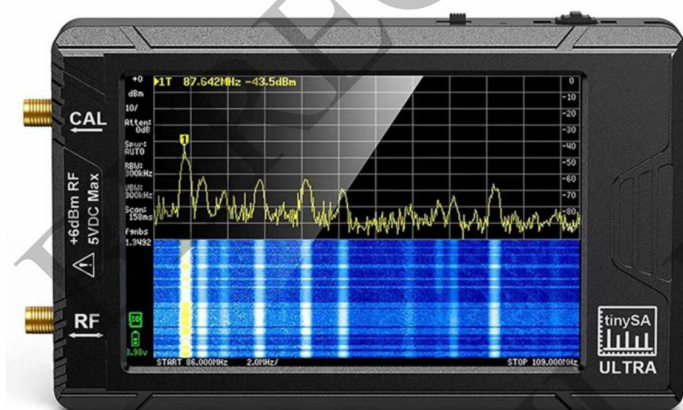


На замовлення Командування підготовки сухопутних військ



Настанова Практичне застосування аналізатора спектру «TINY SA ULTRA» для виконання бойових завдань



ОБМЕЖЕННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ: обмежень для розповсюдження немає.

Автор Сергій Бескреднов (Флеш)

Київ, жовтень 2023

Зміст документа:

1. Загальна інформація
2. Рекомендації щодо роботи з приладом
3. Практичне бойове застосування
 - 3.1 Перевірка частотних діапазонів VHF та UHF на наявність перешкод чи наявності активності
 - 3.2 Перевірка частотних діапазонів на наявність перешкод чи активності РЕБ (як свого, так і чужого) за сигналами супутникової навігації
 - 3.3 Перевірка частотних діапазонів на факт наявності перешкод чи наявності активності РЕБ (як свого, так і чужого) каналами управління БПЛА і каналами прийому відео сигналу
 - 3.4 Фіксація та ідентифікація «крилатих» розвідувальних БПЛА РФ
 - 3.5 Фіксація та ідентифікація «крилатих ударних БПЛА РФ з можливістю їх пеленгації (Ланцент, Зала)
 - 3.6 Фіксація з можливістю пеленгації квадрокоптерів DJI, AUTEL
 - 3.7 Фіксація з можливістю пеленгації квадрокоптерів FPV
 - 3.8 Фіксація з можливістю пеленгації точок WiFi на позиціях противника
 - 3.9 Інші варіанти застосування
4. Пеленгація джерел сигналів методом триангуляції
5. Визначення відстані до цілі

1. Загальна інформація

Аналізатор спектру Tiny Sa Ultra (далі прилад) є портативним аналізатором спектру з вбудованим акумулятором, що дозволяє приймати і досліджувати радіо сигнали в діапазоні частот до 6 ГГц.

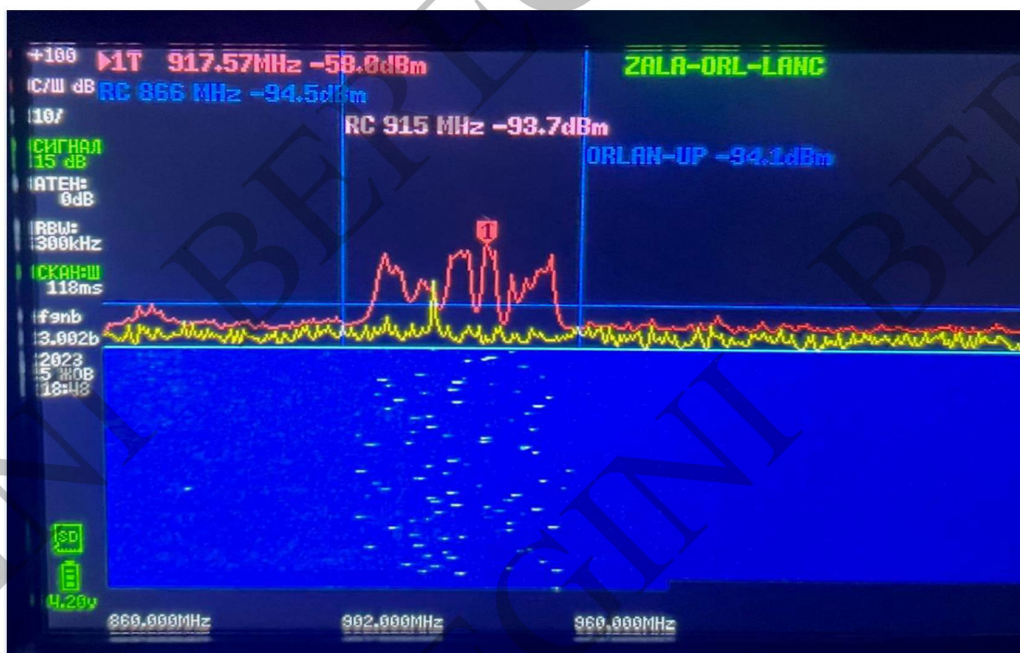
Прилад має безліч налаштувань, але загальна логіка роботи з ним проста: по вертикальній осі відображається рівень сигналу в децибелах, а у горизонтальній діапазон частот.

Тому будь-який сигнал буде відображатися «сплесками» на екрані жовтої лінії. Червону лінію додано, щоб показати максимальні значення «сплесків».

Так, як сигнали можуть дуже швидко з'являтися та пропадати (а сучасні цифрові сигнали взагалі складно відстежити по «сплесках») у приладі реалізовано рішення, яке називається «водоспад». Під жовтою лінією на синьому фоні Ви бачите «розгорнуті у часі» сигнали, які прилад вловив, а Ви оком не встигли помітити.

«Водоспад» це повзуча вниз стрічка на якій ставляться позначки сигналів. Вам такий принцип знайомий по приладу, що робить кардіограму.

Чим сигнал сильніший, тим жовті сплески будуть вищими, а на водоспаді крапки будуть жирнішими і змінюватимуть колір на червоний.



