

ВПЛИВ ОСЛАБЛЕННЯ ЗВУКУ У АТМОСФЕРІ НА ПРОСТОРОВУ МІНЛИВІСТЬ СПЕКТРІВ АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ БПЛА

Білюк В.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Олейніков В.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587
email: d_res@nure.ua

An important role in the technology of detection and recognition of UAVs is played by the spectra of acoustic radiation, which in the process of observation undergo significant changes even from the same aircraft. The reasons for the weakening and degradation of the UAV acoustic radiation spectra are analyzed.

В даний час безпілотні літальні апарати (БПЛА) виконують широкий спектр корисних функцій, а з іншого боку несуть потенційну загрозу для різних областей діяльності людини. Труднощі їх виявлення і спостереження з використанням сучасних технічних засобів призводять до підвищення безкарності протиправних дій з їх використанням. Відповідно до цього завдання захист від впливу БПЛА являє актуальну задачу. З метою виявлення та розпізнавання безпілотних літальних апаратів активно використовують акустичні методи і засоби. Важливу роль в технології виявлення і розпізнавання БПЛА [1] грають спектри акустичного випромінювання, які в процесі спостереження зазнають суттєвих змін навіть від одного і того ж літального апарату.

При проходженні акустичною хвилею відстані s вихідний звуковий тиск p_i внаслідок поглинання звуку атмосферою падає за експонентою. Зниження рівня звукового тиску p_i на відстані s , за рахунок поглинання звукових коливань атмосферою $\delta L_i(f)$, дБ, при гармонічному акустичному сигналі з частотою f , розраховують за формулою [2]

$$\delta L_i(f) = 10 \lg(p_i^2 / p_i^2) = \alpha s,$$

де α – коефіцієнт ослаблення внаслідок поглинання звуку атмосферою.

Змінними величинами під час розрахунку ослаблення є частота звуку, температура та відносна вологість повітря. На рис 1 подана залежність погонного ослаблення при розповсюдженні акустичної хвилі у атмосфері при температурі 25⁰ С і відносній вологості $\phi=50\%$).

Для оцінки форми спектрів БПЛА при відльоту його на деяку відстань необхідно знати вихідний спектр випромінювання, дисперсні властивості атмосфери, а також враховувати вплив поверхні, яка підстилає. При збільшенні відстані, яку пройшла акустична хвиля, відбувається деградація спектру АВ з помітним подавленням високочастотних складових (рівень подавлення досягає 3,7 дБ на частоті 5 кГц при віддаленні 100 м.)

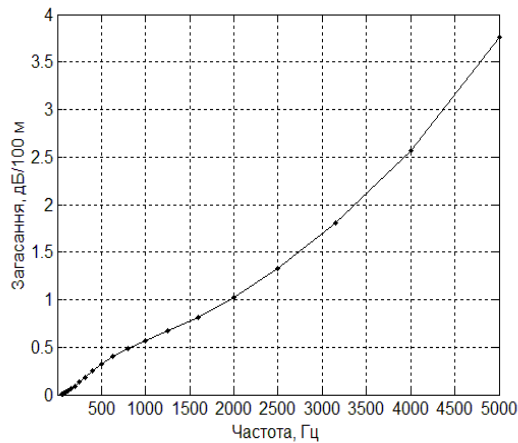


Рисунок 1

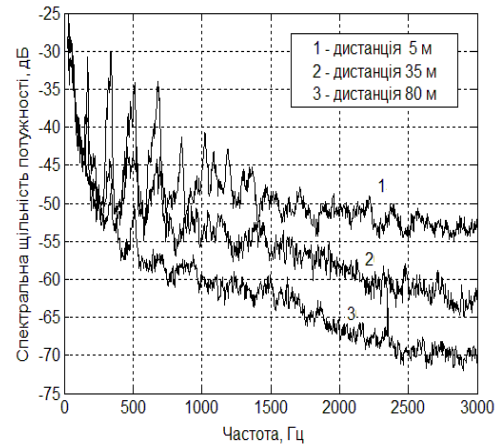


Рисунок 2

Ослаблення акустичного сигналу у атмосфері $L(r)$ розраховують за формулою

$$L(r) = L_{рас}(r) + L_{ногл}(r) + L_{экр},$$

де r – відстань від джерела шуму до приймача; $L_{рас}(r)$ – ослаблення внаслідок розходження енергії при випромінювання у вільний простір; $L_{ногл}(r)$ – ослаблення, яке обумовлене звукопоглинанням у атмосфері; $L_{экр}$ – ослаблення через екранування перепонами.

Ослаблення у вільному просторі внаслідок розходження звукової енергії, що відбувається у результаті сферичного розповсюдження звуку точечного джерела шуму у вільному просторі, розраховують за формулою:

$$L_{рас}(r) = 20 \lg(r/r_1),$$

де r – відстань від джерела шуму до приймача; r_1 – опорна відстань.

На рис. 2 подано спектри акустичних сигналів БПЛА на різних відстанях 5, 35 и 80 м, отримані в натурному експерименті. Наведені спектри акустичних сигналів демонструють ослаблення у вільному просторі внаслідок розходження і деградації спектру АВ з помітним придушенням високочастотних складових.

Перелік джерел:

1. V. M. Kartashov, V. N. Oleynikov, S. A. Sheyko, I. V. Koryttsev, S. I. Babkin, O. V. Zubkov. Peculiarities of small unmanned aerial vehicles detection and recognition. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*) Volume 78, Issue 9, 2019, Pages 771-781.

2. ISO 9613-1:1993. Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors -Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere (MOD).