Комплекс моніторингу за БПЛА РФ
Самостійне виготовлення та експлуатація

ОБМЕЖЕННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ:
обмежень для розповсюдження немає.

Автор Сергій Бескрестнов (Флеш)

Київ, 2024

В даний час у ЗСУ та НГУ ведеться контроль за БПЛА противника силами штатних підрозділів РЕБ та РЭР. Контроль здійснюється пеленагційними системами, яких відносно мало і які встановлені максимально далеко від лінії фронту з метою мінімізації ризиків їх вогневого ураження. Також на багатьох ділянках фронту інформація щодо БПЛА противника передається із затримкою або не є точною.

Даний комплекс допоможе Вам стежити за БПЛА противника та найголовніше сформує основні знання для майбутнього вашого розвитку у напрямку РЕР з БПЛА.

Призначення комплексу:
- контролювати польоти основних БПЛА РФ з метою мінімізації ризиків від їх застосування противником.

Повторюваність:
-цей пристрій (далі за текстом приймач, пункт моніторингу, приймальний пристрій, пункт прийому) простий у виготовленні і був особисто перевірений мною протягом року на різних ділянках фронтів

Застосування:
-фіксування типів БПЛА, відстані до них, переміщення. Фіксація вильотів та переміщення ударних БПЛА формату «Ланцет». Моніторинг польотів розвідувальних БПЛА в українському тилу (подібна активність майже завжди є «провісником» атаки тилових об'єктів). Аналіз активності БПЛА (що завжди є фактором активності військ РФ)

Реалізація:
-пункт моніторингу на локальному комп'ютері у точці прийому
-віддалений пункт моніторингу (приймач в одному місці, оператор в іншому)

Опціональне застосування:
-контроль активності засобів РЕБ, контроль FPV дронів

Варіант реалізації

Перед закупкою комплектуючих та збиранням треба зробити вибір варіанта виконання

Варіант 1 (простий, рекомендую новачкам почати з нього)

Ви купуєте приймач SDR, підключаєте його до Вашого комп'ютера за місцем служби. На комп'ютер інсталюєте програму SDR#. До приймача підключаєте підсилювач сигналів LNA. Від підсилювача «тягнете» кабель 5-15 метрів на дах, де ставите антену.

Варіант 2

Вам потрібно "дивитися" сигнали від "приймача", перебуваючи в іншому місці. Для цього Ви робите все так само, як і у варіанті 1, але на комп'ютер ставите програму віддаленого керування (наприклад ТімВьювер). Монтуєте все у віддаленому місці, а керувати «приймачем» Ви будете зі свого комп'ютера.

Звичайно, щоб приймач виносити «на нуль», потрібен комп'ютер якнайменшого розміру, при цьому потрібно, щоб його потужності вистачило на програму SDR# під Windows. Також потрібен стабільний канал зв'язку (Стралінк, модем LTE). Комп'ютер не повинен «засинати», а завжди бути готовим до підключення.

Кому цікаво, мені вдалося успішно зібрати віддалений приймач, на базі міні комп'ютеру такого типу.

MOREFINE M6S Mini PC Intel N100/N5105 8G 12G DDR5/DDR4 128GB/...

512GB SSD SATA, N100 DDR5 12G, EU

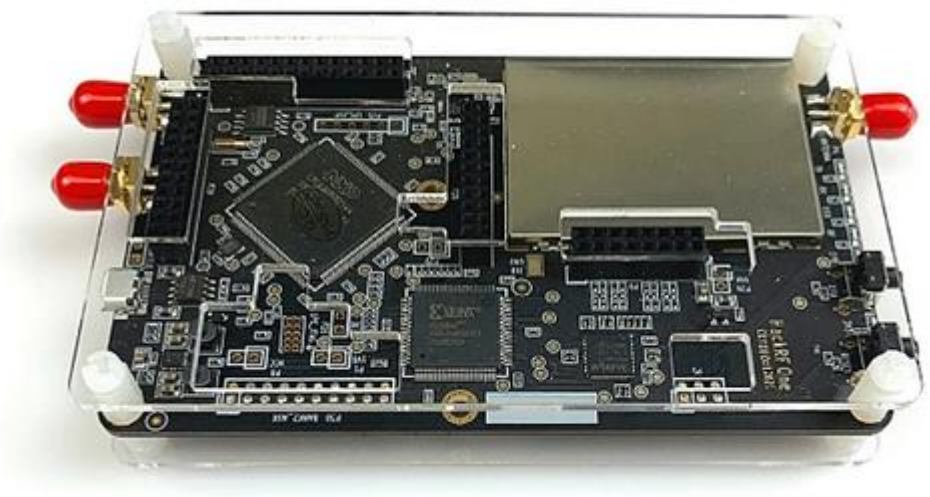
US $ 185.28 x1

Якщо збирати віддалений пункт прийому в корпус, пам'ятайте про необхідність вентиляції в цьому корпусі. У спеку закритий у корпус комп'ютер і SDR приймач сильно нагріватимуться.

Комплектуючі та складові

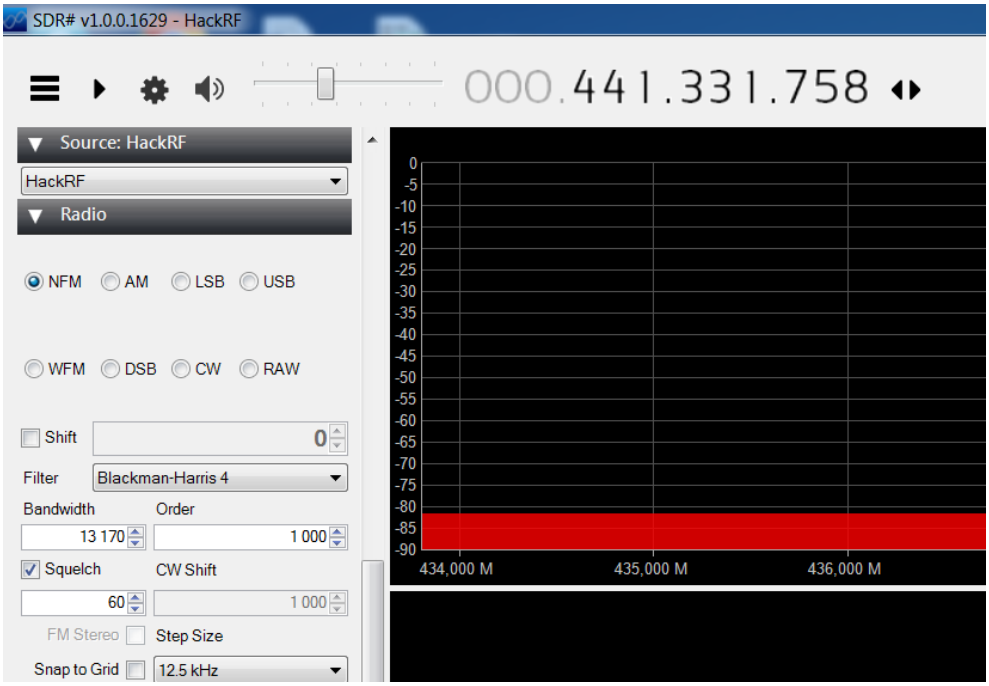
Основною системою є SDR приймач.
Ми будемо застосовувати SDR HackRF, який можна купити в Україні (дорожче) або на «Алі» (дешевше за 80 доларів)

https://www.aliexpress.com/item/32972753170.html



Програмне забезпечення

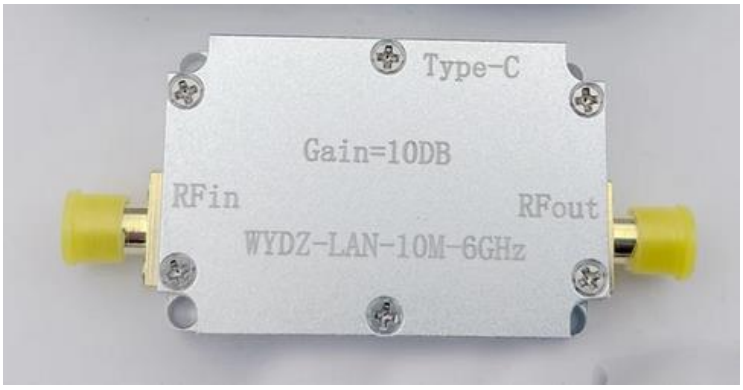
Безкоштовна програма SDR#, яку можна завантажити на сайті компанії AirSpy або знайти в іншому місці https://airspy.com/download



