

**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ
імені ГЕРОЇВ КРУТ**



**Кваліфікаційна робота
на тему**

**“РОЗРОБКА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО КАНАЛУ
З БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ”**

Розробив: курсант 1701 групи Кризький С.

Керівник: доцент кафедри №11 Османов Р.Н.

КИЇВ-2021



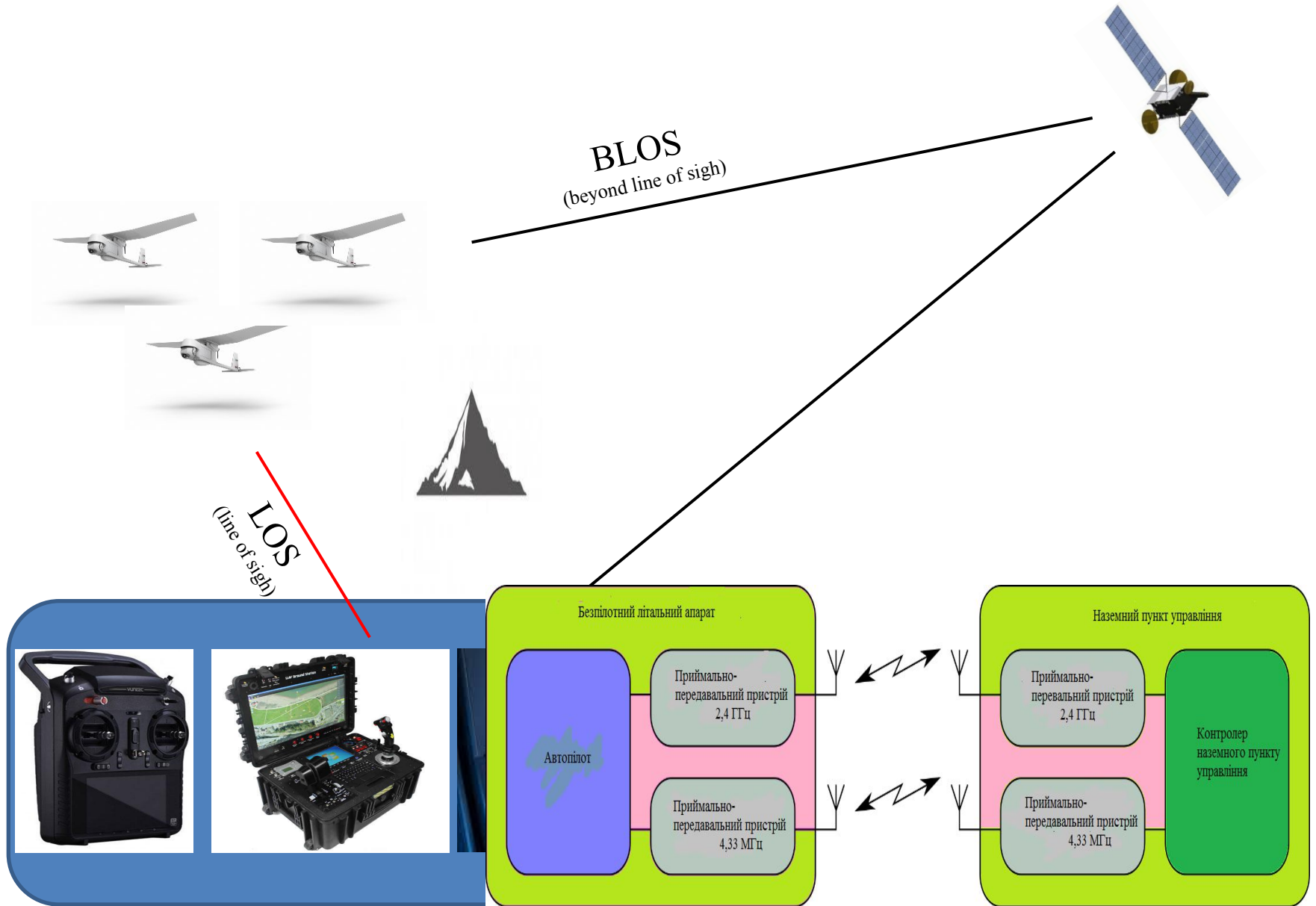
Мета дослідження полягає у побудові завадозахищеного каналу зв'язку з БпЛА для передачі телеметричної інформації.

