



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85413 (13) C2
(51) МПК (2009)
G01S 13/95 (2006.01)
G01K 3/00
G01K 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ АНІЗОТРОПІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

1

(21) а200611323
(22) 27.10.2006
(24) 26.01.2009
(46) 26.01.2009, Бюл.№ 2, 2009 р.
(72) СЛІПЧЕНКО МИКОЛА ІВАНОВИЧ, UA, ДЄЛОВ ІВАН АКИНДИНОВИЧ, UA, ЛЕОНІДОВ ОЛЕКСІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA
(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, UA
(56) UA 46519 A від 15.05.2002
UA 67663 C2 від 17.07.2006
UA 64467 A від 15.02.2004
JP 60262033 від 25.12.1985
UA 46522 від 15.05.2002
US 4761650 від 02.08.1988
(57) Спосіб вимірювання коефіцієнтів анізотропії температури повітря, що включає в себе одночасне визначення температури повітря у двох взаємно перпендикулярних напрямках, наприклад, у вертикальному і горизонтальному, і обчислення за знайденими значеннями температури коефіцієнта анізотропії температури K_T за формулою $K_T = \frac{T_1}{T_2}$, де T_1 - температура повітря для горизонтального напрямку, а T_2 - температура повітря для вертикального напрямку, який **відрізняється** тим, що температуру повітря вимірюють безпосередньо й одночасно чотирма термометрами, встановленими у двох взаємно перпендикулярних напрямках - у вертикальному і горизонтальному, таким чином, що один з них вимірює температуру для молекул, що летять зверху, другий - для молекул, що летять знизу, третій - для молекул, що летять справа, четвертий - для молекул, що летять зліва, при-

2

чому після одночасного вимірювання температури повітря для зазначених чотирьох напрямків, напрямок вимірювання температури для кожного термометра дискретно змінюють у вертикальній площині через кожні 90° за рахунок одночасного повороту всіх чотирьох термометрів в одному напрямку навколо загальної осі на 360° таким чином, що кожний із чотирьох термометрів за одне обертання навколо осі вимірює температуру для чотирьох напрямків: для молекул, які летять зверху, знизу, справа і зліва, потім після вимірювання таким чином кожним термометром значення температури для кожного з них обчислюють коефіцієнт анізотропії температури повітря ($K_{Tв}$, $K_{Tг}$, $K_{Tвр}$) за формулами: $K_{Tв} = \frac{T_{зв}}{T_{зн}}$, де $T_{зв}$ - температура повітря, виміряна для молекул, що летять зверху, $T_{зн}$ - температура повітря, виміряна для молекул, що летять знизу; $K_{Tг} = \frac{T_{пр}}{T_{зл}}$, де $T_{пр}$ - температура повітря, виміряна для молекул, що летять справа, $T_{зл}$ - температура повітря, виміряна для молекул, що летять зліва; $K_{Tвр} = \frac{T_{г}}{T_{в}}$, де $T_{г}$ - середньоарифметичне значення температури, виміряне для молекул, що летять праворуч і зліва, а $T_{в}$ - середньоарифметичне значення температури, виміряної для молекул, що летять зверху і знизу, і, отже, для кожного термометра за виміряними ним же значеннями температури обчислюються зазначені вище коефіцієнти анізотропії температури повітря.

Винахід відноситься до радіолокаційної метеорології, а саме до акустичних способів вимірювання параметрів атмосфери, і може бути використаний під час складання радіокліматичних карт і в роботах з контролю забруднення атмосфери.

Відомий спосіб дистанційного вимірювання анізотропії параметрів молекулярних процесів атмосфери (температури (T°) і щільності атмосфери (ρ)) за допомогою радіолокації іонізованих метеорних слідів [И.А. Делов. Анизотропия параметров ионизованного метеорного следа, связан-

(19) UA (11) 85413 (13) C2

ных с молекулярними процесами в атмосфері. Изд. АН СССР. Геомагнетизм и аэронавигация. 1986, Т.26, №2. С. 265-268.] шляхом радіолокаційного вимірювання параметрів іонізованого метеорного сліду (величини коефіцієнта амбіполярної дифузії (D_a), пов'язаної з температурою повітря (T°) і щільністю атмосфери (ρ) відомим співвідношенням $D_a \sim \frac{T^{1/2}}{\rho}$, і початкового радіуса метеорного сліду (r_0), пов'язаного зі щільністю атмосфери (ρ) співвідношенням $r_0 \sim \frac{1}{\rho}$), у різних за кутом місця напрямках (β), одержання залежності вимірюваного параметра від кута місця β , побудови залежності $\log D_a$ і $\log r_0$ від $\log \beta$, визначення величини (D_a) і r_0 при кутах $\beta=90^\circ$ і $\beta=0^\circ$, та обчислення коефіцієнта анізотропії K_a за формулою $K_a = \frac{D_r}{D_v}$ або

$K_a = \frac{r_{0r}}{r_{0v}}$, де D_r і r_{0r} - значення величин, знайдених для горизонтального напрямку, D_v і r_{0v} - відповідно знайдених для вертикального напрямку.