Малошумний підсилювач

Для кращої чутливості приймача, я рекомендую застосовувати малошумний підсилювач з посиленням 20дБ (12 доларів).

https://www.aliexpress.com/item/1005006431241921.html Не купуйте 40-50дБ, надмірне посилення негативно вплине на роботу всієї системи.



Корпус

Звичайно естетично буде зібрати всі елементи в корпусі (а не на столі), який можна купити в інтернет за 400-500 гривень. Наприклад на Розетці

Дрібниці

Щоб підключити підсилювач до приймача потрібний кабель (SMA male-SMA male), не всі вміють його самі паяти. Купити тут можна за пару доларів https://www.aliexpress.com/item/2033874631

Перехідник за долар, щоб із SMA перейти на «товстий кабель» з роз'ємом типу N https://www.aliexpress.com/item/4001293689143.html

Пам'ятайте, що підсилювач потрібно підключити до живлення через кабель TypeC-USB

Кабель

Частоти вище 800 МГц сильно загасають у кабелі, тому кабель від приймача до антени має бути якомога коротшим і кращим.

Я рекомендую використовувати кабель RG8 або LMR 400 довжиною не більше 10-20 метрів. Якщо Вам потрібний кабель довше, то доведеться підсилювач перемістити до антени та заживити його через кабель за технологією BIAS TEE. Купити кабель можна на OLX або, наприклад, тут https://selteq.com.ua

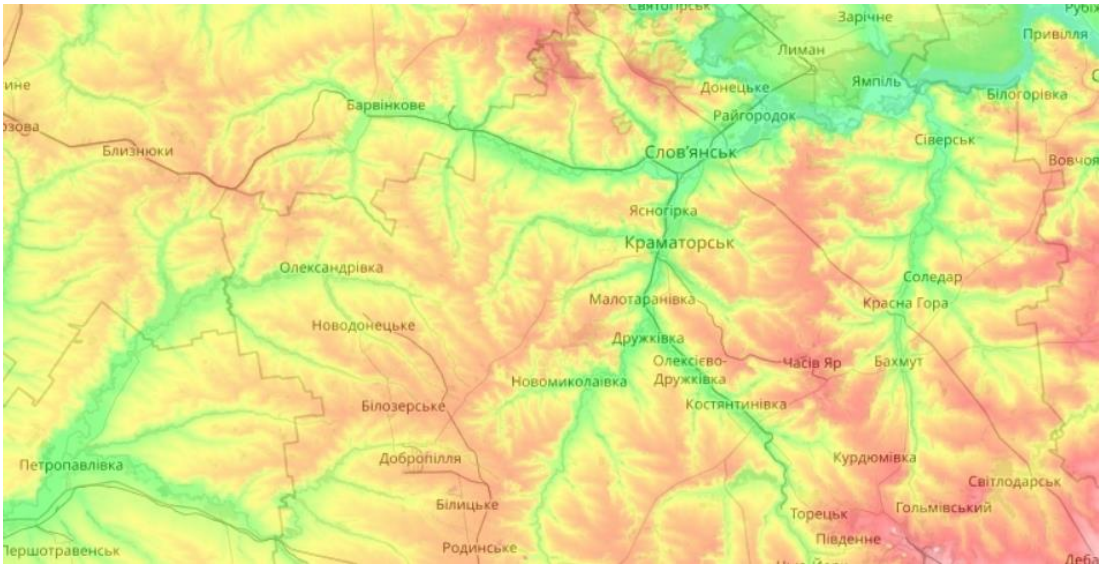
Вибір місця встановлення

Так як Ви спостерігатимете за БПЛА в «небі», то немає необхідності піднімати антену дуже високо. Швидше навпаки, якщо антену поставити високо (наприклад, на елеватор) буде лише гірше. Ви прийматимете всі перешкоди з округи і будь-який РЕБ за десятки кілометрів Вам заважатиме.

При виборі місця встановлення головне:

1. Вибирати місце в якому горизонт відкритий у бік супротивника. А не закритий, наприклад, бетонною будівлею.

2. Якщо хочете бачити БПЛА на 40-50 кілометрів, потрібно вибирати максимально високе місце по карті висот (наприклад у Кропиві)



При встановленні антени пам'ятайте, що вона маленька і не викликатиме уваги противника з повітря. Такий тип антен застосовується скрізь для «підсилювачів» мобільного зв'язку. Антену можна пофарбувати фарбою з балончика в зелений або чорний колір.

Пам'ятайте, що антена приймача і сам приймач повинен бути встановлений, як найдалі від антен мобільного зв'язку (особливо діапазону 900 МГц). Також приймач не можна наближати до засобів РЕБ та антен систем WIFI передачі. Не можна ставити приймач поруч із підсилювачами мобільного зв'язку.

Під час роботи приймача, наприклад, на даху приватного будинку, боєць, який у цей момент користується телефоном у дворі під антеною, буде створювати Вам перешкоди.

Увага! Антена приймача SDR нічого не випромінює і не може бути запеленгована.

Антена

Для роботи пункту прийому Ви можете вибрати спрямовану антену або кругову. Я зазвичай вибираю варіант із спрямованою антеною, яку орієнтую у напрямок противника.
Для завдань моніторингу ефіру ідеально підходить дешева логоперіодична антена від китайських підсилювачів мобільного зв'язку.

Ви можете придбати таку антену на «алі» або на olx. У цієї антени менше посилення, ніж у антени «хвильовий канал», зате вона працює у широкому діапазоні 700-3000 МГц та її діаграма спрямованості не така вузька. Для моніторингу БПЛА антену слід ставити вертикально.

13 доларів https://www.aliexpress.com/item/1005006055030100.html

Також можна застосовувати інший тип спрямованої антени секторного типу з такою ж широкою смугою, більш розкритою діаграмою по горизонту, але з меншим посиленням.

9 долларов https://www.aliexpress.com/item/1005003270061203.html

У деяких ситуаціях (наприклад, якщо Ви прямо на лінії фронту) спрямовану антену використовувати немає сенсу. Вам може знадобитися антена з круговою діаграмою спрямованості. Ця антена приймає сигнал з усіх боків, але має низьке посилення. Кругова антена з великим посиленням також існує, але коштуватиме набагато дорожче.

https://www.aliexpress.com/item/32837606167.html 10 доларів

Якщо Ви збираєтеся не просто приймати сигнали БПЛА, а ще намагатися визначати напрямок польоту, обертаючи антену горизонтом, то Вам потрібна антена хвильового каналу. Наприклад, ось така за 15 доларів. https://www.aliexpress.com/item/32270674704.html

Програма SDR#

Програма має безліч можливостей, і їй можна присвятити не один десяток сторінок. Я напишу для Вас буквально найголовніше.

