

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 за прогнозом зв'язку, навігації і радіолокації.

Відомий спосіб визначення типу температурної стратифікації атмосфери (Chen Jen Joun, Li Shinning, Ju Naiping, 1984, The C_N^2 measurements by Sodar and contact metod. „Dase KESUE“, Sci. atmog. Sen., V.8, №2, p. 153)

на підставі порівняння структурної характеристики флуктуацій показника заломлення звукових хвиль C_N^2 , отриманої на підставі вимірюваних амплітуд акустичних ехо-сигналів вертикально спрямованим содаром, розташованим у основи метеорологічної вишки, зі структурною характеристикою температурних флуктуацій C_T^2 , отриманих на підставі вимірюваних за допомогою двоточкового термометра з горизонтальною базою $L \approx 1\text{м}$, розташованого на метеорологічній вишці на висоті близько 80м, причому порівнюються значення структурних характеристик, отриманих на підставі содарних вимірювань і отриманих за допомогою двоточкового термометра з горизонтальною базою, для однієї і тієї самої висоти, на якій розташовується двоточковий термометр з горизонтальною базою. Тип температурної стратифікації визначається на підставі порівняння структурних характеристик флуктуацій температури, отриманої содаром для флуктуацій температури у вертикальному напрямку, і отриманої за допомогою двоточкового термометра для флуктуацій температури в горизонтальному напрямку, причому приймалося, що якщо величина $\frac{C_N^2}{C_T^2} > 1$ стратифікація стійка, при $\frac{C_N^2}{C_T^2} = 1$ стратифікація

нейтральна і при $\frac{C_N^2}{C_T^2} < 1$ стратифікація итлива.

Недоліком такого способу є те, що цей спосіб не є чисто дистанційним, а вимагає застосування до акустичного методу метеорологічної вишки.

Найбільш близьким за технічною суттю до заявленого є спосіб визначення типу температурної стратифікації атмосфери (Патент України №46522 А 6МПК G01S 13/95 опубл. 15.05.2002 р. Бюл. №5 2002 р.) шляхом акустичного зондування атмосфери в моностатичному режимі з однієї точки на місцевості у вертикальному напрямку і під деяким кутом місця в одному або декількох напрямках, причому кількість похилих зондувань і величина кутів зондування обираються з умов одержання необхідної точності визначення типу температурної стратифікації, одночасно або по черзі і для кожного напрямку проводять реєстрацію залежності амплітуди прийнятого акустичного ехо-сигналу від дальності R і за обмірюваними амплітудними залежностями визначають висотну залежність коефіцієнта анізотропії ($K_a = f(h)$) і за величиною і знаком коефіцієнта анізотропії визначають тип температурної стратифікації та її величину, причому коефіцієнт анізотропії визначається для кожної висоти за формулою

$$K_a = \frac{Ar_1}{Ar_2},$$

де Ar_1 - амплітуда ехо-сигналу на даній висоті при вертикальному зондуванні;

Ar_2 - амплітуда акустичного ехо-сигналу, знайдена для горизонтального напрямку графічно шляхом апроксимації залежності $\lg Ar = f(\lg \alpha)$ до перетинання її з віссю $\lg Ar$ при значеннях $\alpha = 90^\circ$ (де α - кут між вертикаллю і напрямком зондування), причому під час побудови залежності $\lg Ar = f(\lg \alpha)$ значення Ar для кожного напрямку приводять до загальної висоти, тобто для заданої висоти h і значення величини похилої дальності R_a , для якої визначається амплітуда ехо-сигналу, знаходиться як $R_a = \frac{hn}{\cos \alpha_n}$, і для кожного напрямку

обмірювану амплітуду ехо-сигналу збільшують $\frac{1}{\cos \alpha}$ разів для компенсації розходження в загасанні прийнятих

хвиль, пов'язаних з розходженням відстаней величин R і h , де α - кут між вертикаллю і напрямком зондування, і в такий спосіб для кожної висоти визначають величину K_a , а потім одержують висотну залежність величини K_a , і на підставі отриманої висотної залежності K_a визначають для кожного висотного інтервалу тип і величину температурної стратифікації, використовуючи градуйовану залежність, заздалегідь отриману при одночасному вимірюванні на метеорологічній вишці різниці температур на двох прилеглих висотах, і обмірюваного одночасно для цих висот коефіцієнта анізотропії K_a за допомогою акустичного локатора, встановленого у основи вишки на землі.