Примітка: Дана настанова може також застосовуватися для роботи з будь-якими SDR приймачами та аналізаторами спектрів, що мають схожі характеристики.

2. Рекомендації щодо роботи з приладом

Прилад є пасивним, нічого не випромінює, та не фіксується засобами РЕР противника.

1. Для більш зручного та простого використання приладу на нього слід встановити спеціальну україномовну прошивку з повним набором готових діапазонів та налаштувань. Прошивку та вказівки щодо встановлення та налаштування можна отримати у автора www.facebook.com/bkmit Зверніть увагу, що автор захистив прошивку від противника і Вам потрібно буде дати автору серійний номер свого приладу і потім після встановлення прошивки ввести у прилад код активації.
2. Повністю заряджений прилад працює від вбудованого акумулятора близько 2 годин, для тривалішої роботи його слід підключити через дріт «type C» до зовнішнього джерела живлення. Час заряджання вбудованого акумулятора 1 год.
3. Прилад має вбудований підсилювач сигналу (LNA, укр.МШП) якщо Ви використовуєте зовнішній підсилювач, то внутрішній необхідно відключити, прибравши галочку в меню.
4. Зовнішній підсилювач рекомендується застосовувати з посиленням 20-30 дБ. Обов'язково зверніть увагу на діапазон підсилювача. Якщо Вам важливий діапазон 5.8 ГГц, то зовнішній підсилювач обов'язковий. Із внутрішнім підсилювачем на 5.8 ГГц прилад працює погано.



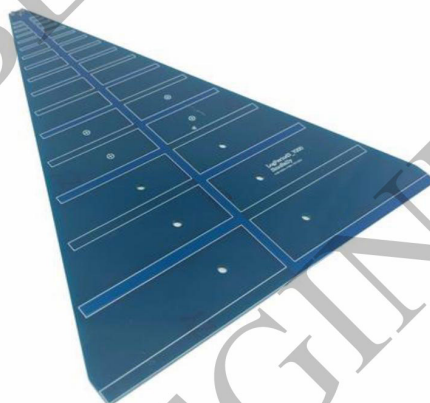
Посилювач сигналу

5. Прилад дуже сильно відсвічує на сонці, обов'язково застосовуйте захисні козирки та матові плівки як варіант захисту.
6. Не підносьте прилад до антидронових рушниць ближче 3 метрів і не спрямовуйте антену прямо на них.
7. До приладу допускається підключення будь-яких антен та фідерів опором 50 Ом через стандартний роз'єм типу SMA. Для пеленгації джерел сигналу та посилення слабких сигналів Вам потрібні спрямовані антени (наприклад, хвильовий канал), які налаштовані на потрібний діапазон. Наприклад, для прийому сигналів російських БПЛА і FPV підійдуть антени діапазону 900 МГц від підсилювачів сигналу мобільного зв'язку. Для прийому сигналів дронів на 2.4 ГГц та 5.8 ГГц підійдуть спрямовані антени від WiFi.



Спрямована антена хвильовий канал

8. Відома логоперіодична антена «трикутник» є компромісною. Вона працює на всіх діапазонах, але має слабе посилення та не дозволяє точно пеленгувати об'єкти.



9. На Youtube Ви знайдете багато відео уроків по користуванню приладом.

10. Приклад варіанта підключення Аналізатор + Підсилювач + Павербанк + антена на 2.4ГГц



11. Антени передавачів мають певну поляризацію. Тому при прийомі сигналів повертаючи антену навколо осі горизонтально або вертикально Ви можете досягти значного покращення приймального сигналу. Працювати спочатку потрібно з вертикальним положенням антени.

3. Практичне бойове застосування

Портативний аналізатор спектру Tiiny SA Ultra може бути використаний для наступних напрямків військової діяльності:

А.Перевірка частотних діапазонів на наявність перешкод чи наявності активності РЕБ (як свого і чужого)

- за сигналами супутникової навігації (пригнічення модуля GPS Старлінк)
- за частотами зв'язку та приймальними частотами ретрансляторів UHF та VHF
- каналами управління БПЛА
- каналами прийому відеосигналів від БПЛА

Б.Фіксація та ідентифікація крилатих розвідувальних БПЛА з можливістю їх пеленгації

В.Фіксація та ідентифікація крилатих ударних БПЛА з можливістю їх пеленгації (Ланцент, Зала)

Г.Фіксація з можливістю пеленгації квадрокоптерів FPV дронів, DJI, AUTEL

Д.Фіксація з можливістю пеленгації точок WiFi на позиціях супротивника

Е.Пеленгація джерел сигналів методом триангуляції

- сигнали супутникової навігації
- частоти зв'язку та приймальні частоти ретрансляторів UHF та VHF
- канали управління БПЛА
- канали прийому відеосигналів від БПЛА

3.1 Перевірка частотних діапазонів на наявність перешкод чи наявності активності РЕБ

Перевірка частотного діапазону на предмет наявності перешкод або наявності активності РЕБ (як свого так і чужого) по частотам зв'язку та приймальним частотам ретрансляторів UHF та VHF

Противник може ставити активні перешкоди в діапазонах 136-174 МГц і 420-470 МГц з метою перешкодити радіообміну. Оскільки ми використовуємо цифровий вид зв'язку стандарту DMR, ми не можемо розпізнати наявність таких перешкод без аналізу спектра. В аналоговому зв'язку таку активність можна було розпізнати у вигляді посиленних шумів і сторонніх звуків. У цифровому форматі ми не чуємо шумів, але відстані зв'язку сильно скоротяться. Постійний контроль ефіру допоможе нам зафіксувати активність РЕБ супротивника та своєчасно змінити частоти на запасні.