1. Виберіть ліворуч у полі Source пристрій HackRF

2. Натисніть ліворуч вгорі знак шестерні. Там будуть налаштування посилення SDR приймача.

- якщо Ви застосовуєте зовнішній підсилювач, приберіть галочку Amp

- Виберіть Sample rate 20 MSPS, щоб смуга огляду була максимальною 20 МГц.

- VGA gain краще встановити трохи вище за мінімум

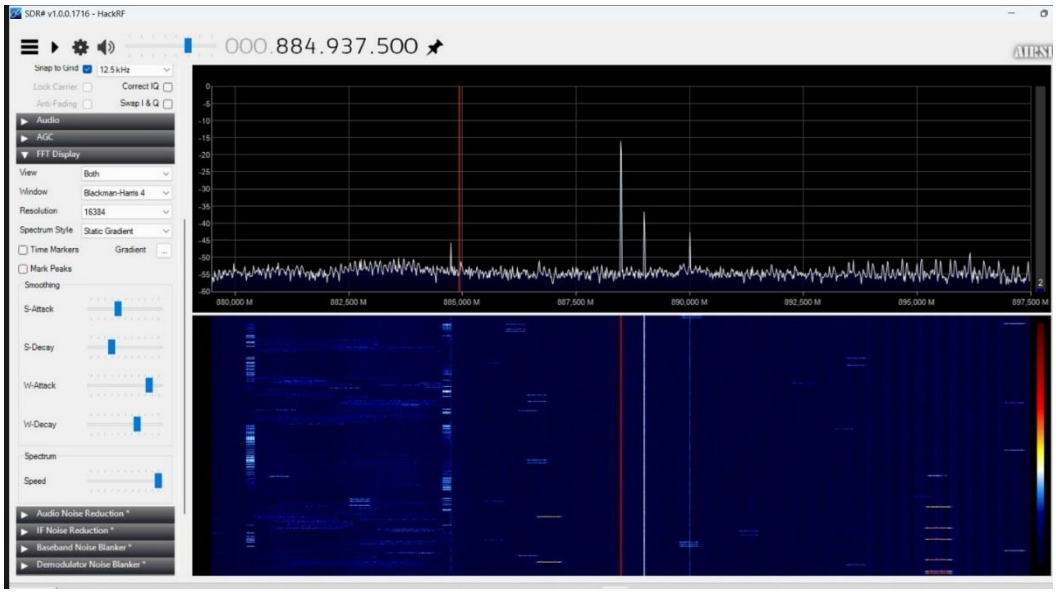
- LNA gain можна виставляти від середнього до максимального. Це посилення сигналу у вхідному каскаді приймача.

3. Праворуч зверху регулятор Zoom регулює смугу прийому. Спочатку тримайте його в нижньому положенні, щоб дивитися максимальну смугу 20МГц.

4. Регулятором Range налаштуйте видимість рівня шуму у нижній частині екрана

5. Регулятором Contrast налаштуйте видимість сигналів на контрастному тлі

В результаті Ви повинні спостерігати чіткі сигнали на нижньому фоні.



6. Регулювати швидкість руху синього екрану можна тут: ліва частина екрану, пункт FFT display, регулювання Speed. Для початку поставте її максимально праворуч, щоб синій екран рухався швидко.

Сигнали та типи БПЛА

Будь-який БПЛА може випромінювати сигнали телеметрії (керування) та сигнали передачі відео. Сигнал відео завжди широкий та має ширину 4-10 МГц.

Всі російські розвідувальні та ударні БПЛА передають телеметрію в наступних діапазонах.

860-870МГц

902-928 МГц

960-1020 МГц

Відеосигнали від БПЛА передаються на наступних ділянках

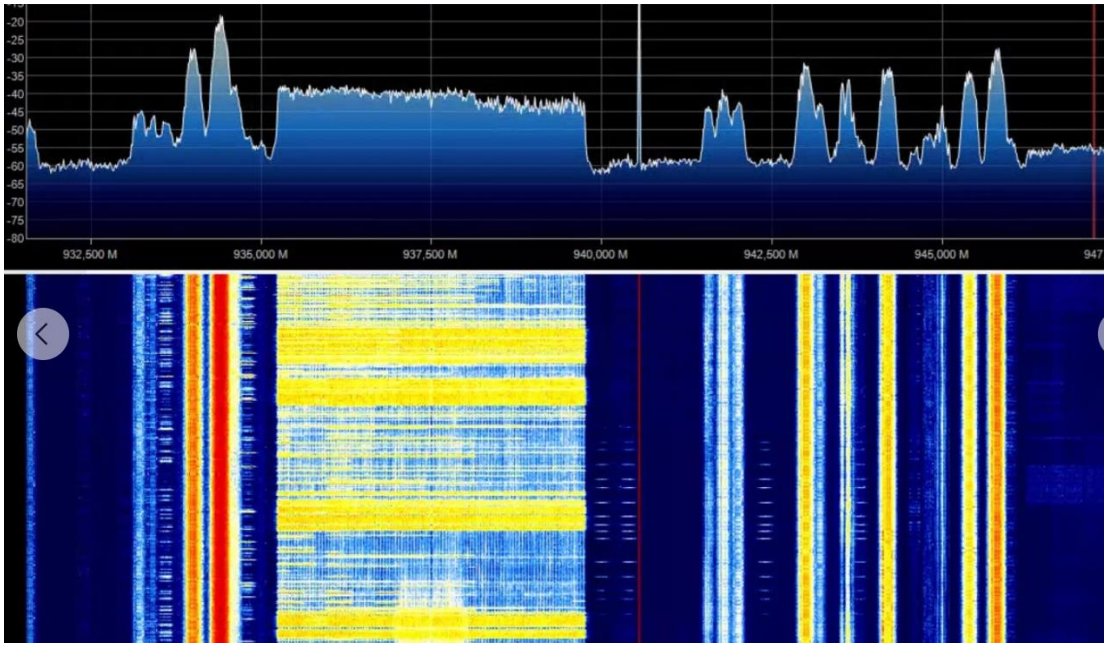
2.2-2.6 ГГц

1.3 ГГц

90% БПЛА РФ по всіх напрямках припадає на Орлан, Суперкам, Zala, Lancet

Перше, що Вам треба знати, на частотах 930-960 МГц в Україні працюють базові станції мобільного зв'язку. Сигнали від них потужні та спостерігаються скрізь. І звичайно, всі новачки їх плутають із БПЛА. До речі, цей же діапазон застосовується для мобільного зв'язку і в РФ, тому ні наші ні російські БПЛА (включно з FPV) не «літають» на частотах 928-960 МГц.

Ось як виглядають сигнали мобільного зв'язку. Широкий сигнал це LTE.



Zala, Lancet

Обидва БПЛА випускаються на одному заводі і мають однакові радіомодулі, тому відрізнити їх по сигналу неможливо.

Сигнал від Zala, Lancet унікальний та його легко впізнати. Дві вертикальні смужки точок на синьому фоні спектру (водоспад). Крапки йдуть дуже близько, поміж них 150-200кГц. На спектрограмі зверху екрана це виглядає як два сплески поруч.