Недоліком цього способу є те, що він має недостатньо високу точність, оскільки коефіцієнт анізотропії визначається для турбулентних пульсацій температури і для одержання необхідної точності потрібне одержання великого статистичного масиву даних, що не завжди прийнятне.

В основу винаходу способу вимірювання типу температурної стратифікації атмосфери покладена задача шляхом використання ефекту, відповідно до якого середня величина хаотичної швидкості молекул атмосфери в горизонтальному і вертикальному напрямку різна, і це розходження залежить від температурної стратифікації атмосфери, забезпечить дистанційне вимірювання типу температурної стратифікації атмосфери з високою точністю.

Ця задача вирішена в такий спосіб.

У способі визначення типу температурної стратифікації атмосфери, що включає в себе вимірювання коефіцієнта анізотропії (K_a) температурних неоднорідностей атмосфери і на підставі обмірюваного коефіцієнта анізотропії і знятої заздалегідь залежності коефіцієнта анізотропії (K_a) від типу температурної стратифікації атмосфери, визначення типу температурної стратифікації атмосфери, згідно з винаходом, коефіцієнт анізотропії вимірюють не для температурних неоднорідностей атмосфери, а для хаотичної швидкості молекул (v) шляхом вимірювання фази акустичного ехо-сигналу (φ), у вертикальній площині, що пов'язана з хаотичною швидкістю

молекул відомим співвідношенням ($\varphi \sim \frac{1}{v}$, при імпульсному монотонічному акустичному зондуванні атмосфери

у вертикальній площині одночасно в двох або більш різних за кутом місця (β) напрямках, причому

для розширення діапазону вимірюваної температурної стратифікації атмосфери виконують множення частоти прийнятого ехо-сигналу в n разів, а також роблять розподіл частоти прийнятого ехо-сигналу в n разів, причому вибір величини n визначається умовою, для якої вимірюють температурну стратифікацію, причому коефіцієнт анізотропії фази акустичного ехо-сигналу (K_φ) визначають на підставі отриманої залежності фази акустичного ехо-сигналу (φ) від кута місця (β) $\varphi = f(\beta)$, як різниця значень $K_\varphi = (\varphi_\beta - \varphi_\gamma)$, де φ_γ - значення фази для горизонтального напрямку, знайдене при екстраполяції залежності $\varphi = f(\beta)$ для кутів $\beta = 0^\circ$ а φ_γ - значення фази для вертикального напрямку, отримане для кутів $\beta = 90^\circ$, потім для отриманого в такий спосіб коефіцієнта анізотропії фази акустичного ехо-сигналу $K_\varphi - \varphi_\beta - \varphi_\gamma$ на підставі заздалегідь експериментальне отриманої залежності коефіцієнт анізотропії фази акустичного ехо-сигналу K_φ від типу температурної стратифікації атмосфери, визначають тип температурної стратифікації атмосфери.

Розглянемо спосіб більш докладно.

На фіг. 1 наведена функціональна схема пристрою, за допомогою якого можна реалізувати запропонований спосіб.

На фіг. 2 подана часова залежність фази акустичного ехо-сигналу, отримана за допомогою пристрою, наведеного на фіг. 1 [Делов Иван Акиндинович, Слипенко Николай Иванович. Результаты экспериментальных исследований анизотропии молекулярных процессов атмосферы с помощью акустического зондирования // Прикладная радиоэлектроника. Всеукр. научн.-техн. сб., 2004, том 3, № 3. - Харьков: ХНУРЭ. - С. 27-36].

Тут: Δ - фаза, обмірювана для вертикального напрямку; $+$ - фаза, обмірювана для кутів $\alpha = 22^\circ$ у західному напрямку; \bullet - фаза, обмірювана для кутів $\alpha = 22^\circ$ у східному напрямку (де α - кут між вертикаллю і напрямком зондування). Вимірювання проводилися 20.03.2004 р. при хмарній погоді після нічного дощу, при помірному вітрі і при температурі повітря 5°C . Висота зондування - до 85м.