Об'єктом дослідження є телекомунікаційні канали передачі даних в безпілотних авіаційних комплексах.

Предметом дослідження є розрахунок та побудова аналітичної моделі завадозахищеного каналу зв'язку з безпілотним авіаційним апаратом з використанням внутрішньо-лінійної частотно-імпульсної модуляції.

Завдання:

- 1.Провести аналіз побудови безпілотних авіаційних комплексів.
- 2.Провести аналіз засобів та методів побудови телекомунікаційних каналів передачі даних в безпілотних авіаційних комплексах
- 3.Провести розрахунок завадозахищеного каналу зв'язку з безпілотним літальним апаратом з використанням внутрішньо-імпульсної лінійно-частотної модуляції.

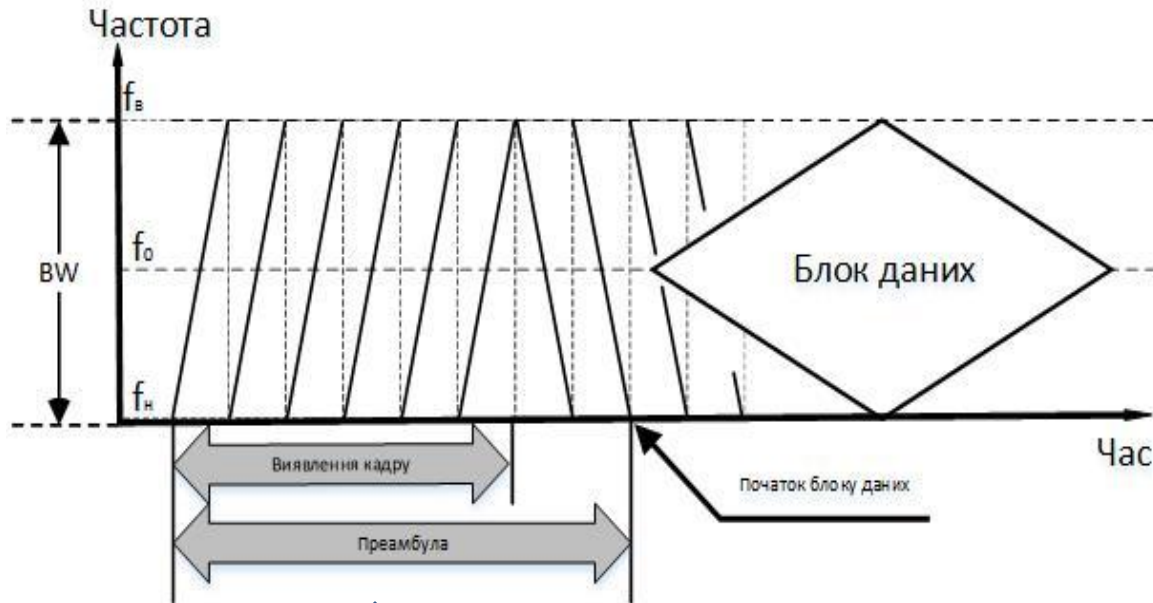




Вимоги до телекомунікаційного обладнання радіозв'язку з БпЛА військового призначення

