

ДОДАТОК А
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Тема роботи: дослідження методів вимірювання та візуалізації характеристик спрямованості акустичного випромінювання малих безпілотних літальних апаратів.

Об'єкт дослідження: процес вимірювання акустичного випромінювання для задачі визначення характеристик спрямованості безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та їх візуалізації програмними способами.

Мета роботи: дослідження і визначення особливостей акустичних сигналів малорозмірних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) Розробка методів експериментального дослідження спрямованості акустичного випромінювання, розробка методів їх обробки та візуалізації засобами 3D графіки.

Методи дослідження: теоретичний аналіз, числові розрахунки, математичне моделювання, обробка експериментальних даних, тривимірна візуалізація отриманих результатів.

КЛАСИФІКАЦІЯ БПЛА

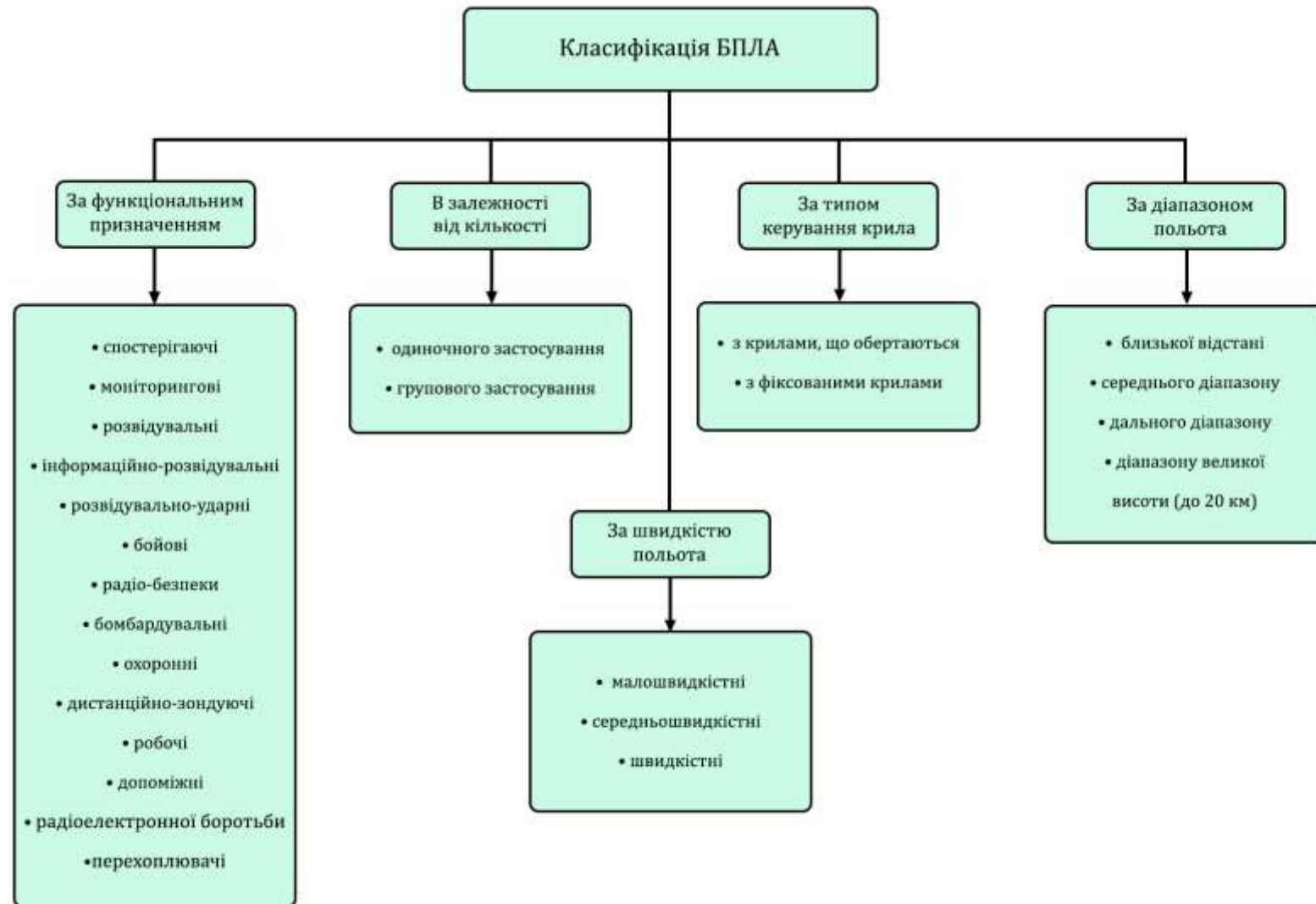


Рисунок А.1 – Класифікація БПЛА

СПЕКТР АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ БПЛА

Особливості АВ малих БПЛА:

- частота звуку, що генерується, кратна частоті обертання гвинтів;
- зі зміною режиму польоту змінюється інтенсивність АВ.