На фіг. 3 наведені такі самі залежності, що і на фіг. 2, але отримані іншим часом і для іншої температурної стратифікації. Результати отримані 6.02.2004 р. при хмарній погоді після нічного дощу і при температурі повітря 0°C . Позначення тут такі самі, як і на фіг. 2.

У табл. 1 наведені дані оцінки коефіцієнта анізотропії фази акустичного ехо-сигналу і відповідні їм оцінки температурної стратифікації.

Таблица 1

№п/п	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31
$\varphi_{\Delta}(\alpha = 0)$	200	100	230	135	25	25	255	265	225	250	225
$\varphi_{+}(\alpha = 22)$	200	75	60	210	64	65	52	50	52	53	52
$K_\varphi = \varphi_0 - \varphi_{22}$	0	25	170	-75	39	40	203	215	173	197	173
тип стратифікації	нейтральна	стійка	хитлива				стійка				

У табл. 2 наведені дані оцінки коефіцієнта анізотропії температури атмосфери і відповідні їм оцінки температурної стратифікації.

Таблица 2

Час	10^{50}	11^{20}	12^{50}	13^{00}	13^{50}
$\varphi_{\Delta}(\alpha = 0)$	125	50	125	45	225
$\varphi_{+}(\alpha = 22)$	250	240	210	225	225
$K_\varphi = \varphi_0 - \varphi_{22}$	-125	-190	-85	-180	0
тип стратифікації	хитлива				нейтральна

Подані в табл. 1 і 2 результати були отримані в такий спосіб. З графіків фіг. 2 і фіг. 3 для кожної точки на осі часу знаходилася різниця обмірюваних одночасно значень фази φ для двох кутів а як $\Delta\varphi = \varphi_{22} - \varphi_0$ (для $\alpha = 0^\circ$ і для $\alpha = 22^\circ$ (західний напрямку), де α - кут між вертикаллю і напрямком променя зондування).

Оскільки в даних вимірюваннях не знімалася залежність коефіцієнта анізотропії фази акустичного ехо-сигналу від типу температурної стратифікації атмосфери, то на підставі наведених тут експериментальних даних ми зробили якісну оцінку типу температурної стратифікації атмосфери, прийнявши за величину коефіцієнта анізотропії фази акустичного ехо-сигналу K_φ значення $K_\varphi = \varphi_0 - \varphi_{22}$. Причому, для оцінки типу температурної стратифікації за знайденими у такий спосіб значеннями K_φ , ми скористалися наведеними в роботі [Бондаренко Михаил Федорович, Делов Иван Акиндинович, Слипенко Николай Иванович, Леонидов Алексей Викторович. Результаты измерений анизотропии температуры атмосферы в приземном слое Земли контактным способом // Прикладная радиоэлектроника. Всеукр. научн.-техн. сб., 2005, том 4, №4. - Харьков: ХНУРЭ. - С. 383-393] даними, згідно з якими при $K_\varphi > 1$ температурна стратифікація вважається стійкою, при $K_\varphi - 1$ - нейтральною, а при $K_\varphi < 1$ - хитливою (нагадаємо, що фаза акустичного ехо-сигналу φ обернено пропорційна хаотичній швидкості

молекул $v_0 - \varphi \sim \frac{1}{v_0}$.

Як впливає з фіг. 2 і табл. 1, стратифікація спочатку вимірів була байдужою, потім стала стійкою, потім - хитливою, а потім знову стала стійкою.

З фіг. 3 і табл. 2 випливає, що стратифікація в період вимірювань була хитлива, і лише під кінець стала нейтральною.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє досить чітко і точно визначати тип температурної стратифікації, оскільки зміни температурної стратифікації атмосфери досить чітко виявляються на вимірюваних фазових характеристиках акустичних ехо-сигналів.

Суть способу.