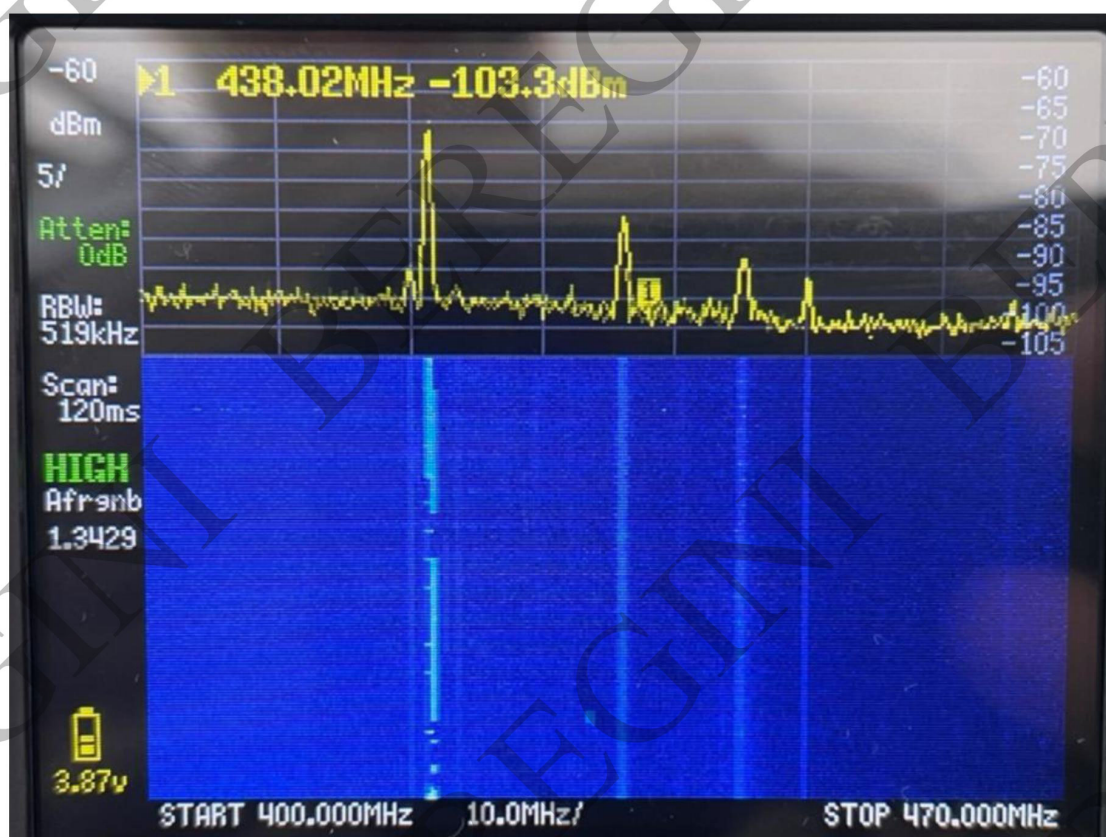
Більш важкою є ситуацією з формуванням противником перешкод на приймальних (вхідних частотах радіоретранслятора). Це призведе до того, що ретранслятор не чути далекі станції, а можливо й близькі. Без аналізу спектра швидко визначити причину буде складно.

Також аналіз спектру дозволяє зв'язківцям вибрати найчистішу приймальну частоту. Тому що на активних фронтах ефір щільно завантажений, і Вам можуть заважати передавачі сусідніх підрозділів.

Застосування

Необхідно виставити потрібний діапазон і обертаючи коліщатко знайти Вашу частоту і переконатися, що на ній немає перешкод. Якщо перешкода є, необхідно змінити частоту. Часто буває так, що в діапазоні VHF і UHF періодично працюють потужні джерела перешкод (наприклад, РЛС П-18), які не дадуть Вам організувати нормальний зв'язок на конкретній ділянці фронту і Вам доведеться підбирати частоти. Тобто мало подивитися частоту один раз, за нею слід стежити протягом часу.

Приклад: стан ефіру в діапазоні UHF. Відразу видно перешкоди та зайняті частоти.



Приклад: стан ефіру в діапазоні UHF.

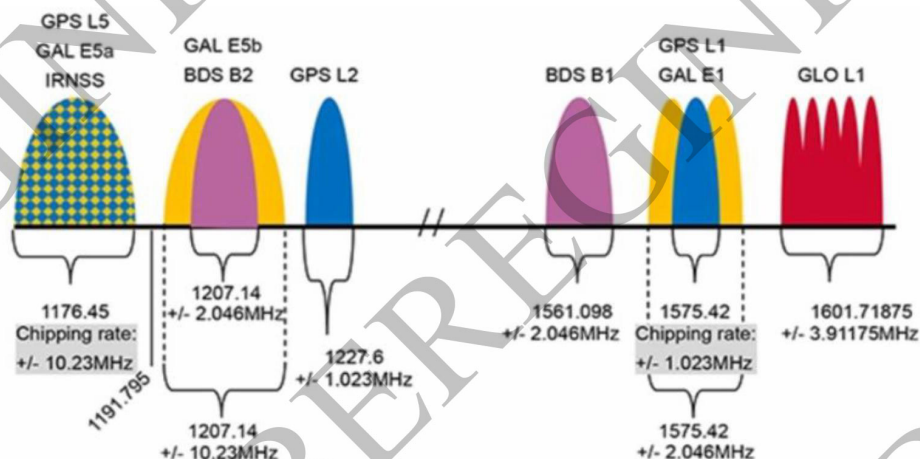


Анени

Можна використовувати будь-які антени VHF або UHF діапазону. Для перевірки частоти прийому ретранслятора пристрій потрібно підключити до кабелю антени ретранслятора через перехідник.