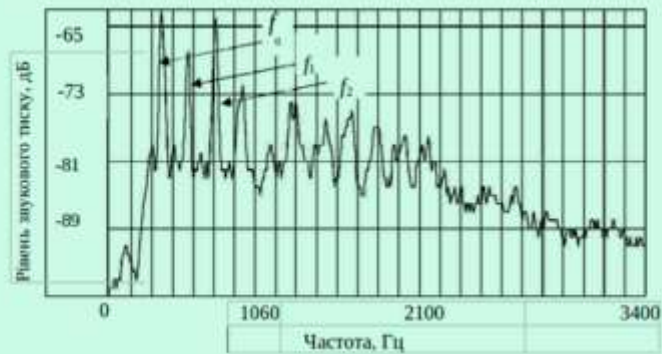


Рисунок А.2 – Типовий спектр БПЛА з ДВЗ

де дискретні складові кратні частоті запалювання двигуна ($i=1.2.3...$)

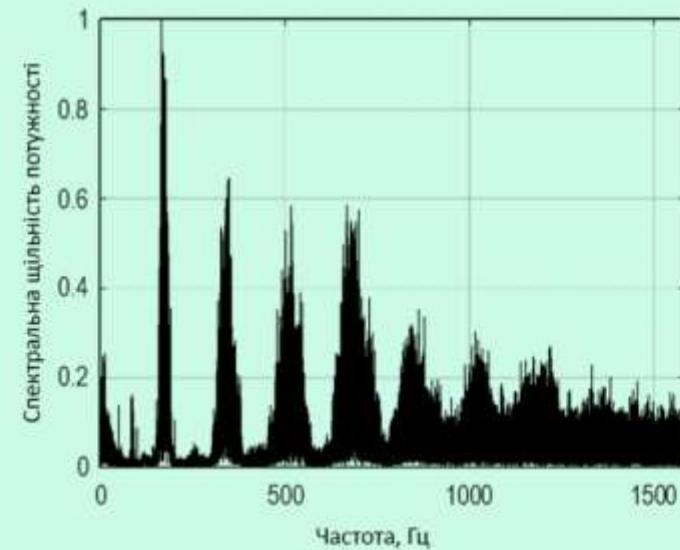


Рисунок А.3 – Реалізація спектральної щільності

акустичного випромінювання БПЛА

ШУМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗАГАСАННЯ АВ НА МІСЦЕВОСТІ

Використовуючи акустичні методи вимірювання та виявлення, потрібно володіти інформацією щодо шумового забруднення навколишнього середовища, з метою подальшого виділення необхідного сигналу АВ від сигналу шуму. Також враховувати загасання звуку на місцевості.

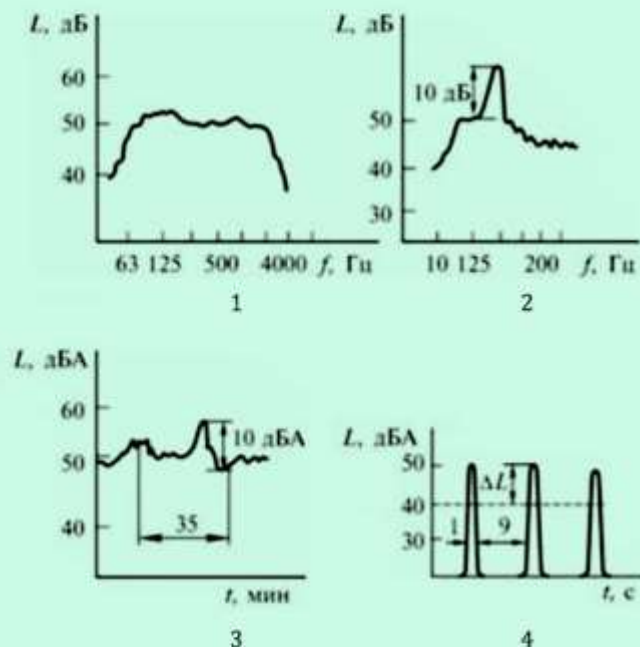


Рисунок А.4 – Приклади зображень спектрів і часових реалізацій антропогенних джерел акустичного шуму, 1 – спектр турбореактивного двигуна; 2 – осьового вентилятора; 3 – транспортний шум; 4 – удари ручного будівельного інструмента.