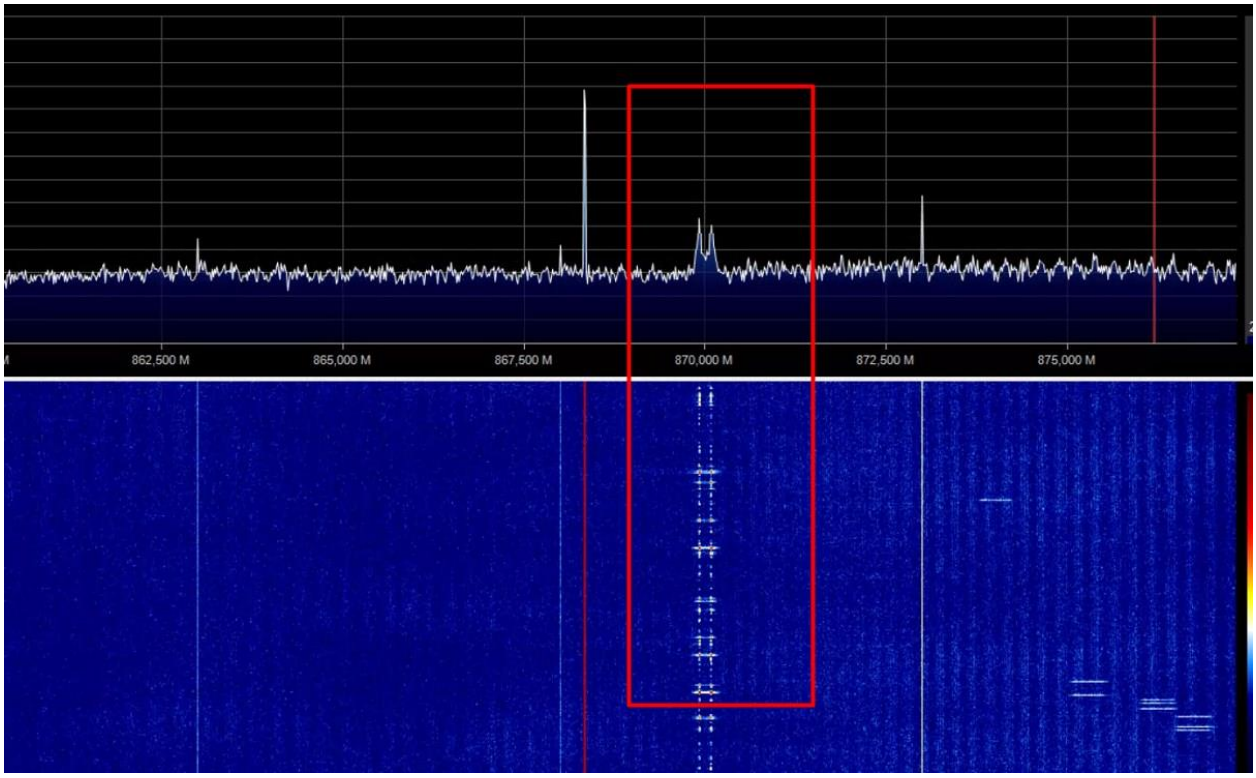
Сигнал спостерігається на частотах 868 МГц, 870 МГц, 915 МГц. Дуже рідко у моїй практиці були випадки спостереження сигналу інших частот в ділянці 902-920 МГц.

Мої спостереження:

Ланцет частіше буває на 868 МГц

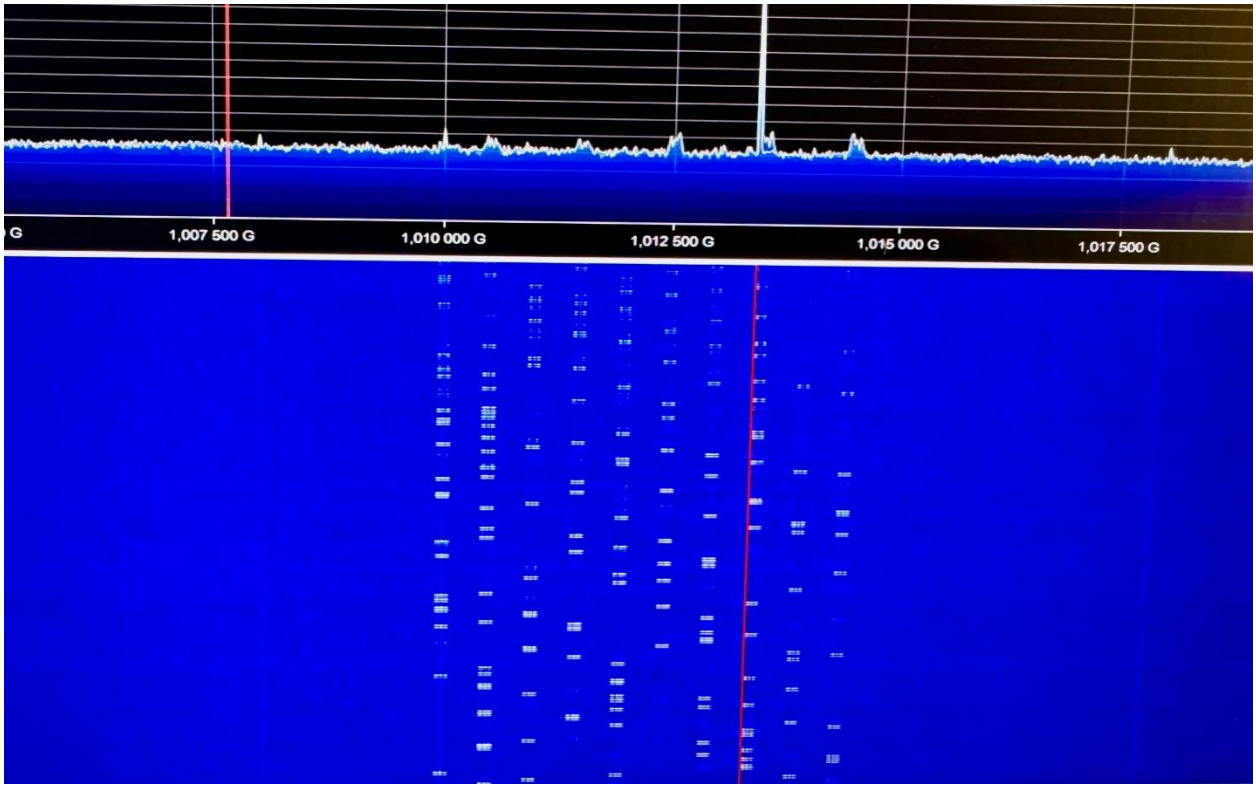
Ланцет не літає більше 40 хвилин (якщо більше, то це точно Zala)

Якщо бачите стабільний рівень сигналу це Zala «кружляє» на одній позиції. Ланцет летить по прямій на Вас або у бік і сигнал від нього зазвичай лінійно зростає або падає.