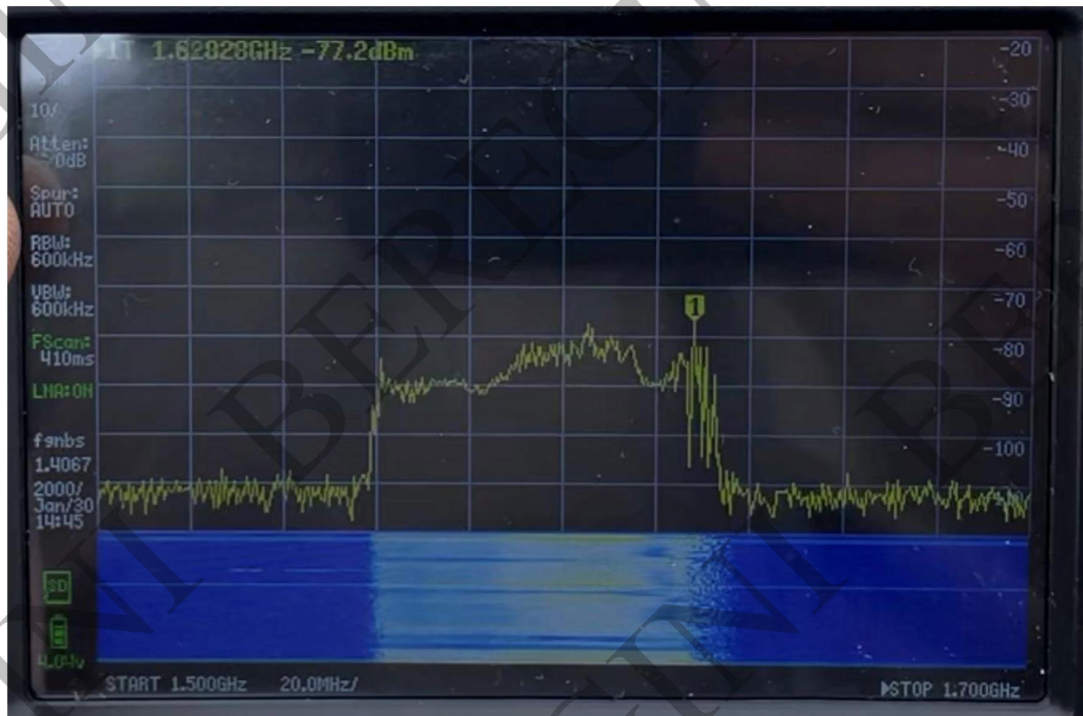
3.2 Перевірка частотних діапазонів на наявність перешкод чи активності РЕБ (як свого так і чужого) по сигналам супутникової навігації

Якщо Вам необхідно зрозуміти, чи пригнічує РЕБ частоти супутникової навігації у Вашій місцевості, потрібно «подивитися» на наступні частоти:

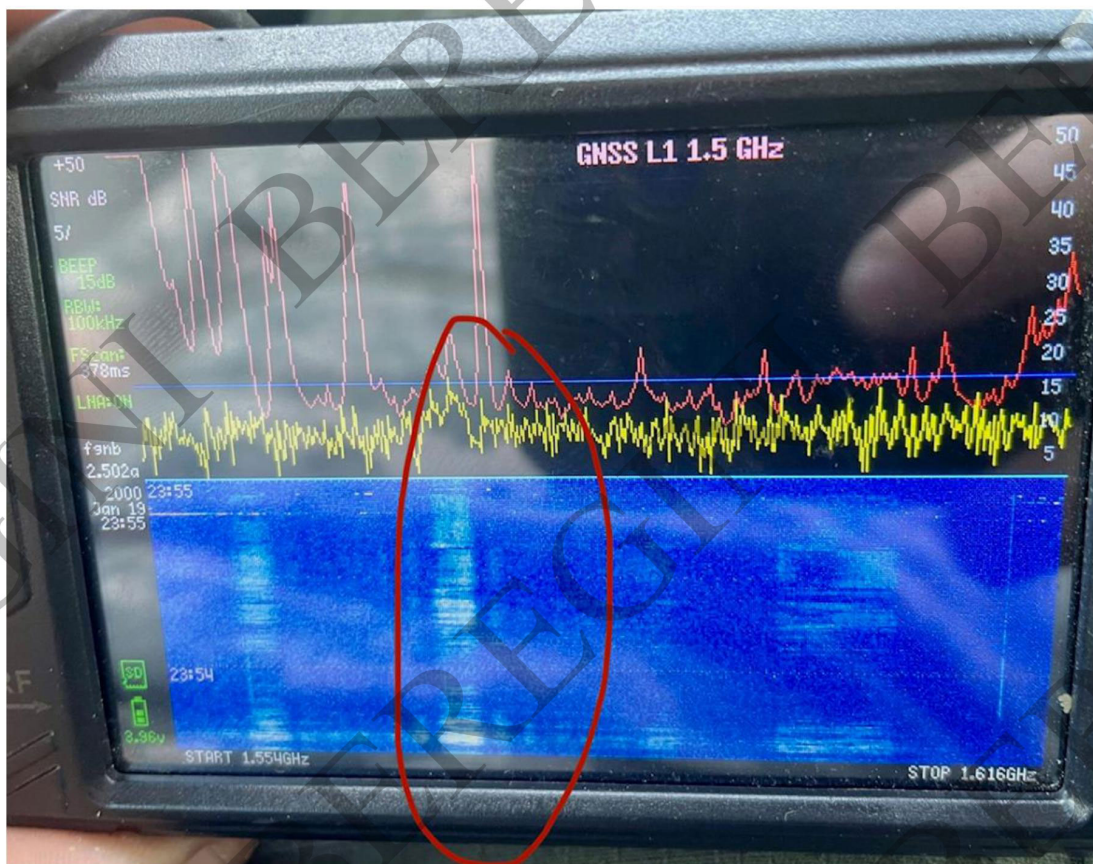


Частоти: GPS L1 1575 МГц GPS L2 1227 МГц GPS L5 1176 МГц ГЛОНАСС L1 1602 МГц ГЛОНАСС L2 1245 МГц

Приклад: РЕБ на частотах навігації GPS та ГЛОНАСС 1.54-1.64ГГц



Приклад: РЕБ на частотах навігації



Слід враховувати, що на землі Ви з великою ймовірністю не побачите перешкоди і треба перевірити ефір хоча б на 10 метрів над рівнем землі.