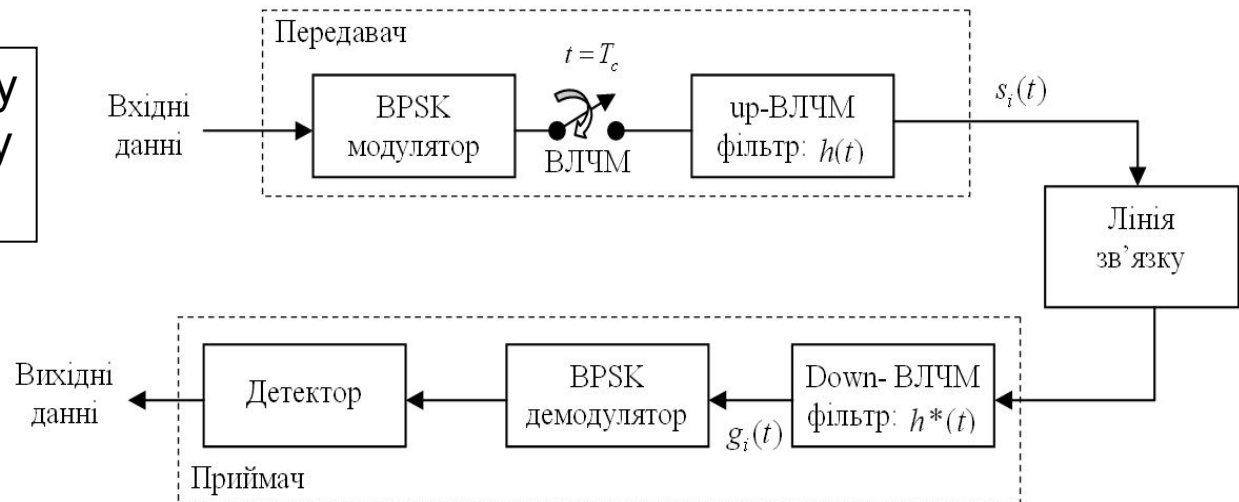
- вимогами до маси та габаритів;
- енергоефективність приймально-передавального пристрою БпЛА;
- необхідна дальність зв'язку при заданій ймовірності бітової помилки;
- *завадозахищеність;*
- *розвідзахищеність.*

Призначення каналу радіозв'язку	Канал управління БпЛА та передачі телеметричної інформації	Канал передачі даних з корисного навантаження (передача фото, відео даних)
Ймовірність бітової помилки (BER)	Не більше 10^{-7}	Не більше 10^{-6}
Швидкість передачі даних	56 Кбіт/сек	2-30 Мбіт/сек
Напрямок передачі даних	БпЛА – НСУ НСУ – БпЛА	БпЛА – НСУ



