



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121159** (13) **U**
(51) МПК
G01S 13/95 (2006.01)
G01W 1/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

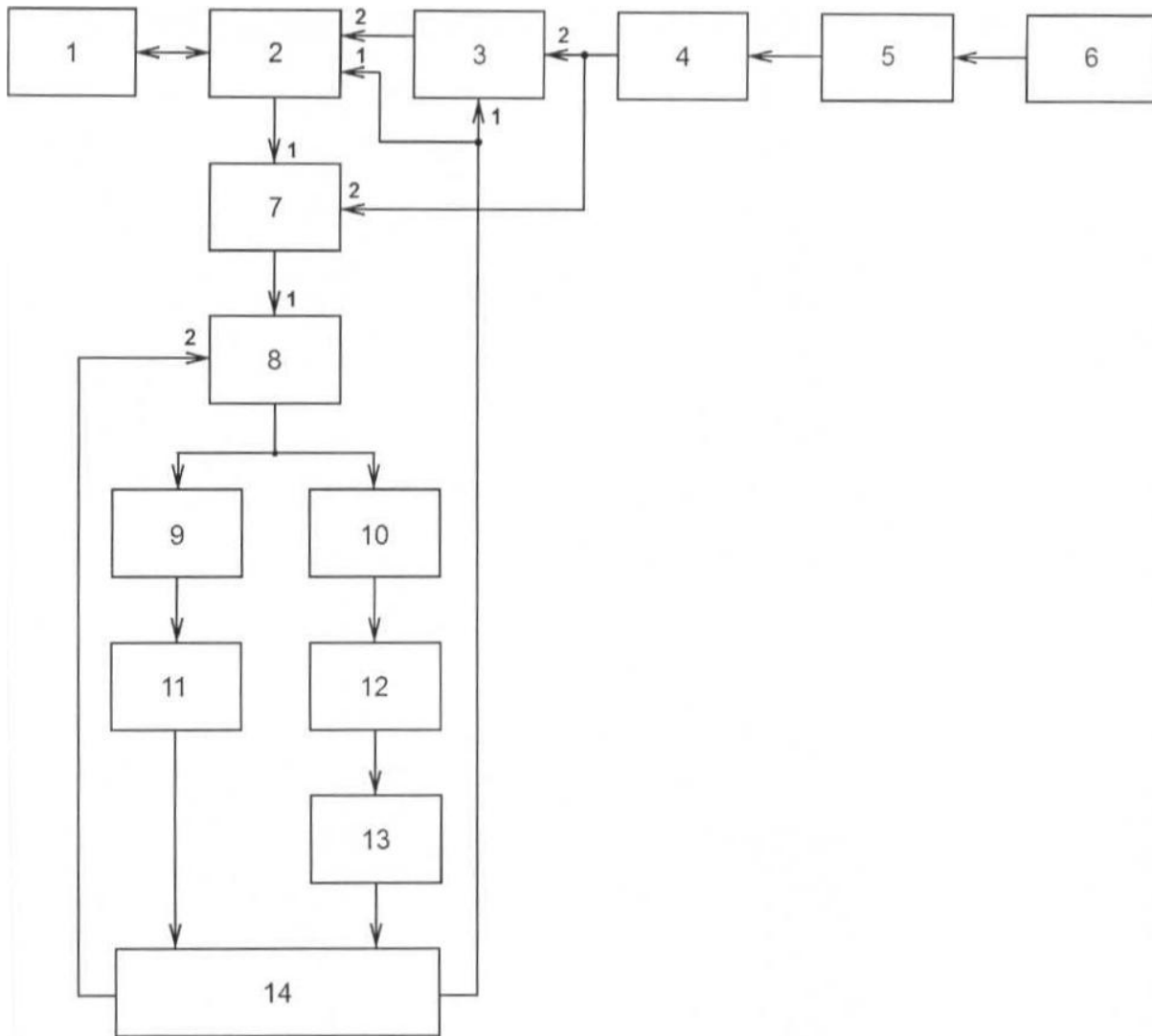
(21) Номер заявки: u 2017 06157	(72) Винахідник(и): Карташов Володимир Михайлович (UA), Сідоров Геннадій Іванович (UA), Шейко Сергій Олександрович (UA), Полонська Анна Сергіївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.06.2017	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.11.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.11.2017, Бюл.№ 22	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166 (UA)