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{1000}$$

де α – коефіцієнти загасання звуку в октавній смузі частот в атмосфері

Температура, °C	Відносна вологість, %	Коефіцієнт загасання звуку в атмосфері α , дБ/км, в октавних смугах із середньгеометричною частотою,							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

Рисунок А.5 – Коефіцієнти загасання звуку в атмосфері в активних частотах

ВИМІРЮВАННЯ АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У ЗАГЛУШЕНІЙ КАМЕРІ

Задля мінімізації впливу шуму навколишнього середовища, вимірювання АВ рекомендується проводити у заглушеній камері, поверхні якої покриваються звукопоглинаючими матеріалами та/або звукопоглинаючими панелями. Спеціальна форма панелей запобігає відзеркаленням звукових коливань від поверхонь.



Рисунок А.6 – Зображення вимірювання АВ БПЛА
у заглушеній камері

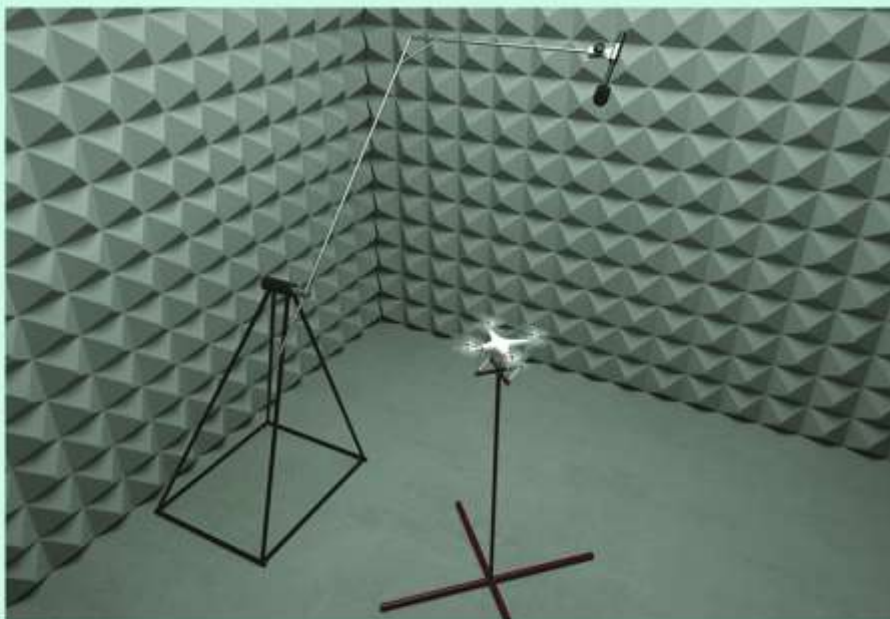


Рисунок А.7 – Зображення тривимірної візуалізації
вимірювання АВ БПЛА у заглушеній камері

АКТУАЛЬНІСТЬ 3D ГРАФІКИ У ВІДОБРАЖЕННІ ХАРАКТЕРИСТИК АВ БПЛА ТА ЇЇ ВИДИ

Характеристики спрямованості звукового випромінювання мають велике значення для оцінки шумності, виявлення, пеленгації та визначення технічних та тактичних характеристик обладнання по виявленню акустичного випромінювання БПЛА.

Результати експериментів з визначення таких характеристик, зазвичай, об'ємні. З метою їх представлення та зручності використання необхідно просторове відображення, у зв'язку з цим доречно використання засобів 3D графіки.



Рисунок А.8 – Тривимірна візуалізація векторів та швидкостей повітряних потоків, що набігають з гвинтів БПЛА

Тривимірна візуалізація – це створення сцени з об'єктами або явищами по заданим параметрам з послідовним отриманням зображення.