Структурна схема каналу зв'язку з CSS

Загальна структура кадру для передачі одного блоку даних

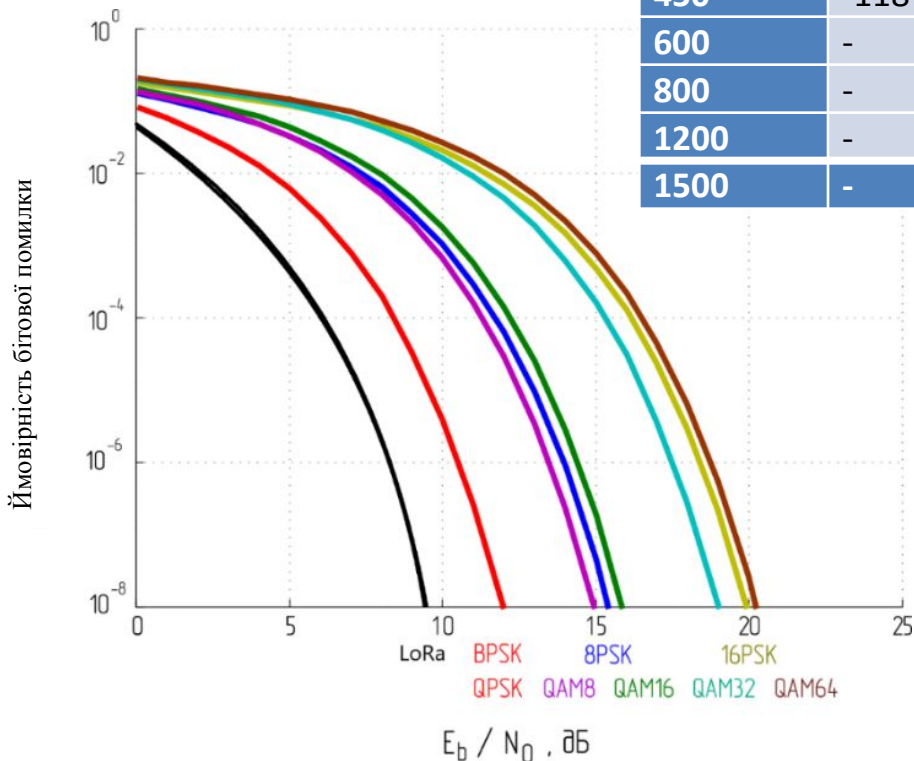




Ймовірність бітової помилки

Порівняльна характеристика модуляцій з випробовування

Відстан ь, м	2-FSK: 4,8 кб/с		Відстан ь, м	LORA: 125 кГц, SW=8 (3.125 кб/с)	
	Чутливість ь, dBm	Пропущених пакетів, %		Чутливість ь, dBm	Пропущених пакетів, %
100	-97	0	80	-91	0
150	-100	0	150	-100	0
250	-112	1	280	-102	0
300	-	100	330	-114	10
450	-118	8	480	-124	0
600	-	100	560	-120	0
800	-	100	1180	-112	0
1200	-	100	1350	-126	10
1500	-	100	1750	-127	100



Ймовірності бітової помилки для різних видів модуляції

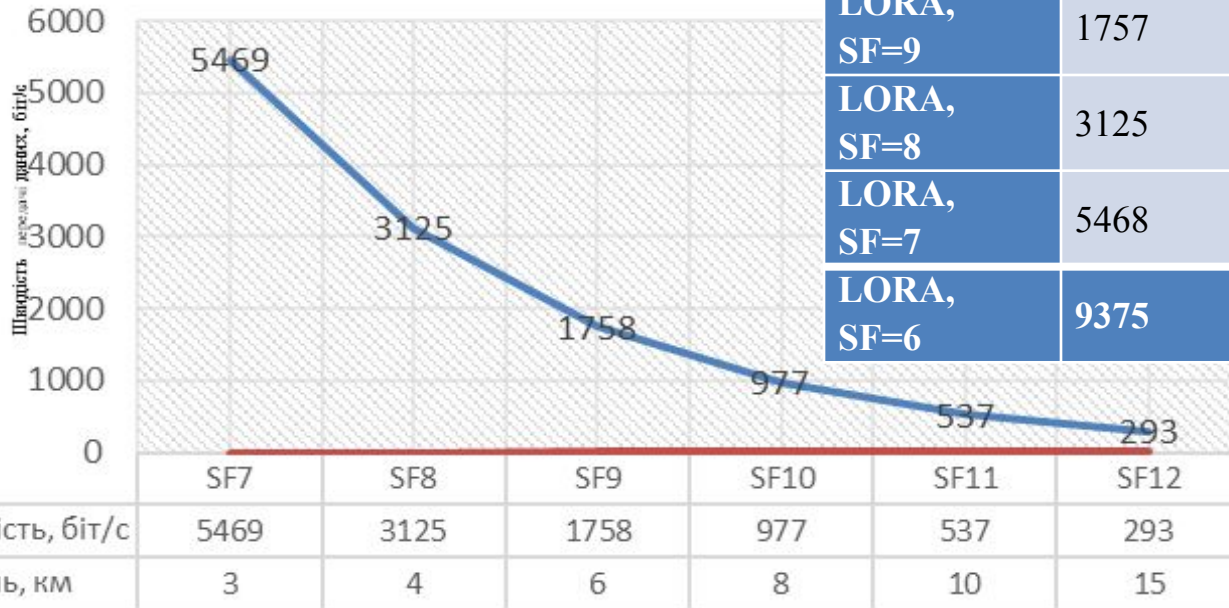


Залежність швидкості передачі даних від дальності та коефіцієнту розширення спектру

