

АКУСТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ТУРБУЛЕНТНОГО СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПРИКОРДОННОГО ШАРУ

Полонська А.С.

Науковий керівник – к.т.н. Сідоров Г.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d_res@nure.ua

The relevance of studies of the turbulent state of the atmospheric boundary layer is given. Using the methods of statistical radio engineering, a mathematical model of the acoustic signal reflected from atmospheric turbulences was developed. A formula is derived that correlates the intensity of the ripples with the values of the reflected acoustic signal. Classification table of intensity of turbulent pulsations is given.

Турбулентність і вертикальні рухи повітря – це головні механізми, що визначають взаємодію підстилаючої поверхні і вільної атмосфери і формують структуру прикордонного шару. Атмосферна турбулентність проявляється у вигляді пульсацій в горизонтальній і вертикальній площинах. Основною характеристикою турбулентного стану повітряного потоку є пульсації швидкості вітру, які добре визначаються при зондуванні атмосфери акустичними хвилями. На кафедрі Медіаінженерії і радіоелектронних систем Харківського національного університету радіоелектроніки протягом багатьох років розробляються методи дистанційного зондування, тому дослідження, яке описане в цій роботі, базується на добре розробленому фундаменті.

Як відомо, параметри розсіяного акустичного сигналу залежать від становища середовища поширення набагато сильніше, ніж параметри радіосигналу.

Атмосферу для акустичної хвилі можна розглядати як велику кількість елементарних відбивачів, які знаходяться в об'ємі розсіювання просторового зондуючого сигналу. При цьому в точку приймання надходить безліч розсіяних атмосферною неоднорідністю сигналів, а обвідну сумарного розсіяного вхідного сигналу E слід розглядати як випадкову величину, що змінюється в часі. В залежності від стану розсіюючого середовища обвідна вхідного сигналу описується законом розподілу імовірностей. Знаючи цей закон, можна визначити стан турболізованості атмосфери. В прикордонному шарі повітря постійно відбуваються процеси зміни розмірів турбулентних вихорів. Інтенсивні відбиті акустичні сигнали виникають при достатньо великій спектральній густині температурних флуктуацій, масштаб яких дорівнює половині довжини падаючої звукової хвилі.

Миттєве значення сигналу акустичного локатора

$$e(t) = E_0 \cos(\omega t - \varphi) + \sum_{i=1}^n E_i \cos(\omega t - \varphi_i), \quad (1)$$

де E_0 – амплітуда регулярної складової вхідного сигналу, E_i – амплітуди випадкових складових вхідного сигналу, φ – фаза регулярної складової вхідного сигналу, φ_i – фази випадкових складових вхідного сигналу.

У содарах (акустичних локаторах) частіше реєструється амплітуда прийнятого сигналу E , яку й потрібно вимірювати й аналізувати.

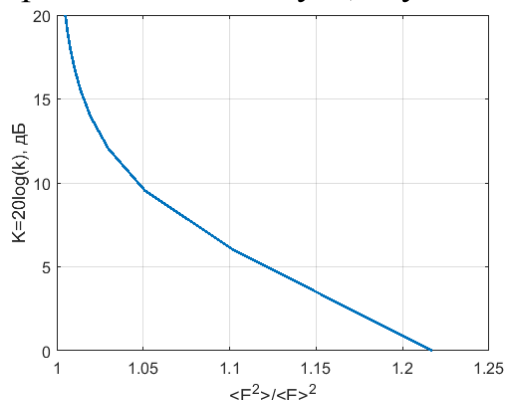


Рисунок 1

При наявності в розсіюючому об'ємі стійкої горизонтальної стратифікації зростає регулярна складова і зменшується сума розсіяних складових відбитого сигналу, в результаті параметр k збільшується. При руйнуванні горизонтальної стратифікації і зростанні інтенсивності турбулентності стрімко падає регулярна складова і величина k зменшується, прагнучи до нуля.

Результат обчислення подано на рис. 1 у вигляді графіку залежності параметра $K = 20 \lg k$ від відношення $\overline{E^2} / \bar{E}^2$.

В табл. 1 наведені кількісні критерії поділу інтенсивності турбулентності на класи за значеннями середньоквадратичних пульсацій вертикального вітру і відповідним їм значенням параметра $K = 20 \lg k$.

Таблиця 1

Інтенсивність турбулентності	Середньоквадратичне значення пульсацій вітру, σ_v , м/с	K , дБ
Слабка	$\sigma_v \leq 0,5$	$K \geq 16$
Помірна	$0,5 < \sigma_v \leq 2,5$	$16 > K \geq 8$
Сильна	$2,5 < \sigma_v \leq 4,0$	$8 > K \geq 0$
Штормова	$\sigma_v > 4$	$K < 0$

Адекватність теоретичної моделі буда доведена обробкою експериментальних даних.

Список літератури: 1. Воронцов П.А. Турбулентность и вертикальные токи в пограничном слое атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 296 с. 2. Патент України на корисну модель G01S 13/95 (2006.01), G01W 1/06 (2006.01). Акустичний пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі / В.М. Карташов, Г.І. Сідоров, С.О. Шейко, А.С. Полонська. – № u201706157; заявл. 19.06.2017; опубл. 27.11.2017, бюл. № 22. 3. Г.І. Сідоров, С.О. Шейко, А.С. Полонська та ін. Акустичний метод вимірювання турбулентного стану атмосферного прикордонного шару. Радиотехника: Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. 2018. 5 с. (Стаття в печаті).