Структура моделей та метод візуалізації (рендеринг) вибирається у відповідності з поставленою задачею.

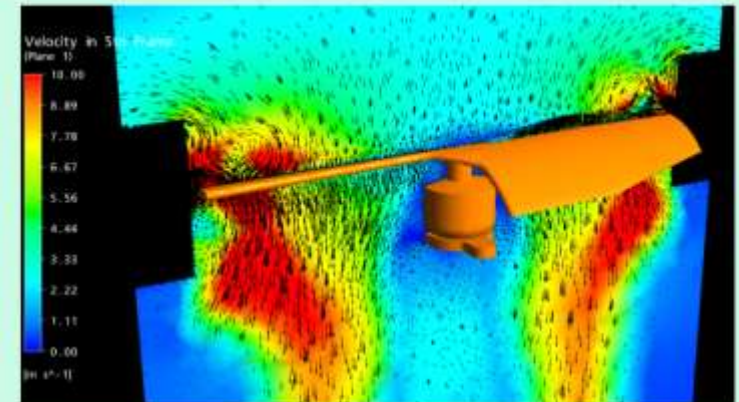


Рисунок А.10 – Тривимірна візуалізація векторів та швидкостей повітряних потоків, що набігають з усіх гвинтів БПЛА



Рисунок А.9 – Основні види 3D моделювання

ОСНАЩЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СПРЯМОВАНOSTІ БПЛА



Рисунок А.11 – Зовнішній вигляд
БПЛА DJI Phantom 3



Рисунок А.12 – Зовнішній вигляд звукової карти
Behringer U-Phoria UMC404HD



Рисунок А.13 – Зовнішній вигляд
конденсаторного
мікрофону Superlux ECM999



Рисунок А.14 – Структурна схема експериментальної установки

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТУ АКУСТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ

Експеримент з дослідження акустичної спрямованості АВ БПЛА проводився у декілька етапів:

- 1) Запис АВ в одному перерізі з кроком у 15° під час роботи двигунів БПЛА без гвинтів та з гвинтами на максимально можливій швидкості обертання.
- 2) Запис АВ у 13-ти вертикальних площинах із кроком у 15° , як по азимутальному, так і по кутомісному вимірюванню.

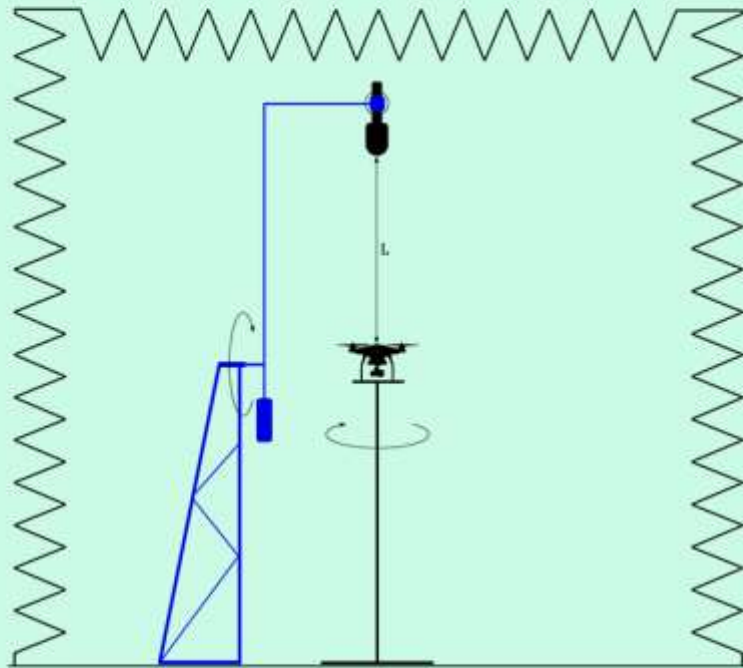


Рисунок А.15 – Схема розташування компонентів експериментальної установки для вимірювання спрямованості акустичного випромінювання БПЛА у вертикальній площині, вид спереду