(54) АКУСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТУРБУЛЕНТНОСТІ В АТМОСФЕРНОМУ ПРИКОРДОННОМУ ШАРІ

(57) Реферат:

Акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі містить перестроюваний по частоті передавач, комутатор передавання-приймання, передавально-приймальну антену, перестроюваний по частоті приймач, блок затримки, блок виділення сигналу з вибраної висоти зондування, до виходу якого паралельно підключені послідовно з'єднані квадратичний детектор, перший блок інтегрування-усереднення і послідовно з'єднані лінійний детектор, другий блок інтегрування-усереднення, квадратор, виходи першого блока інтегрування-усереднення і квадратора підключені до двох входів обчислювального блока, перший вихід обчислювального блока підключений до входів передавача і комутатора передавання-приймання, другий вихід обчислювального блока підключений до другого входу блока виділення сигналів. Додатково введені послідовно включені мікрофон з круговою діаграмою спрямованості, аналізатор спектра зовнішніх акустичних завад та блок керування частотами передавача та приймача, вихід якого підключений до першого входу передавача та до другого входу приймача.

UA 121159 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до прикладної метеорології і призначена для дистанційних досліджень атмосферного прикордонного шару способом акустичної локації з метою прогнозування небезпечних явищ, викликаних атмосферними фронтами та турбулентністю. Це необхідно для забезпечення зльоту та посадки літаків та для складання місцевих прогнозів погоди.

Турбулентність і вертикальні струми є основним механізмом, визначаючим взаємодію підстилаючої поверхні з атмосферою, і тому традиційно вивчаються за допомогою аеростатних, шаропілотних та інших контактних засобів (Воронцов П.А. Турбулентность и вертикальные токи в пограничном слое атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 380 с). Ефективними для вивчення атмосферних процесів і турбулентності в атмосферному прикордонному шарі є дистанційні методи зондування (Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферы. Новосибирск: Наука, 1986. - 169 с.).

Відомий "Спосіб акустичного зондування атмосфери і пристрої для його здійснення" (Авторське свідоцтво СРСР № 834652. МПК G01 W 1/06, G 01 P 5/00. Публ. 30.05.1981. Бюл. № 20).

Пристрій для здійснення цього способу містить приймально-передавальну антену з гучномовцями, передавач і приймач, з'єднані з антеною через комутатор приймання-передавання, та забезпечене давачем горизонтальної складової швидкості вітру та з'єднаним з ним перемикачем кількості гучномовців, включеним між антеною і комутатором приймання-передавання.

Недоліком є те, що цей пристрій дозволяє лише виявляти неоднорідності в зоні огляду і не здійснює будь-які якісні вимірювання.

Найбільш близьким до пропонованої корисної моделі є пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі (Патент UA № 3819. МПК G01S 13/95. Публ. 27.12.94. Бюл. № 6). Пристрій містить приймально-передавальну антену, комутатор, передавач і приймач, вихід приймача з'єднаний з входом блока стробування, до виходу якого підключені квадратичний детектор і лінійний детектор, з'єднані з блоками інтегрування і усереднення, до виходу блока інтегрування і усереднення, підключеного після лінійного детектора підключений квадратор. Вихід першого блока інтегрування і усереднення і вихід квадратора підключені до входів блока обчислень і реєстрації.

Недоліком пристрою є низька точність вимірювань, обумовлена високим рівнем акустичних завад поблизу земної поверхні в місцях розміщення пристроїв в зонах аеропортів та промислових підприємств.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності вимірювань, яка досягається відстроюванням робочої частоти акустичного локатора від спектра завади.

Поставлена задача вирішується тим, що в акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі, який включає перестроюваний по частоті передавач, комутатор передавання-приймання, передавально-приймальну антену, перестроюваний по частоті приймач, блок затримки, блок виділення сигналу з вибраної висоти зондування, до виходу якого паралельно підключені послідовно з'єднані квадратичний детектор, перший блок інтегрування-усереднення і послідовно з'єднані лінійний детектор, другий блок інтегрування-усереднення, квадратор, виходи першого блока інтегрування-усереднення і квадратора підключені до двох входів обчислювального блока, перший вихід обчислювального блока підключений до входів передавача і комутатора передавання-приймання, другий вихід обчислювального блока підключений до другого входу блока виділення сигналів, згідно з корисною моделлю, додатково введені послідовно включені мікрофон з круговою діаграмою спрямованості, аналізатор спектра зовнішніх акустичних завад та блок керування частотами передавача та приймача, вихід якого підключений до першого входу передавача та до другого входу приймача.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

На фіг. 1 зображена схема запропонованого пристрою.