Якщо прямо на землі Ви бачите сигнали РЕБ по частотам навігації це означає, що

- РЕБ РФ стоїть десь поруч, найімовірніше на височини або на будівлі або на вежі мобільного зв'язку
- Ви не зможете злетіти на дроні, який не підготовлений
- Ваш Старлінк погано працюватиме (в меню Старлінка потрібно вибрати синхронізацію за своїми супутниками)
- Ви можете знайти приладом місце із мінімальним рівнем сигналу від РЕБ

Застосування

Виставити на приладі діапазон частот, в якому працює супутникова навігація. Перевірити наявність перешкод на навігаційних частотах. Також можна знайти приладом місце з мінімальним рівнем сигналу від РЕБ

Антени

Можна застосовувати логіперіодичну антену або антену Вівальді

3.3 Перевірка частотних діапазонів на факт наявності перешкод чи наявності активності РЕБ (як свого так і чужого) по каналам управління БПЛА і каналам прийому відео сигналу

Перед вильотом, пілот БПЛА повинен переконатися, що поруч із точкою вильоту не працює РЕБ, який глушить канали керування, телеметрії та відео. Інакше БПЛА відлетить деяку відстань і сигнал від нього буде втрачено. Буває що це працює наш український РЕБ.

Застосування

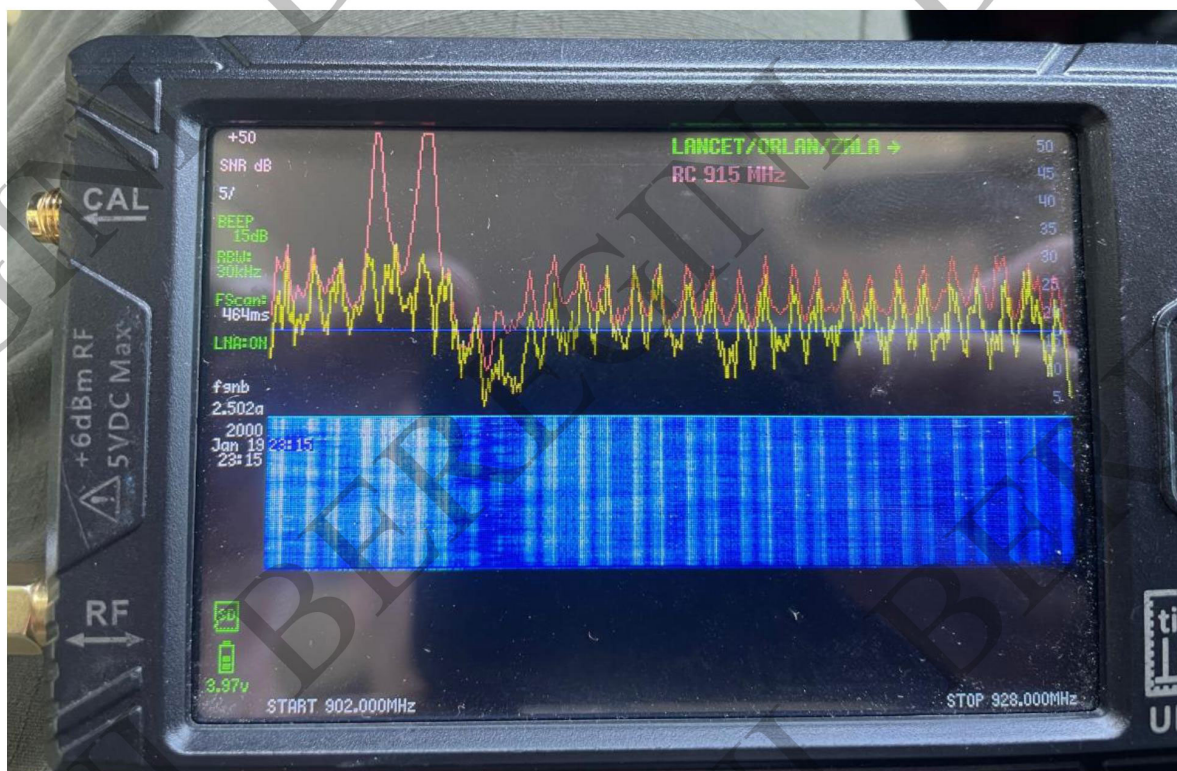
Потрібно знати діапазон частот у якому працює Ваш БПЛА (якщо це крило) та подивитися його на аналізаторі спектру. Ви відразу побачите, чи є ознаки роботи РЕБ в ефірі. На практиці наш РЕБ тисне зазвичай діапазон 900 МГц (там літають крім БПЛА РФ наші FPV та частина наших крил). Також РЕБ може тиснути діапазон 2.4 ГГц, 5.8 ГГц, на якому літають DJI та діапазон 5.8 ГГц, на якому передається відеосигнал від FPV.

Друга частина проблеми - це перенавантаження діапазону 5.8 ГГц що погано для прийому відео від FPV дронів. Навколо Вас літають сотні дронів, яких Ви не бачите, але вони створюють перешкоду на Ваш приймач. Огляньте діапазон і якщо на 5.8 ГГц є перешкоди, виберіть канал на якому перешкод немає.

