

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО СТАНУ АТМОСФЕРИ ЗА ДОПОМОГОЮ АКУСТИЧНОГО ВИМІРЮВАЧА

Швидкий О.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС,
тел. (057) 702-15-87) e-mail: d_res@nure.ua

The urgency of studies of the turbulent state of the atmospheric boundary layer is given. The processing of experimental data obtained with the help of an acoustic locator KNURE was performed. The resulting source material was classified according to the principle of matching echoes in the fluctuating layer, in a perturbed layer, completely perturbed by the surface layer. The general characteristic of the data obtained was their difference in the degree of excitation of the air environment. Using the Pearson chi-square consistency criterion the adequacy of the theoretical and experimental data was proved.

Турбулентність і вертикальні рухи повітря – це головні механізми, що визначають взаємодію підстилаючої поверхні і вільної атмосфери і формують структуру прикордонного шару. Відомості про турбулентність необхідні при розробці локальних прогнозів таких метеорологічних параметрів як місцеві вітри, зони болтанки літаків, умов поширення різноманітних домішок, що забруднюють атмосферу, а також для забезпечення авіації, вітроенергетики, сільського господарства і т.ін.

Вивчення атмосферної турбулентності в прикордонному шарі традиційно проводилось за допомогою аеростатичного, літакового зондування, а також шаропілотних спостережень. Останнім часом почали застосовуватись радіолокаційні та акустичні методи.

Атмосферна турбулентність проявляється у вигляді пульсацій в горизонтальній і вертикальній площинах. Основною характеристикою турбулентного стану повітряного потоку є пульсації швидкості вітру [1], які добре визначаються при зондуванні атмосфери акустичними хвилями. На кафедрі Медіаінженерії і радіоелектронних систем ХНУРЕ протягом багатьох років розробляються методи дистанційного зондування [2]. Тому дослідження, яке описане в цій роботі, базується на добре розробленому фундаменті.

Для обробки експериментальних даних були обрані результати досліджень, проведених протягом літніх місяців 2011 і 2012 років [3]. Ці записи були обрані тому, що в літній період температурний режим визначається перш за все прогріванням поверхні землі і залежить від інтенсивності турбулентного обміну [1]. В цих експериментах зондування виконувалось вертикально вгору, період повторення вимірювань 1 с, тривалість запису кожної реалізації 1 год. Протягом доби проводились 8...10 сеансів в залеж-

ності від погодних умов. В результаті одного сеансу зондування формувалась матриця розміром m на n цифрових відліків ехо-сигналів, де $j = 1 \dots n$, причому стовпці матриці являють собою вертикальні одиночні профілі ехо-сигналів $s_j(t)$, а кожна строка матриці – це ряд дискретних відліків ехо-сигналів для даної висоти $h = \Delta h \cdot I$, де Δh – дискретний крок висоти.

Отриманий вихідний матеріал класифікувався за принципом відповідності ехо-сигналів у флуктуючому шарі, у збуреному шарі, повністю збуреному приземному шарі [3]. Загальною характеристикою отриманих даних є їх відмінність за ступенем збудженості повітряного середовища, незважаючи на практично однотипні погодні умови.

Був проведений аналіз обвідної ехо-сигналів і побудовані закони розподілу імовірностей значень обвідної. З використанням отриманих експериментальних даних були побудовані гістограми розподілу імовірностей значень обвідних ехо-сигналів, виконувалась апроксимація очікуваного теоретичного закону розподілу для кожної вибірки методом найменших квадратів з метою отримання найкращого узгодження з законом Райса. Ступінь розбіжності теоретичного і експериментального законів розподілу оцінювалось з використанням критерія χ^2 -квадрат Пірсона. Чисельні оцінки показали, що у всіх випадках на виборках обсягом більше 20 хвилин (1200 відліків) величина $p(\chi^2) \approx 5\%$ і не зменшується зі збільшенням часу спостереження. Більш чітке наближення експериментального закону розподілу амплітуд ехо-сигналів до узагальненого закону Релея (близько 10 хвилин) спостерігається в записах ехо-сигналів з малих висот (приблизно 50 метрів). Це, напевно, можна пояснити великим відношенням сигнал-шум на малих висотах.

Висновок: експериментально доведено адекватність теоретичної моделі розсіювання акустичних хвиль на турбулентних неоднорідностях і можливість класифікації стану турбулентності за результатами вимірювань обвідної ехо-сигналів.

Перелік джерел: 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. Радіотехніка: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2018. 5 с. (Стаття в печаті).