На фіг. 2 показана залежність k від параметрів прийнятого луна-сигналу, де k є величина, характеризуюча процеси формування результуючого сигналу.

В таблиці надані кількісні критерії поділу інтенсивності турбулентності.

Акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі містить (див. фіг. 1) послідовно з'єднані приймально-передавальну антену 1, комутатор передавання-приймання 2 і передавач 3, вихід комутатора передавання-приймання з'єднаний зі входом приймача 7, вихід якого з'єднаний з входом блока стробування і виділення сигналів 8, до виходу якого підключені квадратичний детектор 9 і лінійний детектор 10, що з'єднані з блоками інтегрування та усереднення 11, 12, до виходу другого блока

інтегрування та усереднення 12 підключений квадратор 13, виходи першого блока інтегрування та усереднення 11 і квадатора 13 підключені до двох входів блока обчислень та реєстрації 14, перший вихід блока обчислень і реєстрації з'єднаний з першими входами передавача 3 і комутатора передавання-приймання 2, другий його вихід підключений до другого входу блока

5 стробування і виділення сигналів 8, а також додатково введені послідовно включені мікрофон 6 з круговою діаграмою спрямованості, аналізатор спектра завад 5 та блок керування частотою 4, вихід блока керування частотою підключений до другого входу передавача 3 та до другого входу приймача 7.

Акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному

10 прикордонному шарі працює наступним чином. Передавач 3, який запускається імпульсами від блока 14 обчислень і реєстрації з частотою повторень, яка визначається максимальною висотою зондування, через комутатор 2, який керується від блока 14 тими ж імпульсами, за допомогою антени 1 випромінює акустичні імпульси вертикально вгору. Відбитий луна-сигнал

15 приймають за допомогою антени 1 через комутатор 2 приймачем 7. Вихідний сигнал приймача стробують в блоці 8 стробування і виділення сигналів з затримкою відносно випроміненого акустичного імпульсу відповідно обраній ділянці висоти. Величина затримки $t_3 = 2H/c_{зв}$, де H - обрана величина досліджуваного шару, $c_{зв}$ - швидкість звуку. Стробоаний сигнал детектується одночасно в квадратичному детекторі 9 і лінійному детекторі 10. З виходів детекторів сигнали надходять до блоків інтегрування та усереднення 11, 12, з виходу блока 11 безпосередньо і з

20 виходу блока 12 через квадратор 13 сигнали надходять до блока 14 обчислень і реєстрації.

Атмосфера завжди турбулізована, але розміри турбулентних вихорів неперервно змінюються. В прикордонному шарі атмосфери відбувається дроблення атмосферних вихорів доти, доки не досягається величина числа Рейнольдса, менша критичного значення. Виниклі найдрібніші вихори, розмір яких відповідає внутрішньому масштабу турбулентності, стійкі.

25 Інтенсивні відбиті акустичні сигнали виникають при достатньо великій спектральній густині температурних флуктуацій, масштаб яких дорівнює половині довжини падаючої звукової хвилі. Оскільки пульсації температури і пульсації вітру корельовані, відбитий акустичний сигнал несе інформацію про атмосферну турбулентність, інтенсивність якої може бути визначена за характеристиками цього сигналу. При цьому великомасштабна турбулентність викликає лише

30 додаткове зміщення всього спектра доплерівських частот відбитого сигналу по частотній осі. Дрібномасштабні вихори і температурні пульсації, співрозмірні з розмірами розсіюючого об'єму і довжиною хвилі акустичного локатора, викликають флуктуації обвідної луна-сигналу і розширення його спектра.