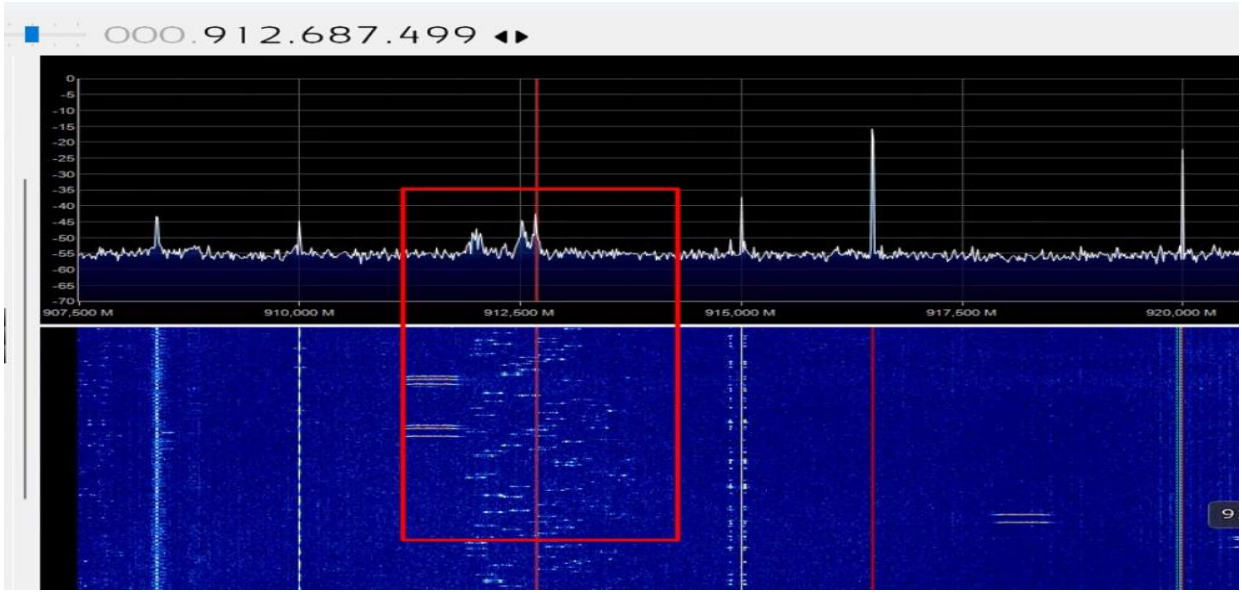
Суперкам

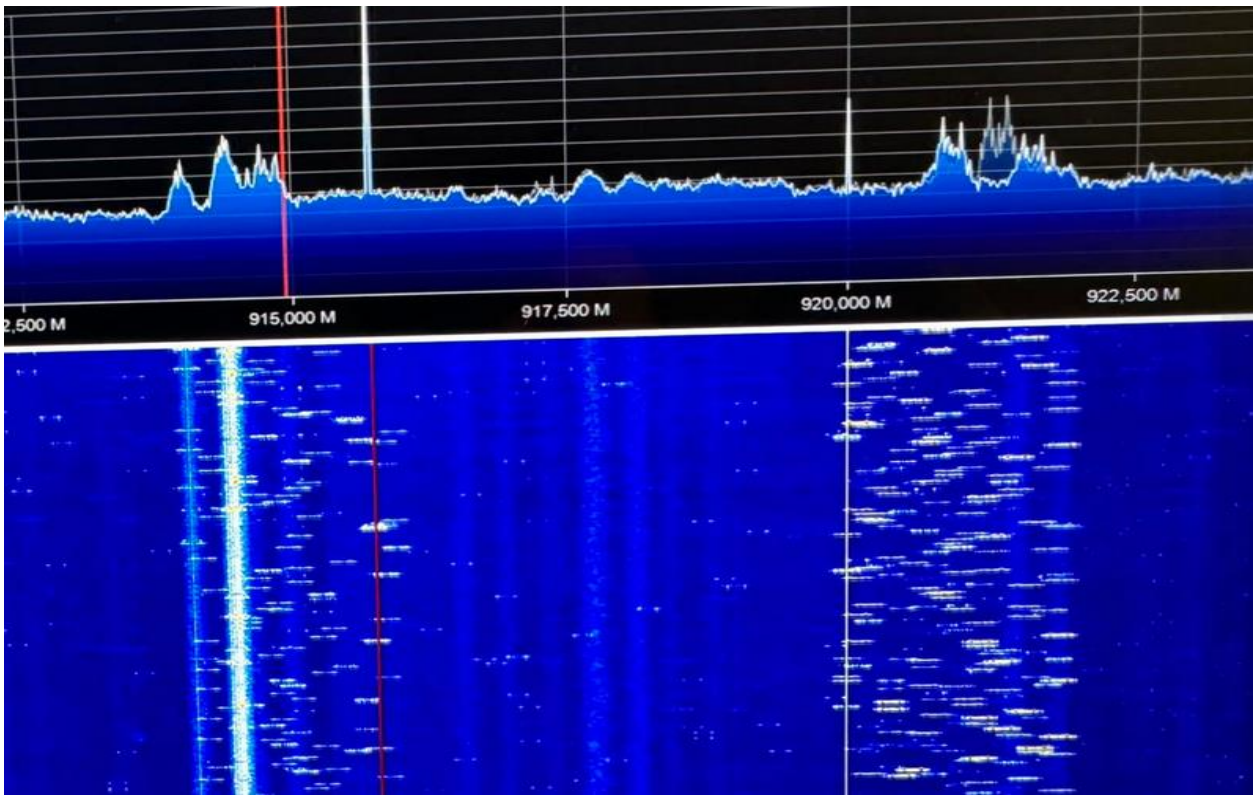
Сигнал виглядає, як 10 вертикальних смужок із рисочок загальною шириною 5 МГц Кожна смужка має ширину 150кГц. Сигнал може спостерігатися у діапазоні 856-1020 мГц.



