяної пари на екран монітора або до зовнішніх засобів відображення метеорологічної інформації.

50 Розглянемо пристрій для реалізації запропонованого способу. Структурна схема пристрою наведена на кресленні. Пристрій містить генератор опорної частоти 1, перший вихід якого підключено до входу радіопередавача 2 першого каналу, виходом підключеного до входу

антени радіопередавача 3 першого каналу, перетворювач високої частоти 4, вхід якого підключений до другого виходу генератора опорної частоти 1, а вихід перетворювача високої частоти 4 підключений до входу радіопередавача 5 другого каналу, виходом підключеного до входу антени радіопередавача 6 другого каналу, підсилювач звукової частоти 7, перший вихід якого підключений до входу передавача акустичного 8 першого каналу, другий вихід - до входу перетворювача звукової частоти 9, антену акустичну 10 першого каналу, вхід якої підключений до виходу передавача акустичного 8 першого каналу, передавач акустичний 11 другого каналу, вихід якого підключений до входу антени акустичної 12 другого каналу, антену радіоприймача 13 першого каналу, вихід якої підключено до входу радіоприймача 14 першого каналу, вихід якого підключений до першого входу корелятора 15, другий вхід якого підключено до виходу генератора опорних сигналів 16 першого каналу, антену радіоприймача 17 другого каналу, вихід якої підключений до входу радіоприймача 18 другого каналу, вихід якого підключений до першого входу корелятора 19, другий вхід якого підключений до виходу генератора опорних сигналів 20 другого каналу, компаратор 21 першого каналу, виходом підключений до виходу корелятора 15, а виходом - до першого входу комп'ютера 22, компаратор 23 другого каналу, виходом підключений до виходу корелятора 19, а виходом - до другого входу персонального комп'ютера 22, причому перший вихід персонального комп'ютера 22 підключений до входу підсилювача звукової частоти 7, другий - до входу генератора опорних сигналів 16 першого каналу, а третій - до входу генератора опорних сигналів 20 другого каналу.

Робота пристрою. Перед зондуванням у персональний комп'ютер 22, програма роботи якого має шість підпрограм: підпрограму зондування, підпрограму формування звукового імпульсу, підпрограму розрахунку функцій розсіювання для кожного каналу, підпрограму визначення  $q_1$  та  $q_2$ , підпрограму розрахунку атмосферного тиску  $P$  на заданій висоті визначення вологості за барометричною формулою і підпрограму розрахунку парціального тиску водяної пари, вводяться дані: про дату та час зондування, довжину електромагнітних хвиль для кожного каналу, значення  $C_\infty$  (розраховується за формулою Лапласа для швидкості звуку при конкретному значенні приземної температури, в умовах якої здійснюється визначення вологості, або іншим способом) та  $C_0$  (яке зменшене на 0,032 % від  $C_\infty$ ), значення обох частот зондування  $F_1$  та  $F_2$ , тривалість та період повторення звукового імпульсу, кількість звукових імпульсів, необхідних для зондування, кількість градацій  $N$  для  $q_1$  та  $q_2$ , значення приземної температури повітря, яка вимірюється термометром, значення приземного тиску  $P$  повітря, яке вимірюється барометром. Генератор опорної частоти 1 генерує неперервні коливання високої частоти з високою стабільністю, які подаються на вхід радіопередавача 2 першого каналу, де формуються вихідні коливання радіопередавача 2 заданої потужності, які подаються на вхід антени радіопередавача 3, де перетворюються у електромагнітні коливання та випромінюються вертикально угору.

Неперервні коливання високої частоти з високою стабільністю генератора опорної частоти 1 подаються також на вхід перетворювача високої частоти 4, який здійснює перетворення (помноження) високої частоти з цілочисловим коефіцієнтом кратності ( $k>1$ ), наприклад,  $k=2$ . З виходу перетворювача високої частоти 4 електричні коливання подвоєної частоти надходять до радіопередавача 5 другого каналу і за допомогою антени радіопередавача 6 другого каналу також випромінюються у тому ж напрямку. За командою "Пуск" персональний комп'ютер 22 за допомогою звукової карти генерує звуковий імпульс першого каналу із заданими параметрами тривалості та періодом повторення і частотою синусоїдального заповнення  $F_1$ , який подається на вхід підсилювача звукової частоти 7, у якому коливання звукової частоти попередньо підсилюються та подаються до входу передавача акустичного 8 першого каналу, де підсилюються до заданої потужності і з виходу якого подаються до входу антени акустичної 10 першого каналу, за допомогою якої електричні коливання звукової частоти перетворюються у потужні акустичні коливання, які випромінюються у напрямку зондування атмосфери. Коливання звукової частоти з другого виходу підсилювача звукової частоти 7 подаються на вхід перетворювача звукової частоти 9, який здійснює перетворення (помноження) звукової частоти з цілочисловим коефіцієнтом кратності ( $k>1$ ), наприклад,  $k=2$ . З виходу перетворювача звукової частоти 9 електричні коливання подвоєної частоти надходять до передавача акустичного 11 другого каналу і за допомогою антени акустичної 12 другого каналу також випромінюються у тому ж напрямку. Відбиті від обох акустичних імпульсів відповідні електромагнітні коливання приймаються антенами радіоприймачів 13 та 17, перетворюються ними у електричні коливання, поступають на входи радіоприймачів 14 та 18, де підсилюються і з виходів приймачів 14 та 18 подаються до перших входів кореляторів 15 та 19. На другі входи кореляторів 15 та 19 подаються сигнали з генераторів опорних сигналів 16 та 20, які генеруються останніми по командам персонального комп'ютера 22 згідно з функціями розсіювання для можливих значень