У способі використовується встановлений [Бондаренко Михаил Федорович, Делов Иван Акиндинович, Слипченко Николай Иванович, Леонидов Алексей Викторович. Результаты измерений анизотропии температуры атмосферы в приземном слое Земли контактнм способом // Прикладная радиоэлектроника. Всеукр. научн.-техн. сб., 2005, том 4, №4. -Харьков: ХНУРЭ. - С. 383-393] ефект анізотропії хаотичної швидкості молекул атмосфери, відповідно до якого середня величина хаотичної швидкості молекул для вертикального і горизонтального напрямку різні, і це розходження пов'язане з температурною стратифікацією атмосфери, причому відомо, що фаза акустичного ехо-сигналу φ обернено пропорційна

хаотичній швидкості молекул (v) $\varphi \sim 1/v$.

Тому за допомогою акустичного зондування атмосфери вимірюють анізотропію фази акустичного ехо-сигналу φ , що обернено пропорційна хаотичній швидкості молекул v . Потім, маючи заздалегідь отриману залежність анізотропії фази акустичного ехо-сигналу від температурної стратифікації атмосфери для обмірюваної анізотропії фази визначають тип температурної стратифікації.

Для вимірювання анізотропії фази акустичного ехо-сигналу відбувається акустичне імпульсне моностаціональне зондування у вертикальній площині одночасно в двох або більш різних за кутом місця напрямках β , причому для розширення меж вимірюваної температурної стратифікації вимірювання фази акустичного ехо-сигналу ведуть для трьох режимів: для помноженої в p разів частоти ехо-сигналу, при поділеній на p разів частоті ехо-сигналу, і на частоті зондування. Зміни кута зондування β відбуваються по черзі через короткі проміжки часу (2-3 хвилини) шляхом зміни напрямку діаграми спрямованості приймально-передавальної антени. Вимірювання фази акустичного ехо-сигналу відбувається або за допомогою імпульсного фазометра, або іншого пристрою, протягом обраного однакового для всіх напрямків вимірювального строга ($\Delta t_{\text{изм}}$).

Потім за обмірюваною в такий спосіб фазою акустичного сигналу будують залежність фази акустичного ехо-сигналу φ від кута місця $\beta = f(\beta)$ і визначають коефіцієнт анізотропії фази акустичного ехо-сигналу K_φ як різницю значень $K_\varphi = \varphi_\beta - \varphi_\gamma$ де φ_γ - значення фази для горизонтального напрямку, знайдене при екстраполяції залежності $\varphi = f(\beta)$ для кутів $\beta = 0^\circ$, а φ_β - значення фази для вертикального напрямку, отримане для кутів $\beta = 90^\circ$.

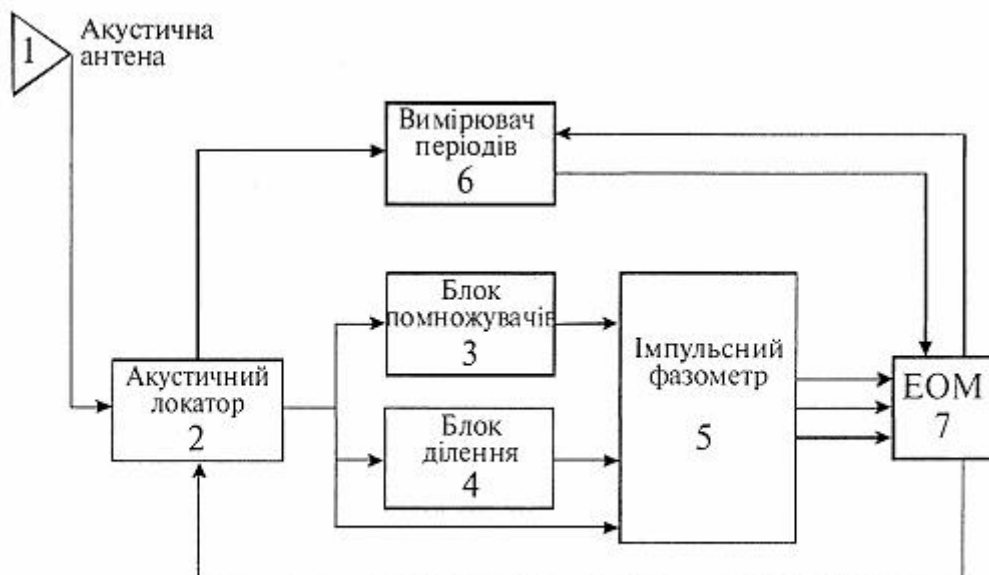
Після чого для знайденого в такий спосіб значення коефіцієнта анізотропії фази акустичного ехо-сигналу $K_\varphi = \varphi_\beta - \varphi_\gamma$ на підставі заздалегідь отриманої експериментальної залежності коефіцієнта анізотропії фази акустичного ехо-сигналу від типу температурної стратифікації атмосфери, визначають тип температурної стратифікації атмосфери.