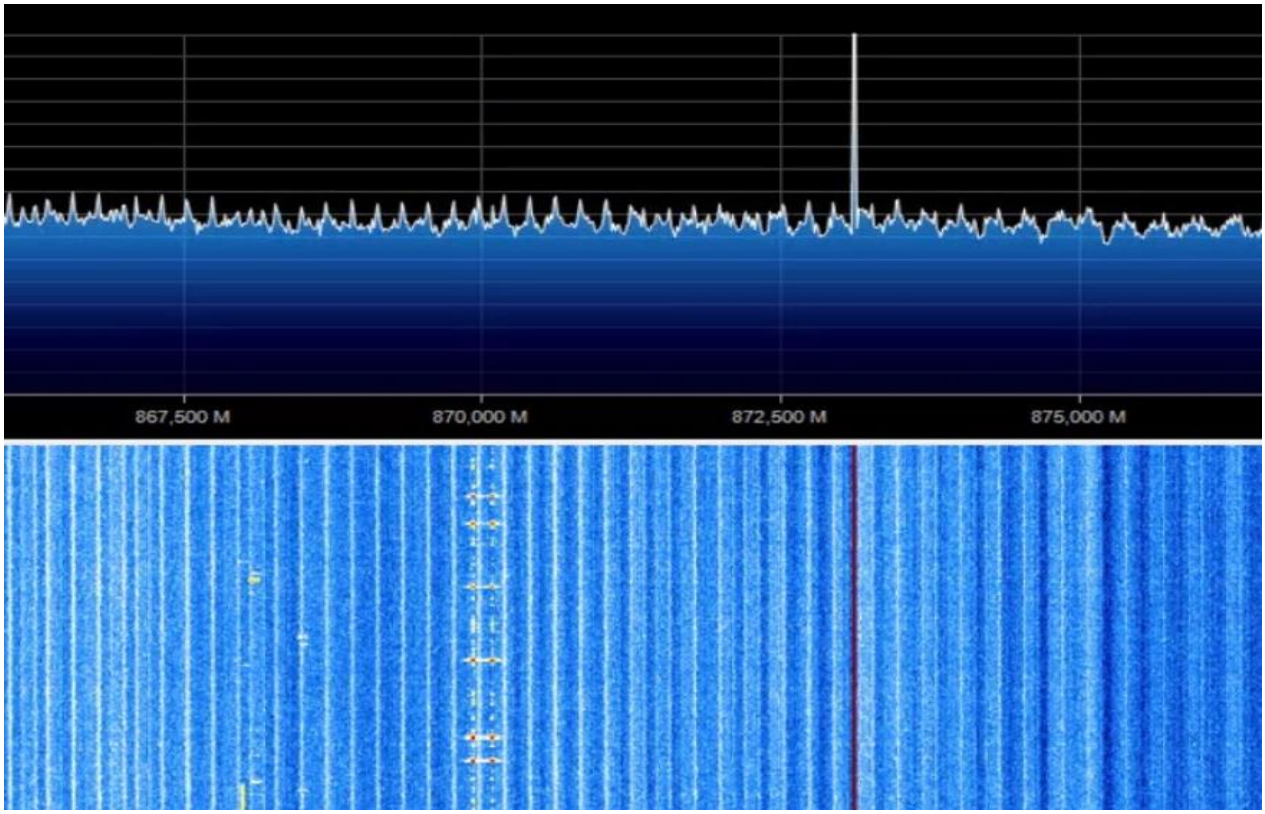
Орлан

Старі версії «літають» у діапазоні 902-928 МГц, нові можуть зустрічатися в діапазоні 960-1020 МГц. Орлан передає сигнал ППРЧ шириною 2 чи 4 МГц. Сигнал ППРЧ ОРЛАН виглядає як хаотичний набір горизонтальних рисок.