параметра розстроювання умови Брега  $q_1$  та  $q_2$  для конкретної метеорологічної ситуації на кожному каналі. Напруги сигналів, отриманих в результаті перемноження прийнятих та опорних сигналів у кореляторах 15 і 19 відповідних каналів, подаються на входи компараторів 21 та 23, де для кожного каналу провадиться порівняння перемножених сигналів поміж собою.

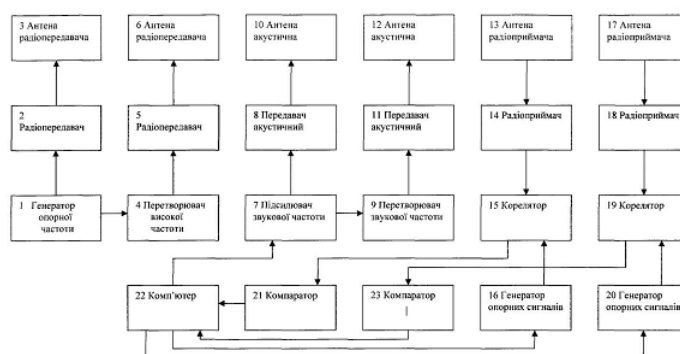
Компаратори 21 та 23 обирають максимальні сигнали перемноження у кожному каналі та подають на другі входи комп'ютера 22 імпульси, за якими комп'ютер 22 визначає номери

вихідної напруги генераторів опорних сигналів 16 та 20 зі списку  $N_1^1, N_2^1, \dots, N_n^1$  та  $N_1^2, N_2^2, \dots, N_n^2$ , сигнали яких при перемноженні з вихідними сигналами радіоприймачів 14 та 18 видають на виходах кореляторів 15 та 19 максимальні сигнали, і, відповідно, значення параметрів розстроювання умови Брега  $q_i$  та  $q_2$ . Комп'ютер 22 по значеннях параметрів  $q_1$  та  $q_2$  для кожного з каналів розраховує швидкості звуку  $C_1$  і  $C_2$  двох частот  $F_1$  та  $F_2$ , за значеннями різниці поміж яких ( $C_2 - C_1$ ) та технічних параметрів системи радіоакустичного зондування розраховує значення парціального тиску водяної пари, яке дозволяє отримати потрібні для конкретного використання параметри вологості повітря. По закінченні розрахунків комп'ютер 22 генерує команду "Стоп" для системи радіоакустичного зондування і видає одиничне значення парціального тиску водяної пари (або іншу характеристику вологості повітря) у таблицю на моніторі або на інший засіб відтворення та збереження метеорологічної інформації.

Таким чином, розрахунок парціального тиску водяної пари у повітрі з використанням параметрів розстроювання умови Брега  $q_1$  та  $q_2$ , отриманих за допомогою кореляційної обробки прийнятих радіосигналів, дає можливість отримати підвищену точність визначення вологості повітря двох частотним радіоакустичним зондуванням.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Радіоакустичний спосіб визначення вологості атмосферного повітря, який полягає у тому, що одночасно випромінюють вертикально угору перший та другий когерентні акустичні імпульси з різними і кратними одне одному довжинами хвиль синусоїдального заповнення, опромінюють акустичні імпульси першим та другим електромагнітними коливаннями з довжинами хвиль, удвоє більшими довжин хвиль синусоїдального заповнення відповідно першого та другого акустичних імпульсів, приймають перший та другий відбиті від кожного з акустичних імпульсів електромагнітні коливання, який **відрізняється** тим, що послідовно перемножують вихідні сигнали першого та другого радіоприймачів з сигналами першого та другого генераторів опорних сигналів відповідно, опорні сигнали для кореляційного прийому формують у відповідності до функцій розсіювання, порівнюють поміж собою амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів та визначають максимальний кожного із них, по максимальному значенню амплітуди вихідних сигналів кожного з кореляторів визначають параметри розстроювання умови Брега  $q_1$  та  $q_2$ , параметри  $q_1$  та  $q_2$  використовують для розрахунків швидкостей звуку за значеннями різниці поміж яких обчислюють парціальний тиск водяної пари.



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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