Недоліком такого способу є те, що за допомогою його коефіцієнт анізотропії температури і щільності атмосфери вимірюється побічно, тобто через вимірювання величин (D_a) і r_0 , крім того цей спосіб може бути застосований тільки при радіолокаційному спостереженні іонізованих метеорних слідів, що, як відомо, спостерігаються на строго обмеженому діапазоні висот (80-100км).

Найбільш близьким за технічною суттю до заявленого винаходу є спосіб вимірювання коефіцієнта анізотропії температури [И.А. Делов, Н.И. Слипченко. Результаты экспериментальных исследований анизотропии молекулярных процессов атмосферы с помощью акустического зондирования. «Прикладная радиоэлектроника», 2004, том 3, №3, С. 27-36.] за фазою акустичної хвилі, розсіяної температурними неоднорідностями при моностатичному імпульсному зондуванні атмосфери одночасно (або по черзі) у двох (або декількох напрямках) за кутом місця β , шляхом екстраполяції отриманої залежності різниці фаз лун-сигналів від кута місця для значень $\beta=90^\circ$ і $\beta=0^\circ$, визначення за отриманими значеннями різниці фаз, різниці температур згідно з відомим зв'язком фази звукової хвилі з температурою атмосфери та обчислення коефіцієнта анізотропії температури повітря за формулою $K_a = \frac{T_1}{T_2}$, де T_1 - температура повітря, знайдена для горизонтального напрямку, а T_2 - для вертикального напрямку.

Недоліком даного способу вимірювання коефіцієнта анізотропії K_T температури повітря є те, що він визначається на підставі температури (T°), отриманої побічно за вимірюною фазою акустичного ехосигналу, крім того, температура повітря для горизонтального напрямку визначається шляхом екстраполяції вимірюної залежності температури повітря при малих значеннях кутів α (α - кут між вертикальним і горизонтальним напрямком зонду-

вання), до значень кутів $\alpha=90^\circ$, а також те, що цей спосіб не може бути застосований для вимірювання анізотропії температури у приземному шарі Землі біля її поверхні.

В основу винаходу способу вимірювання анізотропії температури повітря покладена задача підвищення вірогідності і точності вимірювання коефіцієнта анізотропії температури повітря K_T , а також розширення можливості способу за рахунок безпосереднього вимірювання температури повітря одночасно чотирма термометрами, встановленими на двох взаємно перпендикулярних напрямках, які дискретно повертаються у вертикальній площині на 90° після кожного вимірювання.

Ця задача вирішена таким чином.

У способі вимірювання анізотропії температури повітря, що включає в себе одночасне визначення температури повітря в двох взаємно перпендикулярних напрямках (наприклад, у горизонтальному і вертикальному) і обчислення за знайденими значеннями температури коефіцієнта анізотропії температури K_T за формулою $K_T = \frac{T_1}{T_2}$, де T_1 - температура повітря для горизонтального напрямку, а T_2 - для вертикального напрямку, згідно з винаходом, температуру повітря вимірюють безпосередньо та одночасно чотирма термометрами, встановленими на двох взаємно перпендикулярних напрямках (наприклад, вертикальному і горизонтальному) таким чином, що один з них вимірює температуру для молекул, що летять зверху, другий - для молекул, що летять знизу, третій - для молекул, що летять справа, четвертий - для молекул, що летять зліва, причому після одночасного вимірювання температури повітря для зазначених чотирьох напрямків, потім за вимірюваними у такий спосіб значеннями температури для кожного термометра обчислюються коефіцієнти анізотропії температури повітря (K_{Tv} , K_{Tr} , K_{Tv_r}) за формулами: $K_{Tv} = \frac{T_{zv}}{T_{zn}}$, де T_{zv} - температура повітря, виміряна для молекул, що летять зверху, T_{zn} - температура повітря, виміряна для молекул, що летять знизу; $K_{Tr} = \frac{T_{pr}}{T_{zl}}$, де T_{pr} - температура повітря, виміряна для молекул, що летять справа, T_{zl} - температура повітря, виміряна для молекул, що летять зліва; $K_{Tv_r} = \frac{T_r}{T_v}$, де T_r - середньоарифметичне значення температури, вимірюної для молекул, що летять справа і зліва, а T_v - середньоарифметичне значення температури, вимірюної для молекул, що летять зверху і знизу і, таким чином, для кожного термометра за вимірюваними їм же значеннями температури обчислюються зазначені вище коефіцієнти анізотропії температури повітря (K_{Tv} , K_{Tr} , K_{Tv_r}).