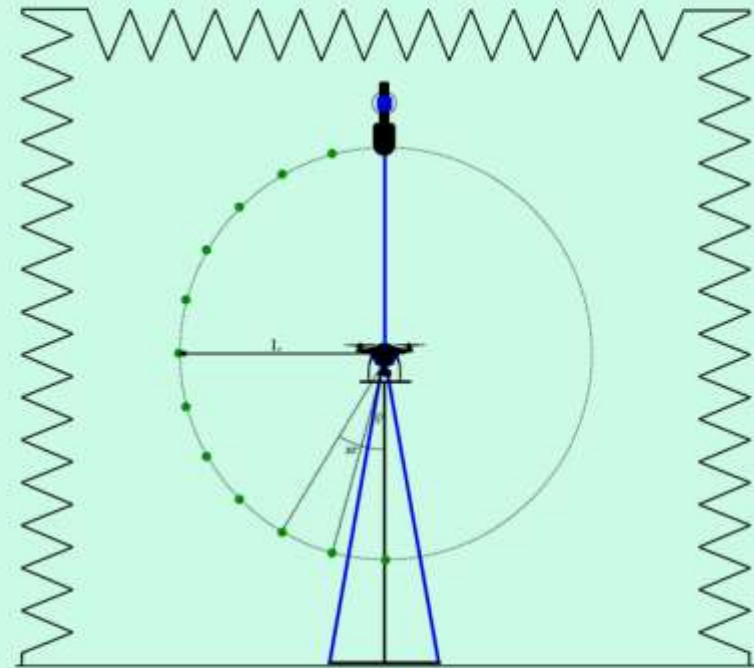
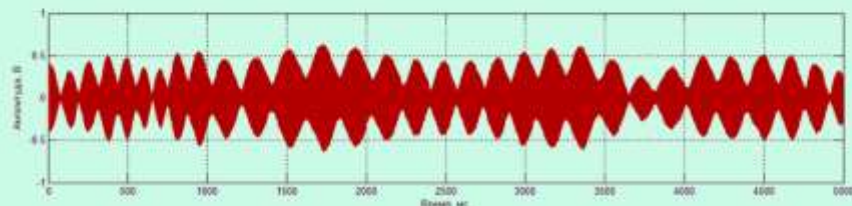


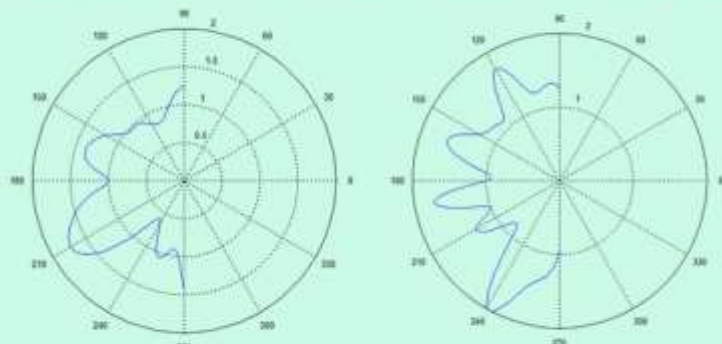
Рисунок А.16 – Схема розташування компонентів експериментальної установки для вимірювання спрямованості акустичного випромінювання БПЛА у вертикальній площині, вид збоку

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКОВОЇ ЧАСТИНИ ЕКСПЕРИМЕНТУ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СПРЯМОВАНOSTІ АВ БПЛА

Результати розрахунків першого етапу вимірювання АВ БПЛА в одній площині

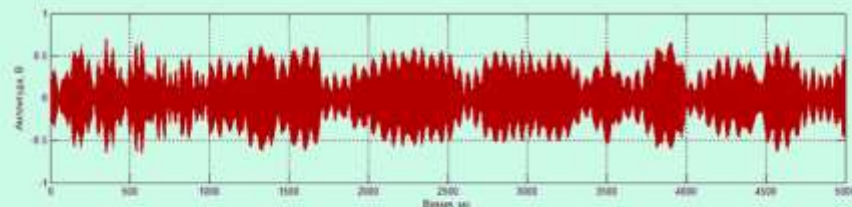


Реалізація сигналу АВ БПЛА для першої гармоніки та її діаграма спрямованості (А)