Порівняльна характеристика чутливості трансиверів

Залежність швидкості передачі даних та відстані зв'язку від вибору коефіцієнту розширення

Модуляція	Швидкість передачі, кб/с	Чутливість, dBm	, dB
FSK	1,2	-122	-
LORA, SF=12	0,293	-137	+15
LORA, SF=11	0,537	-134,5	+12,5
LORA, SF=10	0,976	-132	+10
LORA, SF=9	1757	-129	+7
LORA, SF=8	3125	-126	+4
LORA, SF=7	5468	-123	+1
LORA, SF=6	9375	-118	-3



— Швидкість, біт/с — Відстань, км



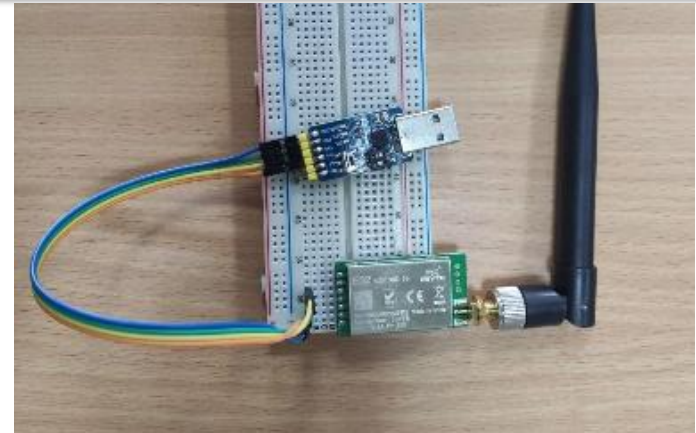
ВИСНОВОК

Під час виконання роботи було виконані наступні задачі:

1. Було проведено аналіз побудови безпілотних авіаційних комплексів.
2. Було проведено аналіз засобів та методів побудови телекомунікаційних каналів передачі даних в безпілотних авіаційних комплексах
3. Було проведено розрахунок та побудовано аналітичну модель завадозахищеного каналу зв'язку з безпілотним літальним апаратом з використанням внутрішньо-імпульсної лінійно-частотної модуляції.

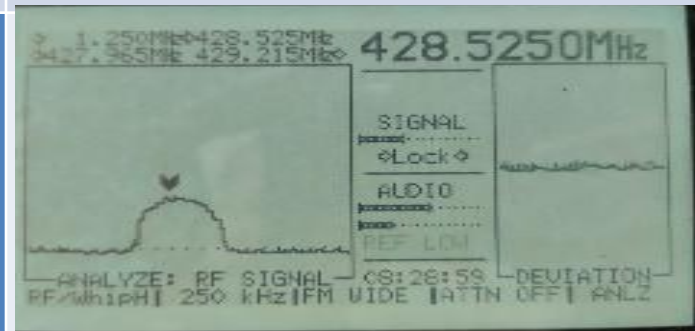
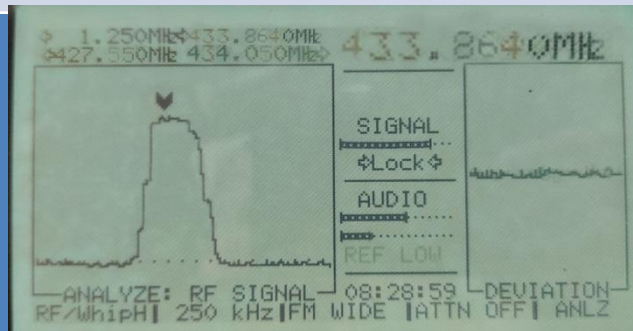


Порівняльний експеримент каналу зв'язку з БПЛА



Параметри сигналів

Частота	433 МГц	433 МГц
Вид модуляції	FM	ВЛЧМ
Потужність передавача	200 мВт	50 мВт
Дальність	2 км (земля-земля)	
Рівень прийому	20%	80%



ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ
імені ГЕРОЇВ КРУТ



ДЯКУЮ
за увагу!

КИЇВ-2021