

ФРАКТАЛЬНІ МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАЛОРОЗМІРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПО АКУСТИЧНОМУ ВИПРОМІНЮВАННЮ

Зінченко М.Р., к.т.н., доц. Олейніков В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра МІРЕС, м. Харків, Україна

email: d_res@nure.ua

Abstract. The paper discusses methods for analyzing the fractality of acoustic radiation from UAVs. An experimental dependence of the Hurst exponent on the engine speed is obtained.

Специфічні властивості БПЛА - відносно невисока вартість, економічність, простота експлуатації, оперативність розгортання та введення в дію - ці фактори призводять до масовості застосування БПЛА в протиправній діяльності. У зв'язку з цим актуальною стає задача оперативної ідентифікації БПЛА і застосування спеціальних технічних засобів, які забезпечують ефективну адекватну відповідь на виникаючу загрозу. На цей час існують ряд методів ідентифікації - методи мел-кепстральних коефіцієнтів, спектрального аналізу, фрактальні методи. Але не існує абсолютно ефективних і надійних методів виявлення БПЛА тому потрібно шукати, розглядати і досліджувати нові методи і алгоритми та вдосконалювати вже існуючі.

Останнім часом отримали розвиток методи дослідження часових рядів, згідно яких часові послідовності змінювання досліджуваних сигналів розглядаються як сукупність періодичних та хаотичних процесів. Хаотична компонента в таких сигналах міститься як в змінюванні частот так і в динаміці форми запису сигналу [1]. Для порівняння фрактальних властивостей різноманітних процесів часто застосовують метод Херста. В цьому методі для аналізу часових рядів використовується безрозмірний показник, який визначається відношенням розмаху R накопиченого відхилення від середнього до середньоквадратичного відхилення S (R/S) [2]. Апроксимуючи визначену фрактальну функцію прямою лінією можна визначити кутовий коефіцієнт H , який називають показником Херста.

Застосування показника Херста для частотних та енергетичних спектрів аналізованих динамічних процесів являє собою гарний приклад комбінованої методики застосування теорії фракталів та вейвлет-аналізу для виявлення особливостей часових рядів [3]. При цьому аналізуються множини, що характеризують частотний спектр і енергії частотних складових.

На основі експериментальним даних, отриманих у різних режимах польоту БПЛА, проведено аналіз на предмет хаотичності та фрактальних ознак. Для цього використовувався показник Херста, як міра фрактальності

розмірності. Проведемо аналіз залежності показнику Херста від частоти обертання повітряного гвинта. Для цього на етапі експериментального дослідження було проведено акустичні записи роботи лабораторних моделей БПЛА для повітряних гвинтів розміром 6 та 8 дюймів. В результаті проведених розрахунків було отримано графіки, на яких побудовані лінії нахилу, на основі яких розраховується показник Херста.

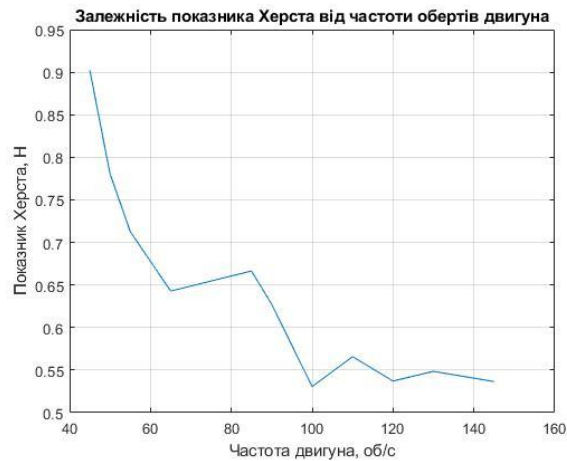


Рисунок 1

На основі проведених розрахунків можна зробити наступні висновки. Для гвинта діаметром 6 дюймів спостерігаються коливання показнику Херста близько до значення $H=0,83$ і зі зміною частоти обертів гвинта серйозних змін не спостерігається. На рис. 1 побудовано графік залежності показнику Херста від обертів частоти обертів двигуна, де видно поступове зниження показнику Херста від $H=0,90$ при частоті обертів гвинта 45 об/с, до $H=0,53$ при частоті обертів гвинта 145 об/с. При чому при перевищенні повітряним гвинтом частоти 100 об/с показник Херста майже перестає змінюватись і коливається в межах $H=0,52$ до $H=0,56$, що може вказувати на перехід сигналу в шумоподібний.

На основі представлених результатів можна зробити висновки, що отримані акустичні сигнали є персистентними, тобто мають ознаки хаотичного сигналу, так як показник Херста має значення $H>0,5$. Отже можна припустити, що на показник Херста в більшій ступені має вплив розмір гвинта, а зміна швидкості його обертання суттєво не змінює представлення про об'єкт спостереження. Дані результати були отримані в лабораторних умовах при роботі з макетами БПЛА, тому вони не повністю відображають характеристики БПЛА під час польоту.

Список використаних джерел.

1. Р.С. Ахметханов, Е.Ф. Дубинин, В.И. Куксова - Анализ временных рядов в диагностике технических систем. URL:<https://mospolytech.ru/mio/iblock/908/> – 20.12.2021 р.
2. Федер Е. Фракталы : пер с англ.. – М.:Мир, 1991. – 254 с.
3. Агарев К.М., Ахметханов Р.С., Дворецкая Т.Н.,Юдина О.Н. Комплексный анализ особенностей и устойчивости спектрального состава временного ряда: // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. №2. С. 24-32.