Розглянемо спосіб більш докладно.

На Фіг.1 подана функціональна схема пристрою, за допомогою якого можна реалізувати запропонований спосіб.

На Фіг.2 представлена схема розташування датчиків температури в блоці датчиків температури.

На Фіг.3 представлена тимчасова залежність температури повітря (вірніше, опору, що обернено пропорційний температурі повітря), виміряної одночасно і безпосередньо чотирма термометрами, установленими на двох взаємно перпендикулярних напрямках (вертикальному і горизонтальному) таким чином, що один з них 1 - вимірював температуру повітря для молекул, що летять зверху (+), другий - 2 - вимірював температуру повітря для молекул, що летять знизу (⊕), третій - 3 - вимірював температуру повітря для молекул, що летять справа (*), четвертий - 4 - вимірював температуру повітря для молекул, що летять зліва (□). Вимірювання проводилися 29.08.2005р. з 11¹⁵ до 12⁰⁰ місцевого часу в умовах ясної, тихої погоди при температурі повітря $t=25-28^{\circ}\text{C}$ на полігоні на відкритій площадці на висоті 1,5 м над рівнем Землі.

Як впливає з Фіг.3, спостерігається яскраво виражене розходження виміряних одночасно температур: температура молекул, що летять вниз - 1 (+), виявилася менше температур молекул, що летять вгору - 2 (⊕), справа - 3 (*) і зліва - 4 (□), а температура молекул, що летять вгору - 2 (⊕), виявилася менше температури молекул, які летять справа - 3 (*) і зліва - 4 (□), що виявилися близькими за величиною між собою.

Результати на Фіг.3 представлені з урахуванням каліброваних характеристик термометрів.

Розходження температур, що спостерігається, для молекул, які летять вгору і вниз, складає близько $\sim 0,3^{\circ}\text{C}$.

Суть способу

За допомогою чотирьох термометрів, встановлених у чотирьох точках на осях двох взаємно перпендикулярних ліній (див. Фіг.2, де представлена схема розташування датчиків температури в вертикальній площині), одночасно вимірюють безпосередньо температуру повітря для молекул, що летять зверху - 1, для молекул, що летять знизу - 2, для молекул, що летять справа - 3, і для молекул, що летять зліва - 4 і за обмірюваними у такий спосіб значеннями температури обчислюють коефіцієнти анізотропії (K_{TB} , K_{TG} , K_{TBG}) за формулами

$$K_{TB} = \frac{T_{зв}}{T_{зн}}, \text{ де } T_{зв} - \text{температура повітря, виміряна}$$

для молекул, що летять зверху, $T_{зн}$ - температура повітря, виміряна для молекул, що летять знизу;

$$K_{TG} = \frac{T_{пр}}{T_{зл}}, \text{ де } T_{пр} - \text{температура повітря, виміряна}$$

на для молекул, що летять справа, $T_{зл}$ - температура повітря, виміряна для молекул, що летять

$$\text{зліва; } K_{TBG} = \frac{T_G}{T_B}, \text{ де } T_G - \text{середньоарифметичне}$$

значення температури, виміряної для молекул, що летять справа і зліва, а T_B - середньоарифметичне значення температури, виміряної для молекул, що

летять зверху і знизу. Отже, за допомогою даного способу вимірюється одночасно анізотропія: для вертикальної швидкості молекул шляхом порівняння температур, виміряних для молекул, що летять зверху і знизу, для горизонтальної швидкості шляхом порівняння температур, виміряних для молекул, що летять справа і зліва і для середньоарифметичного значення температур, виміряних для молекул, що летять зверху і знизу та зліва і справа шляхом порівняння усереднених значень температур, виміряних для горизонтального і вертикального напрямків.

Температура повітря для зазначених чотирьох напрямків вимірюється через визначені інтервали часу, обумовлені інерційністю термометра. Чутливість способу до змін анізотропії температури повітря визначається чутливістю термометра до флуктуацій температури повітря, пов'язаними з різними факторами.

Розглянемо пристрій для реалізації запропонованого способу, функціональна схема якого представлена на Фіг.1, яка містить блок датчиків - 1, що містить чотири датчики температури - 2, 3, 4, 5, виходи яких приєднані до входу вимірювача температури - 6, вихід якого приєднаний до входу ЕОМ-7, вихід якої приєднаний до вимірювача температур - 6 і блокові датчиків - 1.