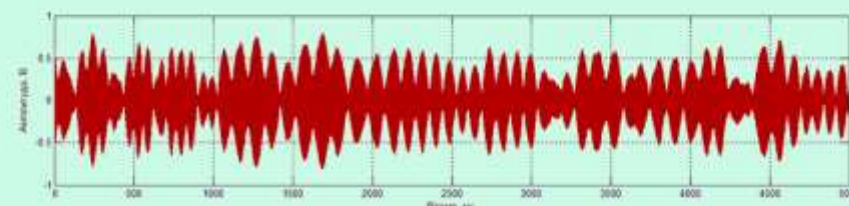


А

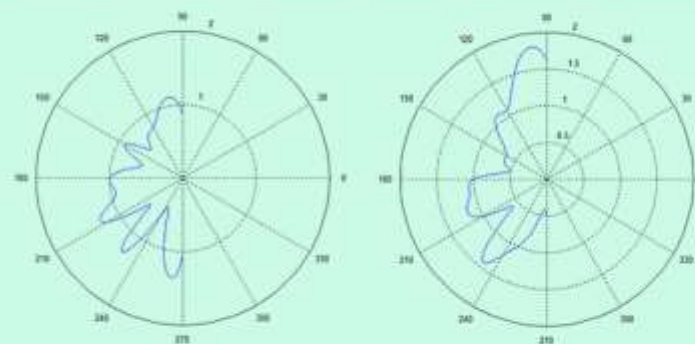
Б



Реалізація сигналу АВ БПЛА для першої гармоніки та її діаграма спрямованості (В)

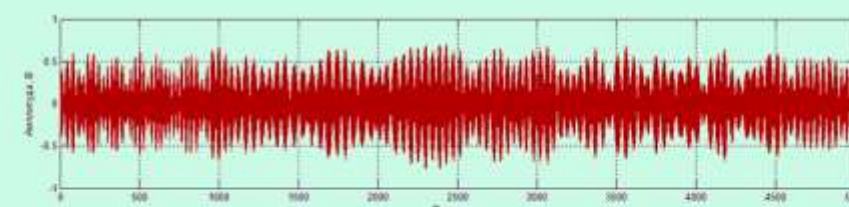


Реалізація сигналу АВ БПЛА для першої гармоніки та її діаграма спрямованості (Б)



В

Г



Реалізація сигналу АВ БПЛА для першої гармоніки та її діаграма спрямованості (Г)

Рисунок А.17 – Результати розрахунків першого етапу вимірювання АВ БПЛА в одному перерізі

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКОВОЇ ЧАСТИНИ ЕКСПЕРИМЕНТУ ВИЗНАЧЕННЯ
ХАРАКТЕРИСТИК СПРЯМОВАНOSTІ АВ БПЛА