Розглянемо пристрій для реалізації способу, функціональна схема якого наведена на фіг. 1, що має акустичну антену (1), приєднану до акустичного локатора (2), який приєднаний до блока множення частоти (3), приєднаним до імпульсного фазометра (5), до блока розподілу частоти (4), що приєднаний до імпульсного фазометра (5), який приєднаний з ЕОМ (7), до імпульсного фазометра (5), вимірювач періодів (6), входом приєднаний до виходу акустичного локатора (2), а виходом - до ЕОМ (7), ЕОМ (7), входом приєднану до імпульсного фазометра (5) і вимірювача періодів (6), а виходом - до акустичного локатора (2) і вимірювача періодів (6).

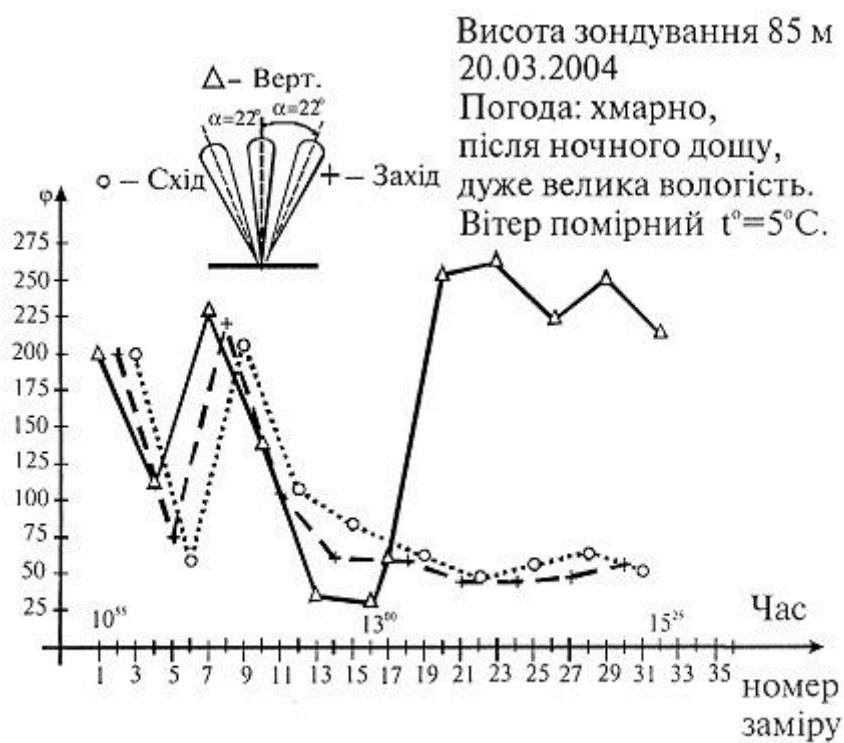
Пристрій працює в такий спосіб.