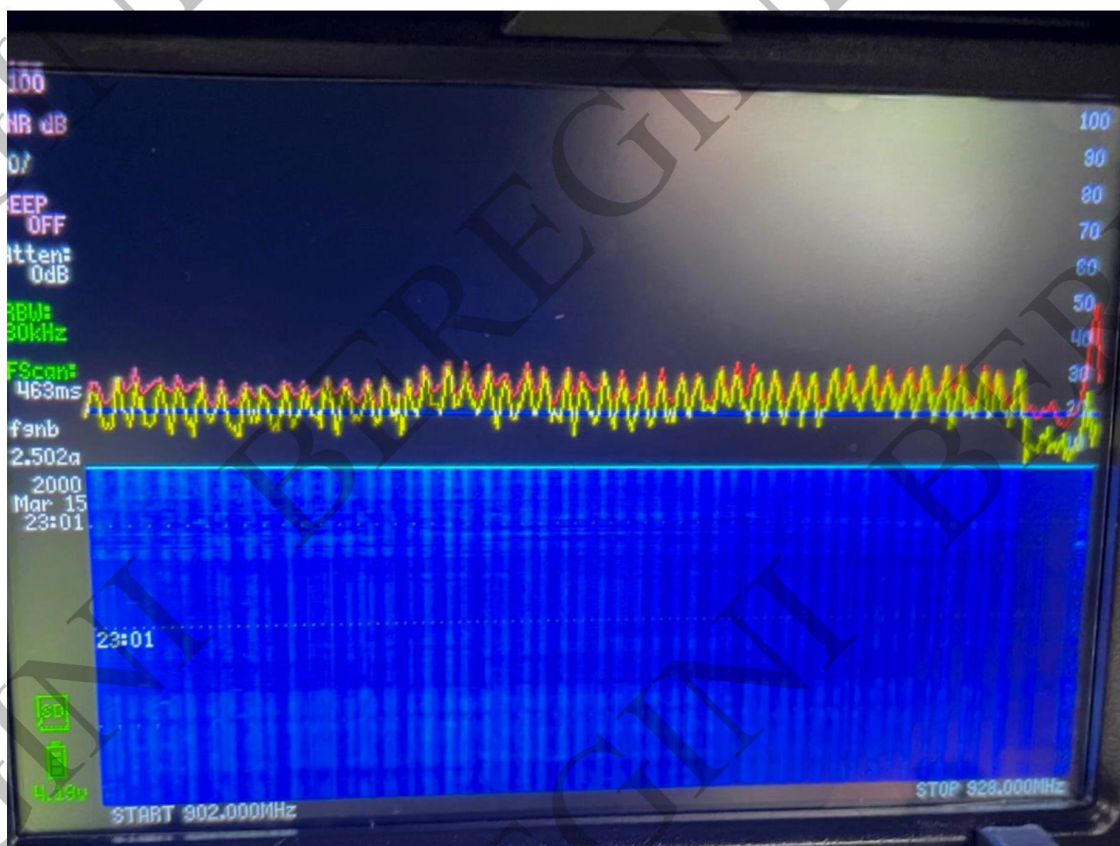
Антени

Можна використовувати як універсальну антену, так і антену налаштовану на конкретний діапазон

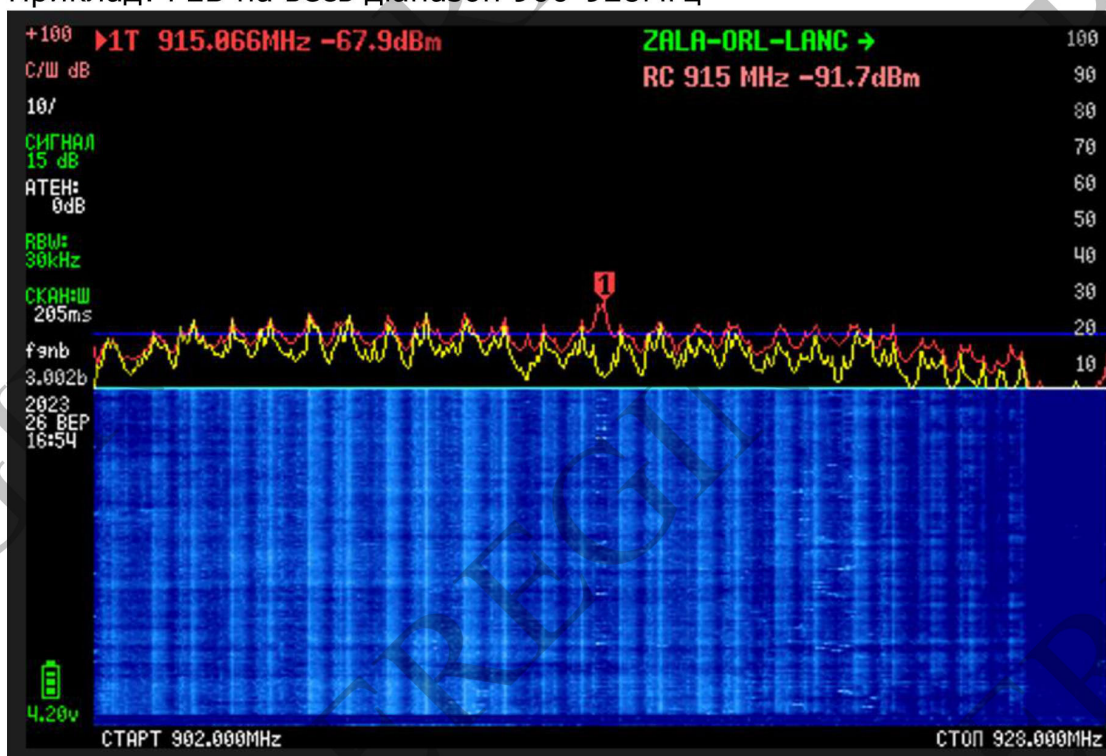
Приклад: РЕБ на весь діапазон 900-928МГц