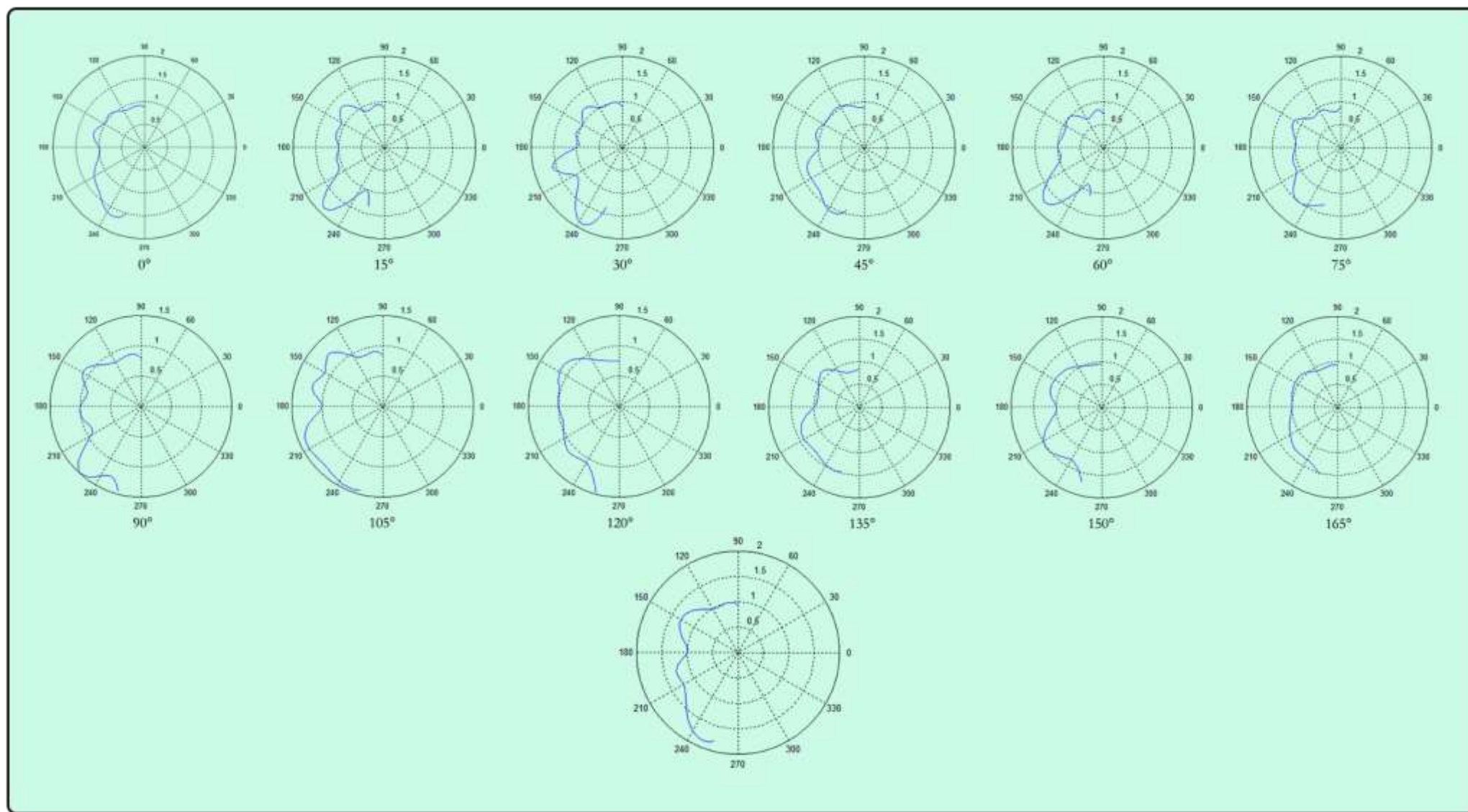


Рисунок А.18 – Діаграми спрямованості АВ БПЛА отримані у результаті другого етапу експерименту

РЕЗУЛЬТАТИ 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПРЯМОВАНOSTІ АВ БПЛА

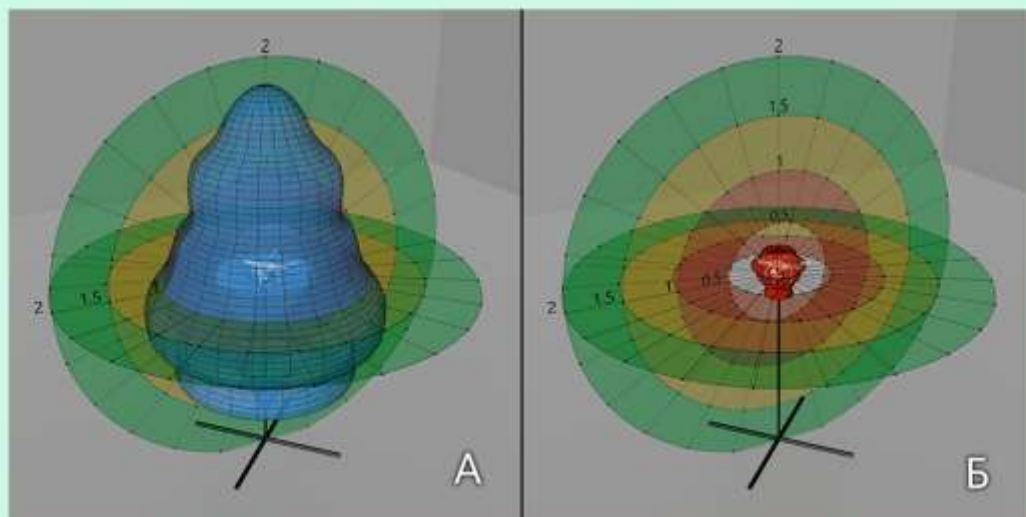


Рисунок А.19 –Тривимірні діаграми спрямованості за результатами першого етапу вимірювання АВ БПЛА, шуму гвинтів (А) та двигунів (Б)