Якщо на частотах БПЛА працює РЕБ, на спектрограмі це виглядатиме так

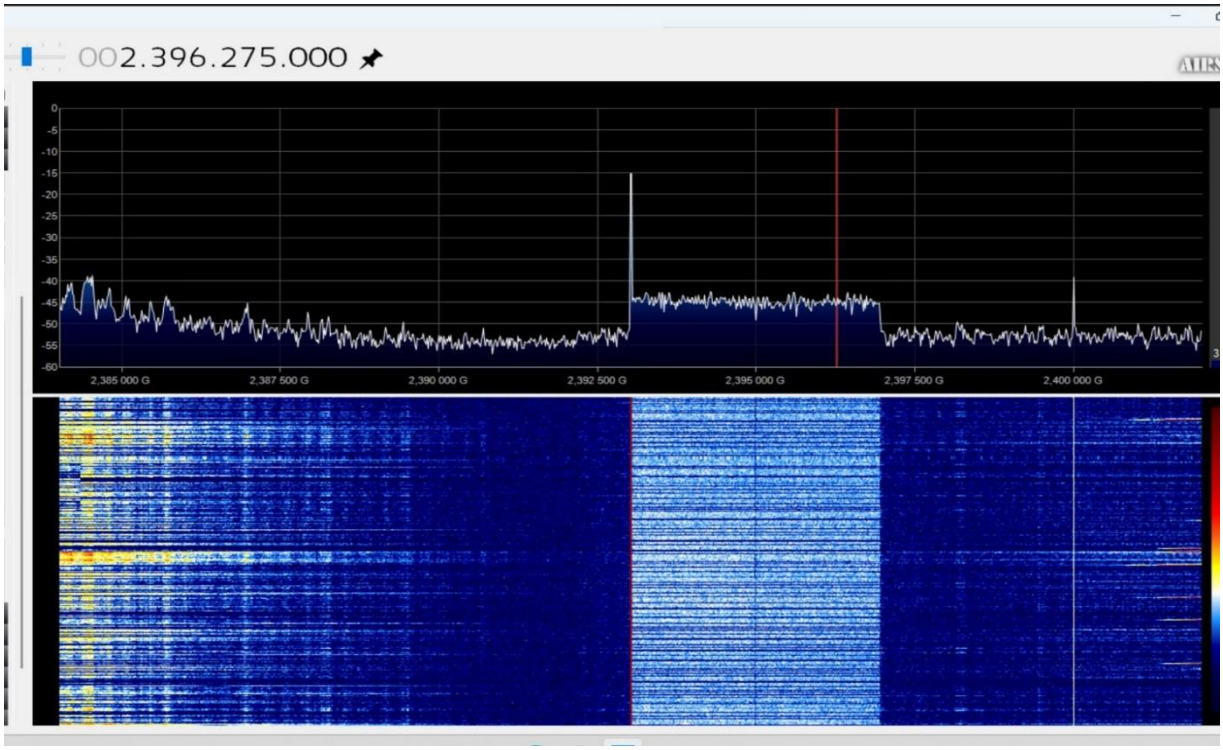


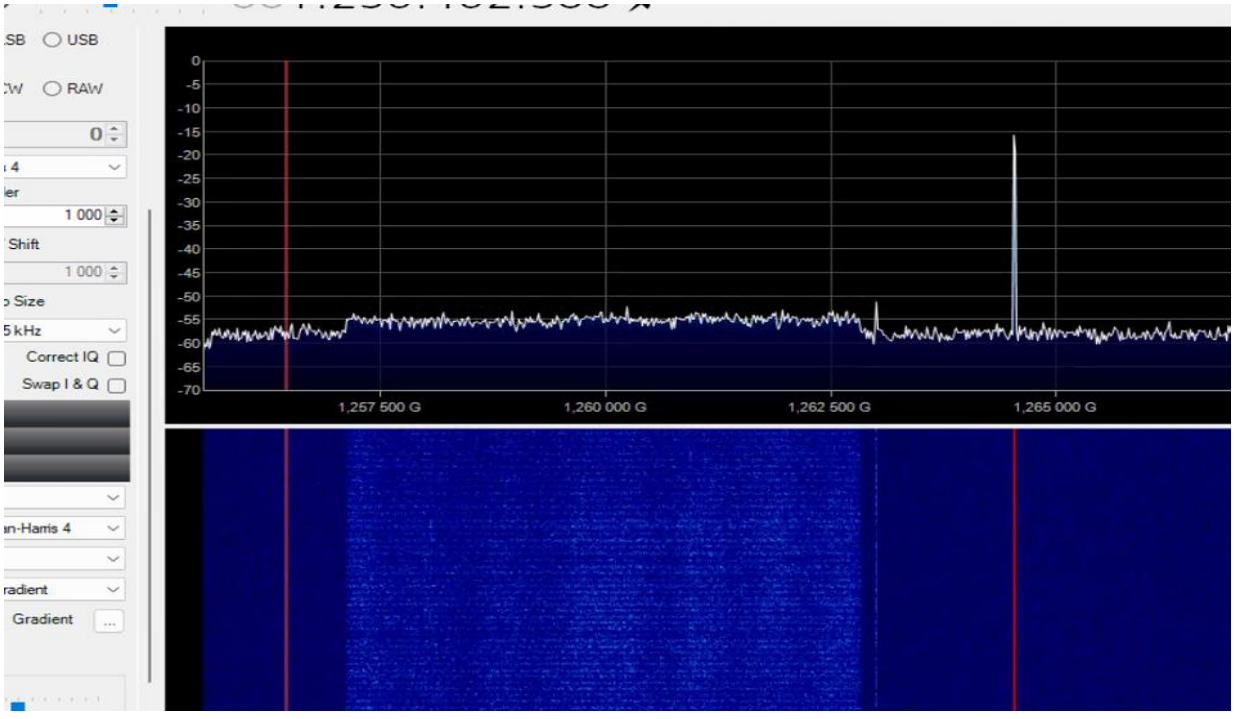
Відеосигнали

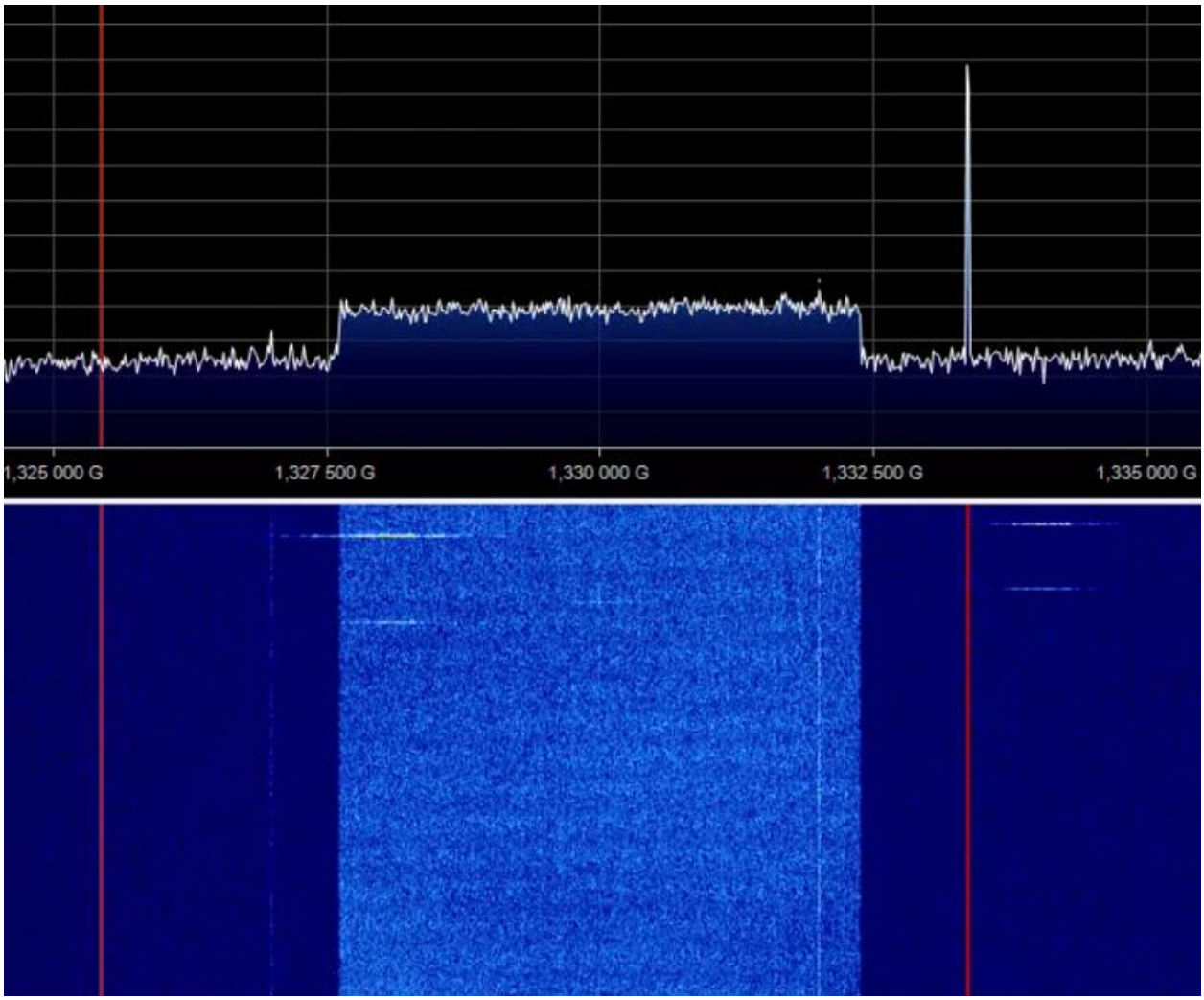
Будь-який розвідувальний БПЛА може транслювати картинку в реальному часі для розвідки або коригування вогню.

Будь-який відеосигнал має характерний вигляд. Це широка поличка на спектрограмі та біла смуга на водоспаді. Ширина лінії може бути від 3 до 10 МГц.

Якщо відеосигнал від FPV аналоговий та відкритий, то крилаті БПЛА шифрують канал відеопередачі.







Конструктори БПЛА можуть змінювати модулі відео передачі і частоти також змінюватимуться, але для «бази» дам інформацію по відео каналах