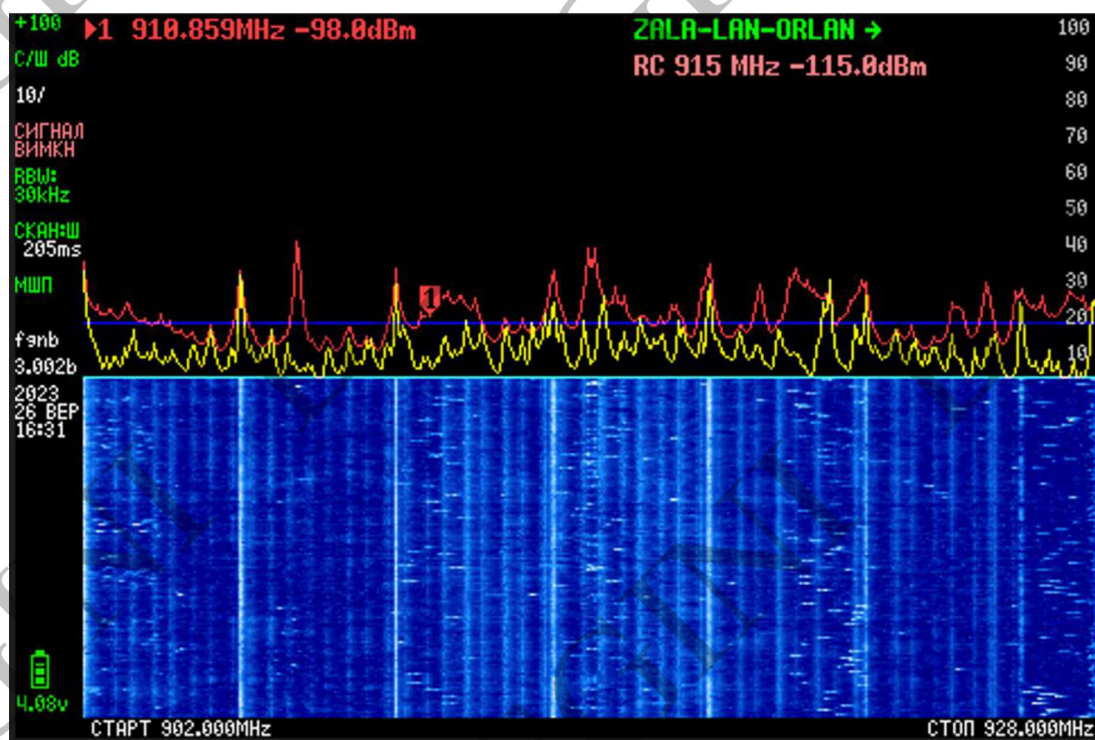
Приклад: РЕБ на весь діапазон 900-928Мгц



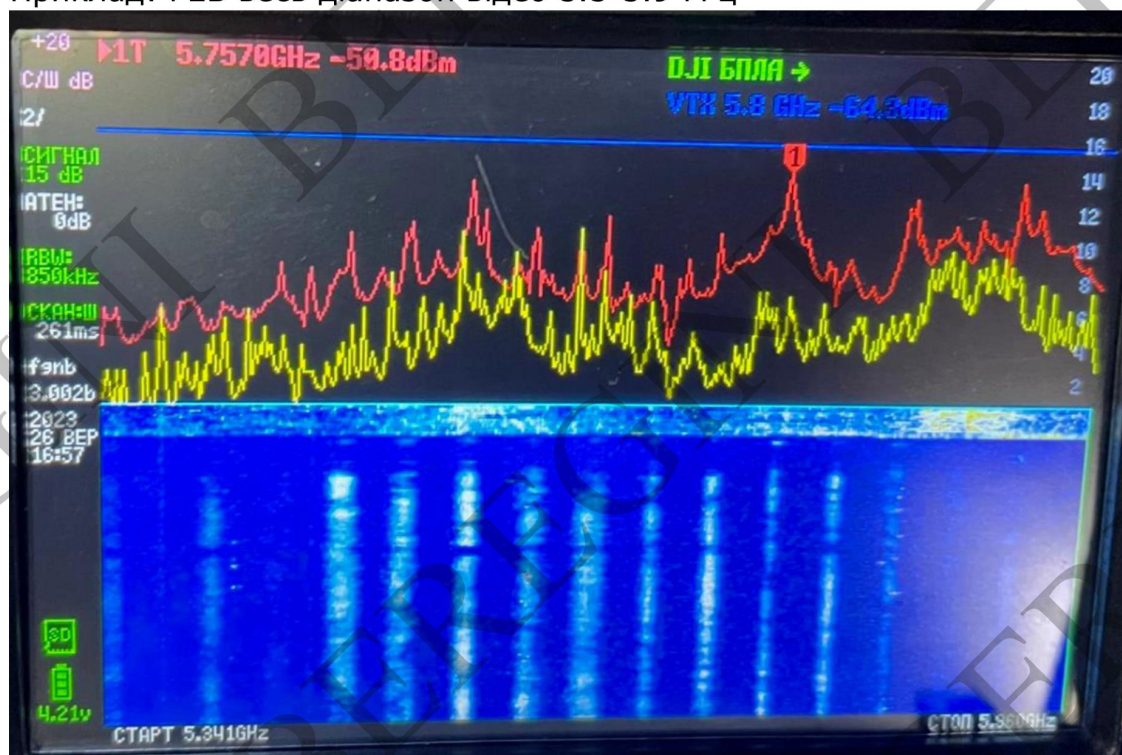
Приклад: РЕБ на весь діапазон 900-928Мгц



Приклад: РЕБ на весь діапазон 900-928МГц «через який» намагаються працювати БПЛА РФ