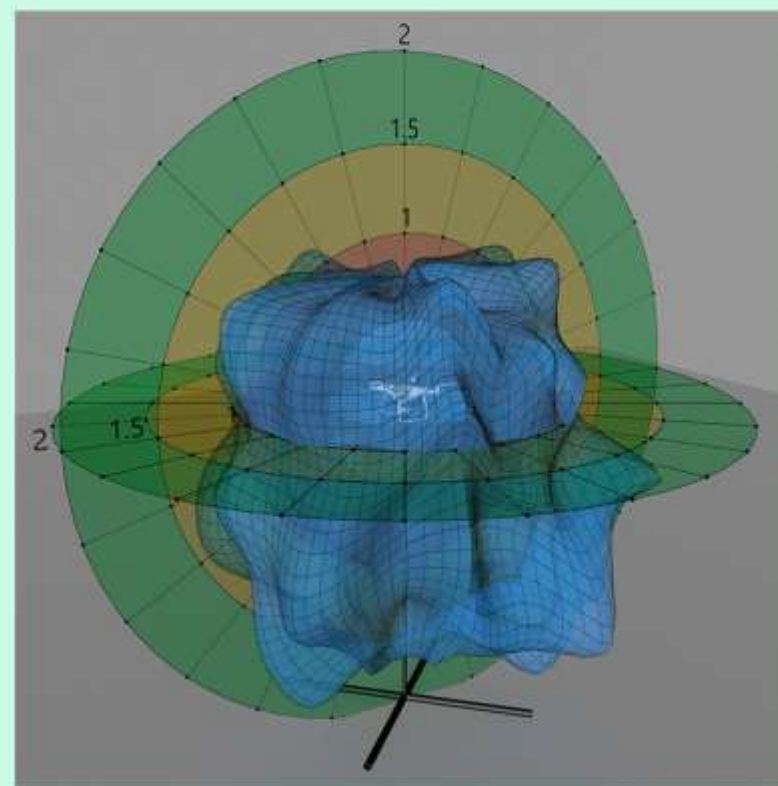


Рисунок А.20 –Тривимірні діаграми спрямованості за результатами другого етапу вимірювання АВ БПЛА із кроком у 15° за азимутом та кутімістом.

ВИСНОВКИ

1. Для здійснення акустичних вимірювань потрібні умови низького шуму навколишнього середовища або врахування шуму та відокремлення його від матеріалів, що досліджуються.
2. Важливу роль у якості отримання запису АВ відіграє тип та чутливість мікрофону.
3. Враховуючи фактор загасання звуку ефективна дальність ведення акустичного спостереження відносно невелика.
4. Спектр БПЛА має періодичні та випадкові складові, які кратні частоті обертання гвинтів.
5. Інтенсивність акустичного випромінювання БПЛА у просторі відповідає сферичному закону розповсюдження.

Рисунок А.21 – Висновки

Перв. примен.		формат	Позначення			Найменування			Кіл.	Прим.
						<i>Текстові документи</i>				
		A4				Пояснювальна записка			1	76 с.
						<i>Графічна частина</i>				
Справ. №		A4				Постановка задачі			1	Дод. А
		A4				Класифікація БПЛА			1	Дод. А
		A4				Спектр акустичного випромінювання БПЛА			1	Дод. А
		A4				Шум навколишнього середовища та загасання АВ на місцевості			1	Дод. А
		A4				Вимірювання акустичного випромінювання у заглушеній камері			1	Дод. А
		A4				Актуальність 3d графіки у відображенні характеристик АВ БПЛА та її вили			1	Дод. А
		A4				Оснащення експерименту визначення характеристик спрямованості БПЛА			1	Дод. А
		A4				Опис експерименту акустичного вимірювання			1	Дод. А
Подп. И дата		A4				Результати розрахункової частини експерименту визначення характеристик спрямованості АВ БПЛА, лист 1			1	Дод. А
		A4				Результати розрахункової частини експерименту визначення характеристик спрямованості АВ БПЛА, лист 2			1	Дод. А
		A4				Результати 3D візуалізації характеристики спрямованості АВ БПЛА			1	Дод. А
		A4				Висновки			1	Дод. А
Инв. № дубл.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.		Розроб.	Берлан				Дослідження методів вимірювання та візуалізації характеристик спрямованості акустичного випромінювання малих безпілотних літальних апаратів. Відомість кваліфікаційної роботи	Літ.	Лист	Листів
		Перев.	Олейніков					У		1
								ХНУРЕ Кафедра МІРЕС		
		Н. контр.	Олейніков							
		Затв.	Карташов							