За сигналом з ЕОМ (7) акустичний локатор (2) через акустичну антену (1) випромінює пакет гармонійних акустичних хвиль в атмосферу з заданої ЕОМ (7) програмою тривалості. Після чого акустична антена (1) переключається на прийом і веде прийом акустичних ехо-сигналів, розсіяних атмосферними неоднорідностями, на стробованій висоті (дальності). В акустичному локаторі (2) прийняті звукові хвилі перетворюються в електричні коливання і потім надходять до блока помножувачів (3), де частота коливань збільшується в p разів. Одночасно до блока помножувачів (3) з акустичного локатора (2) надходять електричні коливання, з яких формуються в акустичному локаторі (2) випромінювані звукові коливання і збільшуються в таке саме число разів, до блока розподілу частоти (4), де частота коливань поділяється на p . Одночасно до блока дільників частоти (4) надходять електричні коливання, з яких формуються в акустичному локаторі (2) випромінювані звукові коливання, і поділяються на таке саме число. З виходу блока помножувачів (3), блока дільників частоти (4) і з виходу локатора прийняті ехо-сигнали надходять на три різних виходи імпульсного фазометра (5). Крім того, щоб вимірювати фазу акустичного ехо-сигналу, прийнятого ехо-сигналу на частоті зондування, в імпульсний фазометр (5) також надходять електричні коливання, з яких формуються коливання випромінюваної звукової хвилі. В імпульсному фазометрі (5) вимірюються початкові фази електричних ехо-сигналів, прийнятих на частоті зондування, помножених у p разів і поділені на p разів. Обмірювані в такий спосіб початкові фази акустичних ехо-сигналів для різних кутів місця (β) надходять потім одночасно в ЕОМ (5), де за заданим алгоритмом визначається коефіцієнт анізотропії фази акустичного ехо-сигналу (K_φ) і за заздалегідь знятою залежністю анізотропії фази (K_φ) від типу температурної стратифікації атмосфери визначається тип температурної стратифікації, що спостерігається на обмірюваних у даний момент часу висотах.

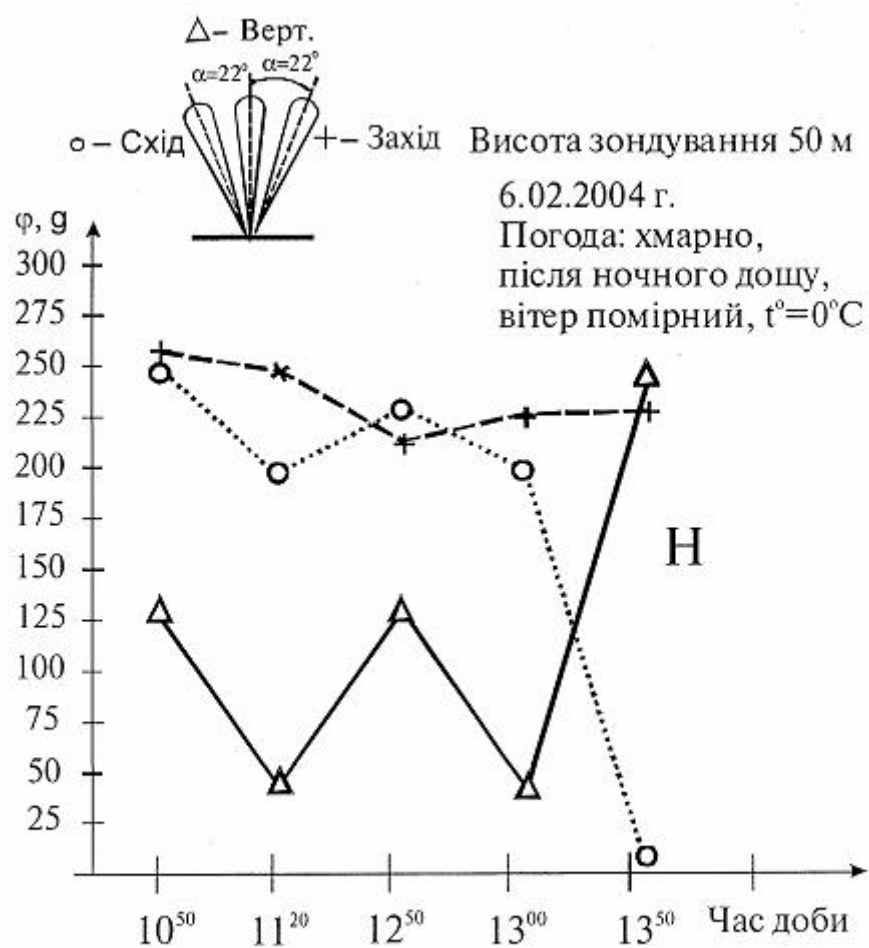
Як впливає з вищесказаного, пропонований спосіб дозволяє дистанційно вимірювати з високою точністю температурну стратифікацію в широких межах її змін.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3