Zala 2.2-2.6 ГГц

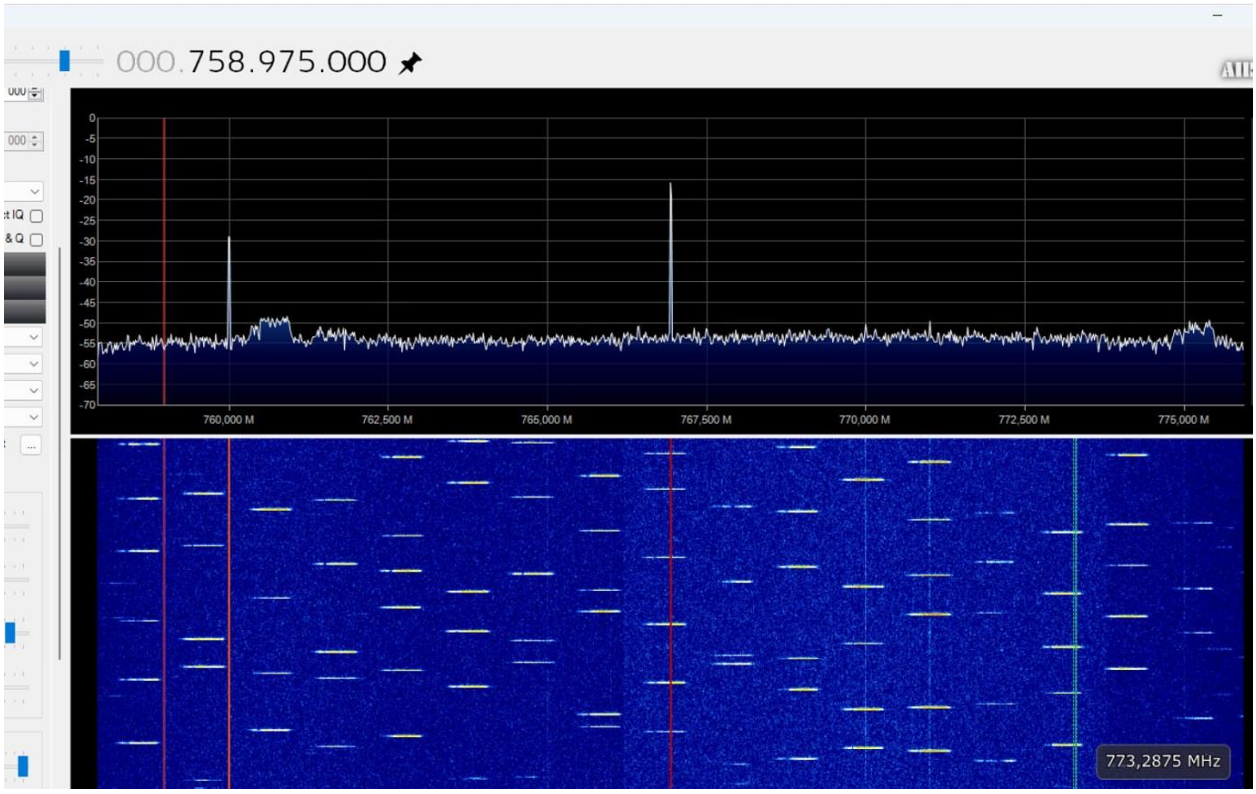
Supercam 1.3ГГц

Елерон 1.2ГГц

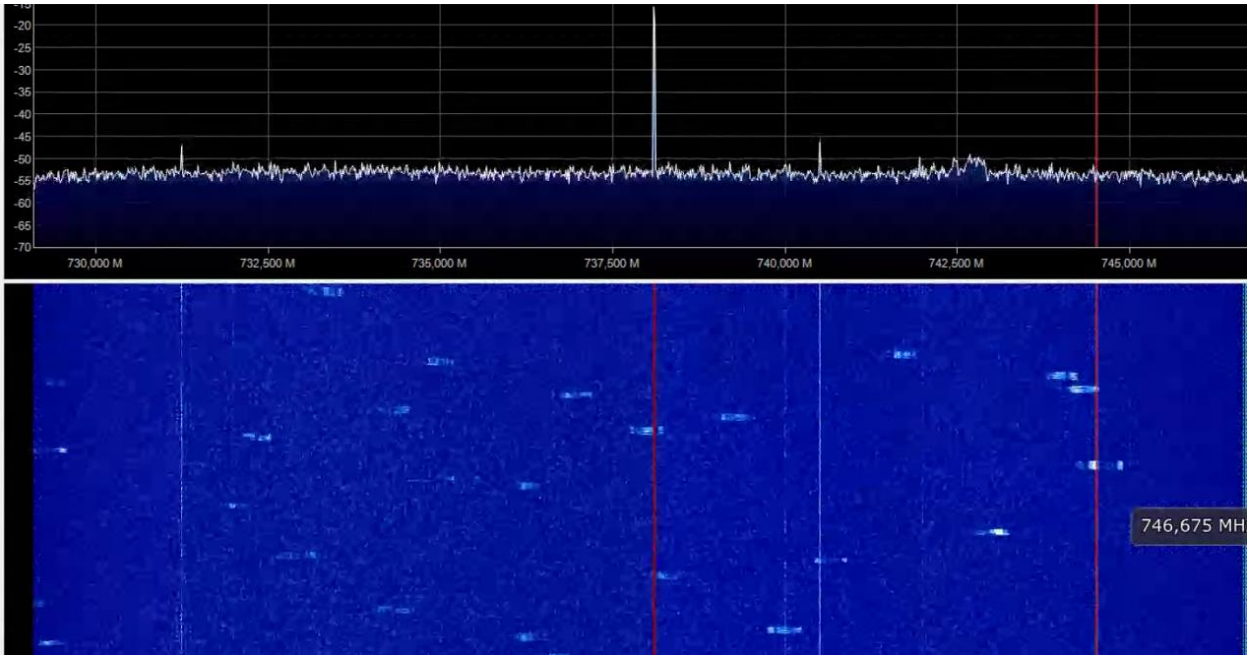
Орлан 2.2-2.5ГГц

FPV

Майже всі пілоти FPV дронів відключають телеметрію, тому дрон літає не випромінюючи нічого крім відео. Але для загального розуміння сигнал виглядає так. ППРЧ яке розтягнуте набагато ширше за крилаті БПЛА по смузі 30-40 МГц і може зустрічатися на ділянці 700-1020МГц



Ось так виглядає сигнал від FPV на 720-760Мгц (імовірно модуль Гермес)

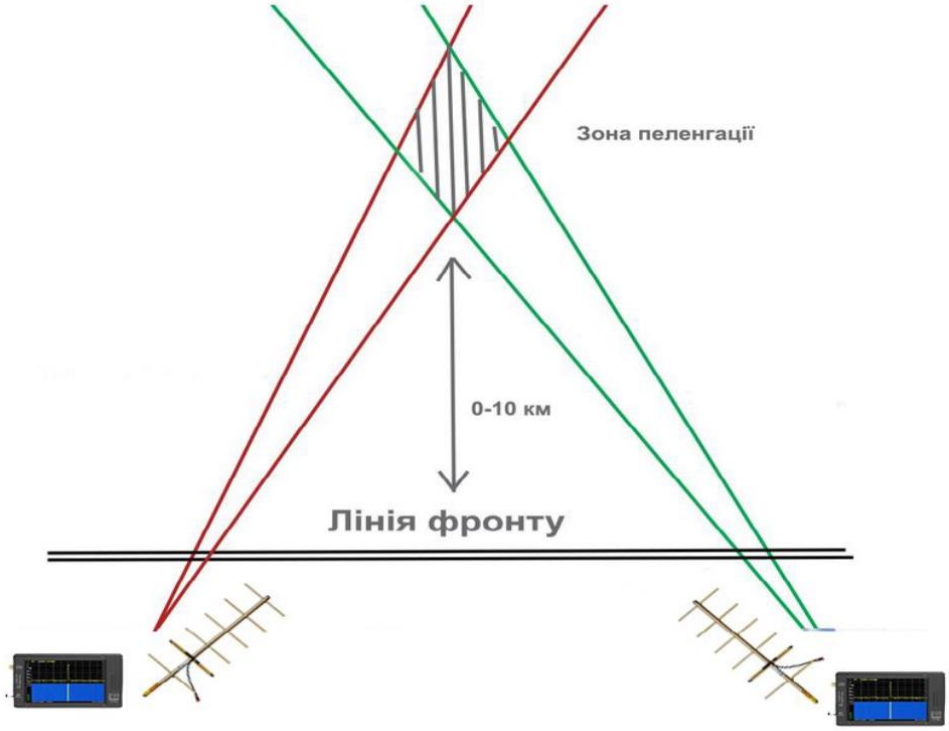


4. Пеленгація джерел сигналів

Пеленгація джерела перешкод або сигналу може здійснюватися класичним методом тріангуляції. Для цього Вам потрібно налаштувати SDR на потрібний діапазон і обертаючи спрямовану антену по колу, вибрати напрямок із найсильнішим сигналом. Відзначити пеленг (азимут) на карті або у Кропиві.

Повторити той самий процес на іншій точці, від'їхавши кілька кілометрів. Перетин двох пеленгів дасть Вам місце розташування об'єкта. Також краще взяти не два, а три пеленги для збільшення точності.

Для точності пеленгації Вам потрібна антена з вузькою діаграмою спрямованості. Для цього добре підходить антена хвильовий канал (Yagi). Безумовно, точність пеленгації буде низька (порівняно з пеленгаторами Пластун або ТСІ) але цілком достатня, щоб визначити приблизну зону джерела сигналу. Пеленгацію потрібно проводити на відстані декількох метрів від великих металевих або залізобетонних об'єктів.



5. Визначення відстані до цілі
Визначити відстань до джерела сигналу можна за рівнем сигналу. Це буде лише приблизне розуміння відстані.

На рівень сигналу впливатиме тип антени, наявність кабелю між антеною та приладом, коефіцієнт посилення малошумного підсилювача, місце прийому та потужність передавача. Тому фактично Ви зможете за своїм досвідом через якийсь час зрозуміти дистанцію, але тільки приблизно.
-Коли на водоспаді сигнал ледь помітний, то рівень дуже слабкий і джерело далеко.
-Коли сигнал став чіткий, то відстань до об'єкта поменшала.
-Коли сигнал на водоспаді жовтий або червоний, то рівень дуже сильний. При цьому піки сплесків зашкалюють на весь екран. Це означає що джерело від Вас буквально в межах кілометра.

Ці співвідношення рівнів сигналів та відстаней різні для різних цілей. Для Мавіків одне, для Орланів інше. Тому тут Вам допоможе тільки особистий досвід.