

## **ВИМІР ХАРАКТЕРИСТИКИ СПРЯМОВАНOSTІ АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ БПЛА**

Громова С.О.

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

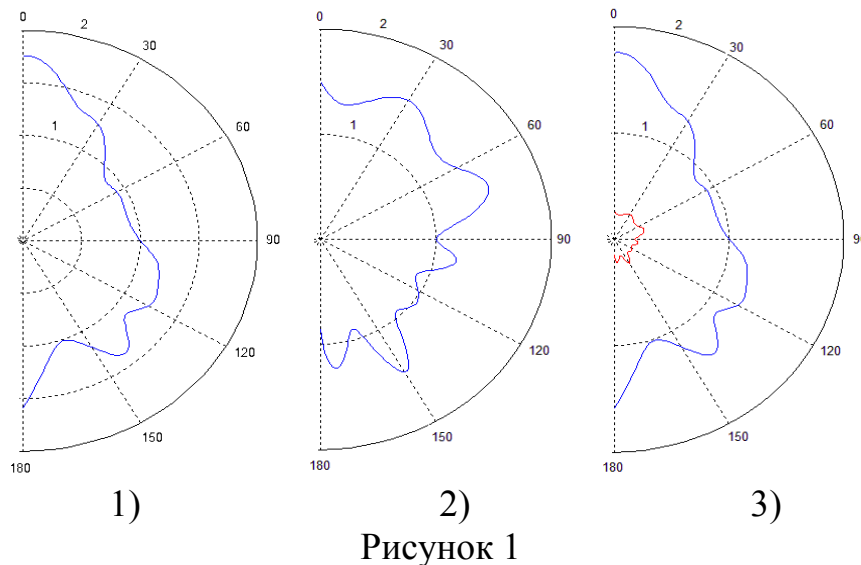
The characteristic of the straightness of the acoustic vibration of the UAV is one of the most important characteristics of the victorious when it is detected and identified. The factor of straightforwardness of vupromynuvannya vikoristovyvayutsya for the development of cleanliness in the noise and lightness of small UAV.

Характеристика спрямованості акустичного випромінювання (АВ) БПЛА - одна з найважливіших характеристик використовується при його виявленні та ідентифікації [1]. Фактори спрямованості випромінювання використовуються для розрахунку очікуваних рівнів шуму і помітності малорозмірних БПЛА. У той же час, як правило, в даних алгоритмах закладені узагальнені осереднені чинники спрямованості сумарного випромінювання або окремих його складових отримані за результатами дослідження великої кількості літальних апаратів. При цьому для поліпшення точності прогнозу необхідно більш детальне вивчення характеристик спрямованості окремих складових випромінювання для конкретного типу БПЛА.

Характеристика направленості АВ джерела шуму визначається як різниця між фактичним розподіленням акустичної енергії джерела у оточуючому просторі і рівномірним по простору розподіленням.

У експерименті здійснювалось вимірювання характеристик направленості АВ квадрокоптера DJI Phantom 3. Квадрокоптер встановлювався на висоті 2,2 м на жорсткому штативі, на якому закріплений поворотний вузол, який дозволяє обертати по куту місця штангу довжиною 2 метра відносно точки, яка лежить у площині обертання гвинтів БПЛА. Вимірювальний мікрофон встановлювався на кінці штанги з використанням звукоізольуючої втулки (з метою подавлення передачі вібрації при роботі квадрокоптера DJI Phantom3). Вимірювання направленості АВ з використанням цього устаткування проводилось у діапазоні кутів місця  $0^{\circ} \dots 180^{\circ}$  з кроком  $15^{\circ}$ , ( $0^{\circ}$  — zenit,  $180^{\circ}$  — надир). При вимірюваннях рівень природного фону був суттєво нижче рівня шуму об'єкту, який досліджується, у всьому діапазоні частот, який вимірюється. Характеристики направленості АВ пронормовані до одиниці на рівні  $90^{\circ}$ , що відповідає напрямку випромінювання паралельно поверхні землі. Характеристики направленості побудовані по експериментальним точкам з апроксимацією кубічним сплайном. На рис.1 представлені нормалізовані характеристики направленості для

гвинтомоторної групи квадрокоптера (поз.1), електродвигунів квадрокоптера (поз.2) та спільні характеристики АВ електродвигунів і гвинтомоторної групи квадрокоптера у вертикальній площині (поз.3).



Як видно на рис.1 , сумарне випромінювання усіх спектральних складових АВ не є ізотропним: воно має виражену просторову направленість, основне випромінювання здійснюється у верхню полусферу. Характеристика направленості АВ електродвигунів БПЛА суттєво відрізняється від характеристики направленості випромінювання гвинтомоторної групи, оскільки має іншу природу формування сигналу. Для акустичного випромінювання спостерігається ефект екранування у нижній полусфері, обумовлений наявністю пластикового кожуха двигуна.

Рівні випромінювання двигунів, нормовані по відношенню до рівня випромінювання двигуна з гвинтом, приблизно на порядок нижче та мають форму характеристики направленості, яка суттєво відрізняється від направленості випромінювання двигуна з гвинтом, оскільки мають іншу природу формування АВ.

Перелік джерел:

1. Исследование эффективности обнаружения и распознавания малоразмерных беспилотных летательных аппаратов по их акустическому излучению / Олейников В.Н., Зубков О.В., Карташов В.М., Корытцев И.В., Бабкин С. И., Шейко С.А.// Радиотехника: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 195. – С.209-217.