Розглянемо роботу пристрою.

За командою з ЕОМ (7) встановлюється вихідний напрямок блока датчиків температури в заданих у вертикальній площині напрямках. Потім за командою з ЕОМ (7) за заданою програмою послідовно через визначені інтервали часу одночасно для всіх чотирьох датчиків температури вимірюється температура повітря і за виміряними даними обчислюються необхідні коефіцієнти анізотропії повітря для одержання часових та інших залежностей величини K_T .

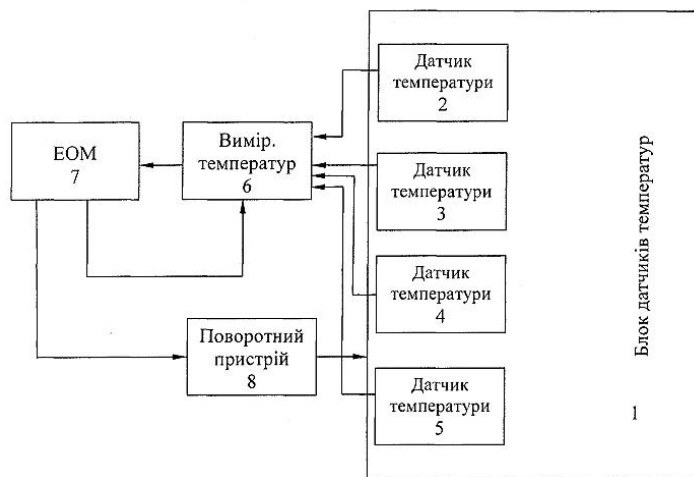
Часові інтервали, через які зчитуються показання датчиків температури, визначаються інерційністю датчиків.

Як датчики температури повітря можуть бути використані найрізноманітніші елементи (резистори, термістори і багато інших в залежності від цілей проведених вимірів). Як резисторні датчики можуть бути використані дровотів (з золота, платини, міді й інших металів), а також на іншій основі.

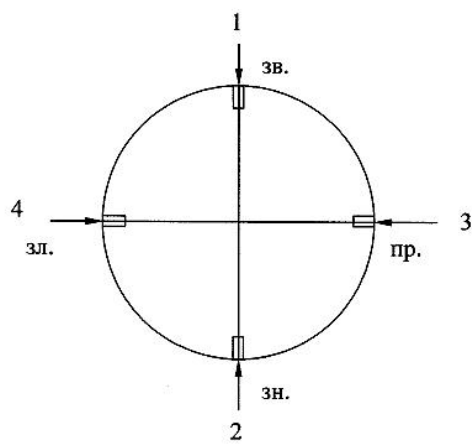
Як впливає з вищесказаного і Фіг.3, запропонований спосіб, по-перше, дозволяє проводити вимірювання анізотропії температури атмосфери в тих випадках, коли дистанційні способи виявляються непридатними (наприклад, у поверхні Землі), по-друге, запропонований спосіб дає можливість одержувати більш надійні результати оцінки анізотропії, оскільки, по-перше, вимірюється температура атмосфери безпосередньо термометром, причому, прямо для заданих напрямків, для яких обчислюється коефіцієнт анізотропії, крім того, запропонований спосіб дозволяє вимірювати миттєві значення анізотропії температури повітря, що включає вплив часових флуктуацій температури повітря на вимірювану анізотропію повітря. Пропонований спосіб дозволяє одержувати якісно нові відомості про анізотропію температури - дозволяє вимірювати анізотропію температури повітря

окремо для вертикальної складової швидкості молекул, а також для горизонтальної складової

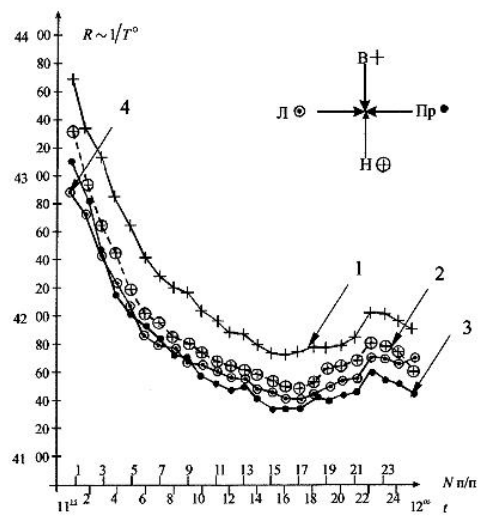
швидкості молекул і для будь-якого кута місця, причому, одночасно.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3