Обвідна луна-сигналу при однаковому порядку величин випадкових складових вхідного

35 сигналу і рівномірному розподілі фаз, розподілена за узагальненим законом Релея (законом Райса) (Тихонов В.И. Статистическая радиотехника, М: Сов. Радио, 1978. - 512 с.)

$$w(E) = \frac{E}{\sigma_E^2} \exp\left(-\frac{E^2 + E_0^2}{2 \cdot \sigma_E^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{E_0 E}{\sigma_E^2}\right),$$

де E - обвідна сумарного вхідного сигналу,

E_0 - амплітуда регулярної складової вхідного сигналу,

40
$$\sigma_E = \sqrt{\sum_i E_i^2 / 2},$$

E_i - амплітуди випадкових складових вхідного сигналу.

Параметром узагальненого закону Релея, характеризуючим процеси формування

результуючого сигналу, є величина $k = E_0 / \sigma_E$. При наявності у розсіюючому об'ємі сталої

45 горизонтальної стратифікації зростає регулярна складова і зменшується сума розсіяних складових відбитого сигналу, в результаті чого параметр k збільшується. При зруйнуванні горизонтальної стратифікації і збільшенні турбулентності різко спадає регулярна компонента і величина k зменшується.

У неявній формі залежність k від параметрів прийнятого луна-сигналу можна надати у вигляді

50
$$\frac{\overline{E^2}}{E^2} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{(1+k^2) \cdot \exp k^2}{\left[(1+k^2) \cdot I_0^2(k^2/2) + k^2 \cdot I_1^2(k^2/2) \right]^2},$$

де I_0 і I_1 - функції Бесселя нульового і першого порядків.

Результати обчислень за цією формулою надані у вигляді графіка на фіг. 2, де параметр k наданий в більш зручній формі $K = 20 \lg k$ для зменшення динамічного діапазону цього параметра.

Атмосферна турбулентність за ступенем впливу на літальні апарати розділяється на чотири класи і може бути кількісно описана середньоквадратичними значеннями пульсацій вертикальної складової швидкості вітру.

В таблиці надані кількісні критерії поділу інтенсивності турбулентності на класи за величиною середньоквадратичних пульсацій вертикального вітру і відповідним їм значенням параметра $K=20lgk$.

Недоліком усіх систем акустичного зондування є низька точність вимірювань в умовах високих рівнів акустичних завад поблизу земної поверхні в зонах аеропортів, жвавих магістралей і промислових підприємств. У розробленому акустичному пристрої для визначення параметрів турбулентності мікрофон з круговою діаграмою спрямованості 6 перетворює акустичні завади в електричні, які подаються на вхід спектроаналізатора 5, який між сеансами зондування визначає частоти, на яких акустичні завади мають максимальну інтенсивність, а блок керування частотою 4 виробляє напругу для перестроювання частот передавача 3 і приймача 7 на робочі частоти, які достатньо віддалені від частот спектра максимально інтенсивних акустичних завад. Таким чином забезпечується максимально можливе відношення сигнал/шум, що приводить до мінімізації похибок вимірювань.

Таким чином, завдяки введенню в акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності додаткових блоків і виконанню ними певних дій над прийнятими сигналами досягається підвищення точності вимірювань за рахунок зменшення впливу акустичних завад.

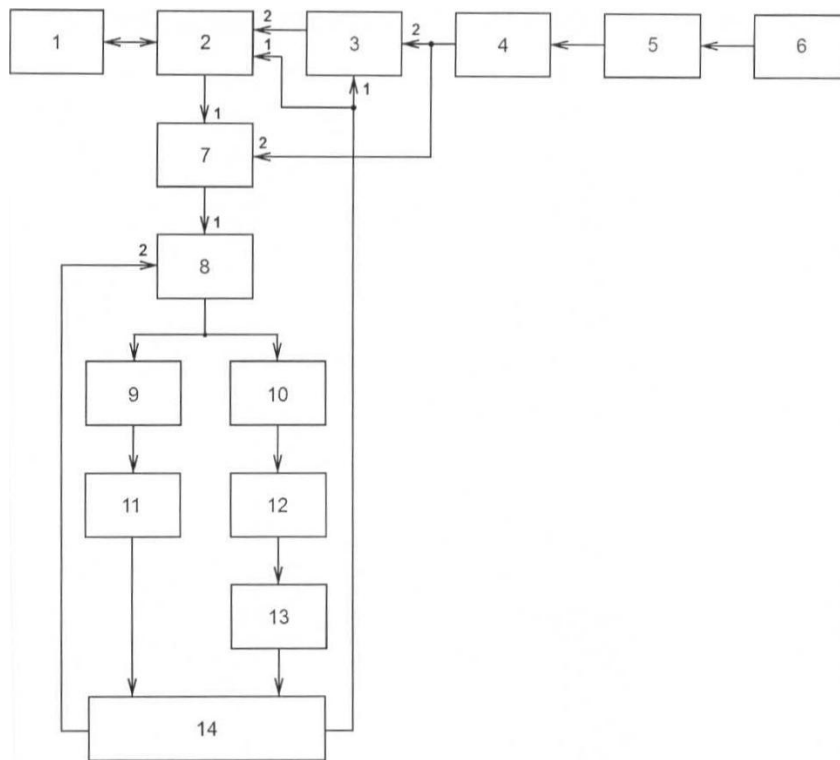
Таблиця

Кількісні критерії поділу інтенсивності турбулентності

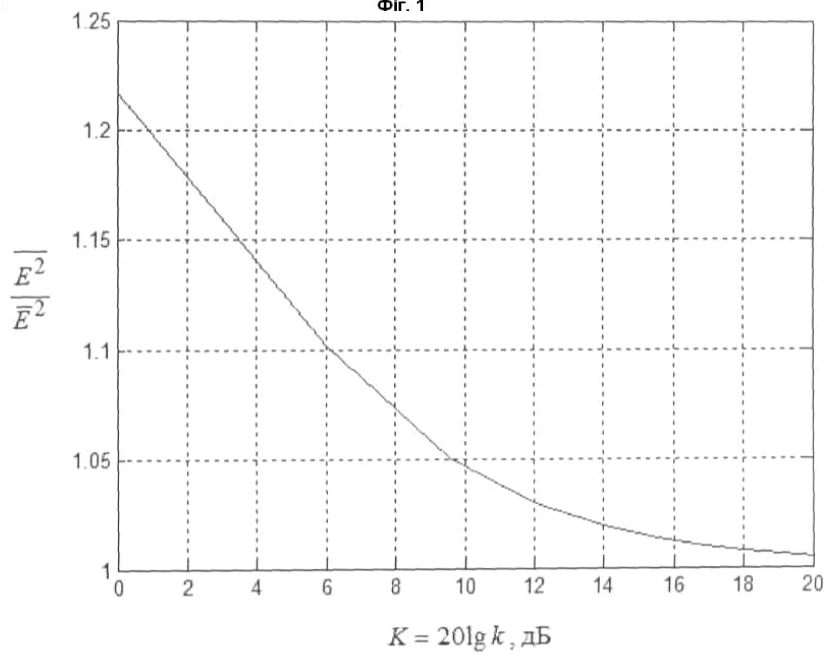
Інтенсивність турбулентності	Середньоквадратичне значення пульсацій, σ , м	K , дБ
Слабка	$\sigma \leq 0,5$	$K \geq 16$
Помірна	$0,5 < \sigma \leq 2,5$	$16 > K \geq 8$
Сильна	$2,5 < \sigma \leq 4,0$	$8 > K \geq 0$
Штормова	$\sigma > 4$	$K < 0$

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі, що містить перестроюваний по частоті передавач, комутатор передавання-приймання, передавально-приймальну антену, перестроюваний по частоті приймач, блок затримки, блок виділення сигналу з вибраної висоти зондування, до виходу якого паралельно підключені послідовно з'єднані квадратичний детектор, перший блок інтегрування-усереднення і послідовно з'єднані лінійний детектор, другий блок інтегрування-усереднення, квадратор, виходи першого блока інтегрування-усереднення і квадратора підключені до двох входів обчислювального блока, перший вихід обчислювального блока підключений до входів передавача і комутатора передавання-приймання, другий вихід обчислювального блока підключений до другого входу блока виділення сигналів, який **відрізняється** тим, що додатково введені послідовно включені мікрофон з круговою діаграмою спрямованості, аналізатор спектра зовнішніх акустичних завад та блок керування частотами передавача та приймача, вихід якого підключений до першого входу передавача та до другого входу приймача.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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