Приклад: РЕБ весь діапазон відео 5.5-5.9 ГГц



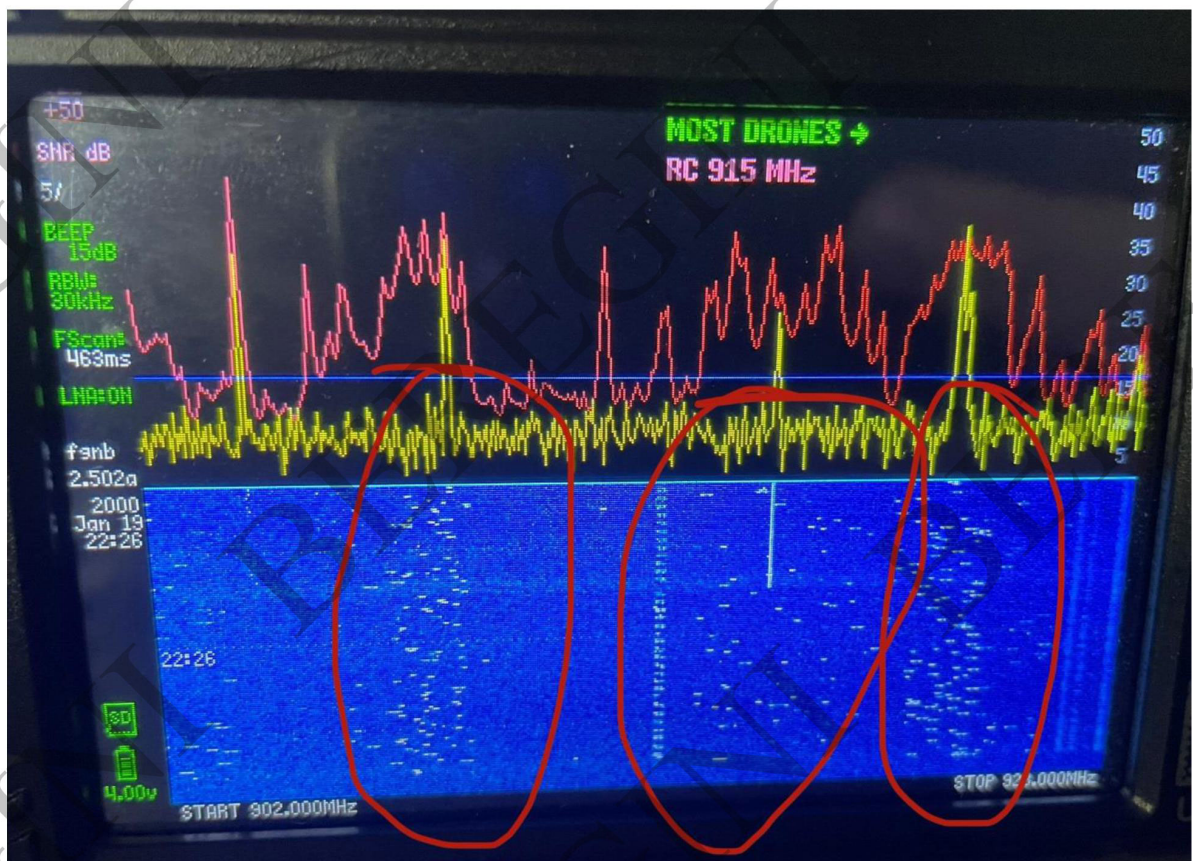
3.4 Фіксація та ідентифікація «крилатих» БПЛА

Майже всі 100% БПЛА противника передають сигнали телеметрії в діапазоні 900 МГц, а точніше 868-870 МГц, 902-928 МГц, 960-1020 МГц

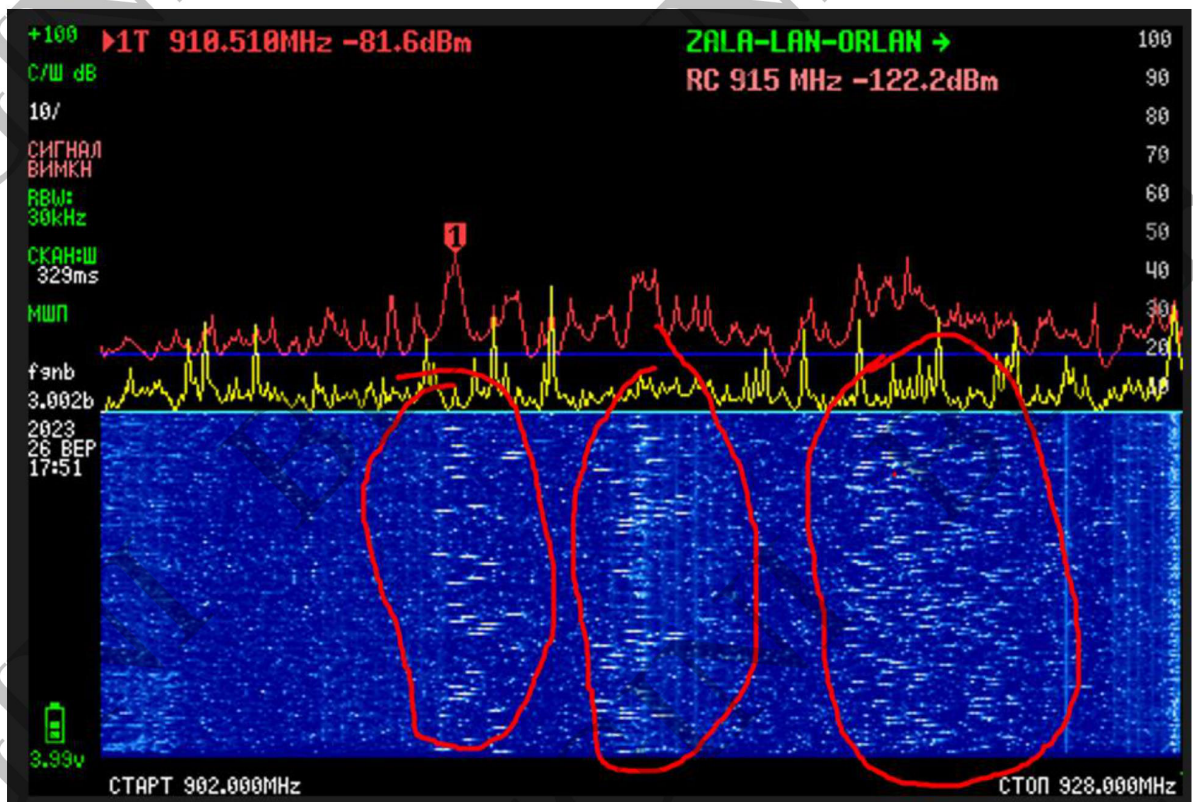
Відрізнити їх можна за частотами та формою сигналів.

Орлан на фронтах зустрічається найчастіше, працює у діапазоні 902-928 МГц (нові моделі 960-1020 МГц). Сигнал виглядає, як набір рисок на водоспаді спектру в смузі зазвичай 2 МГц або 4 МГц. Риски це стрибки по частоті (ППРЧ).

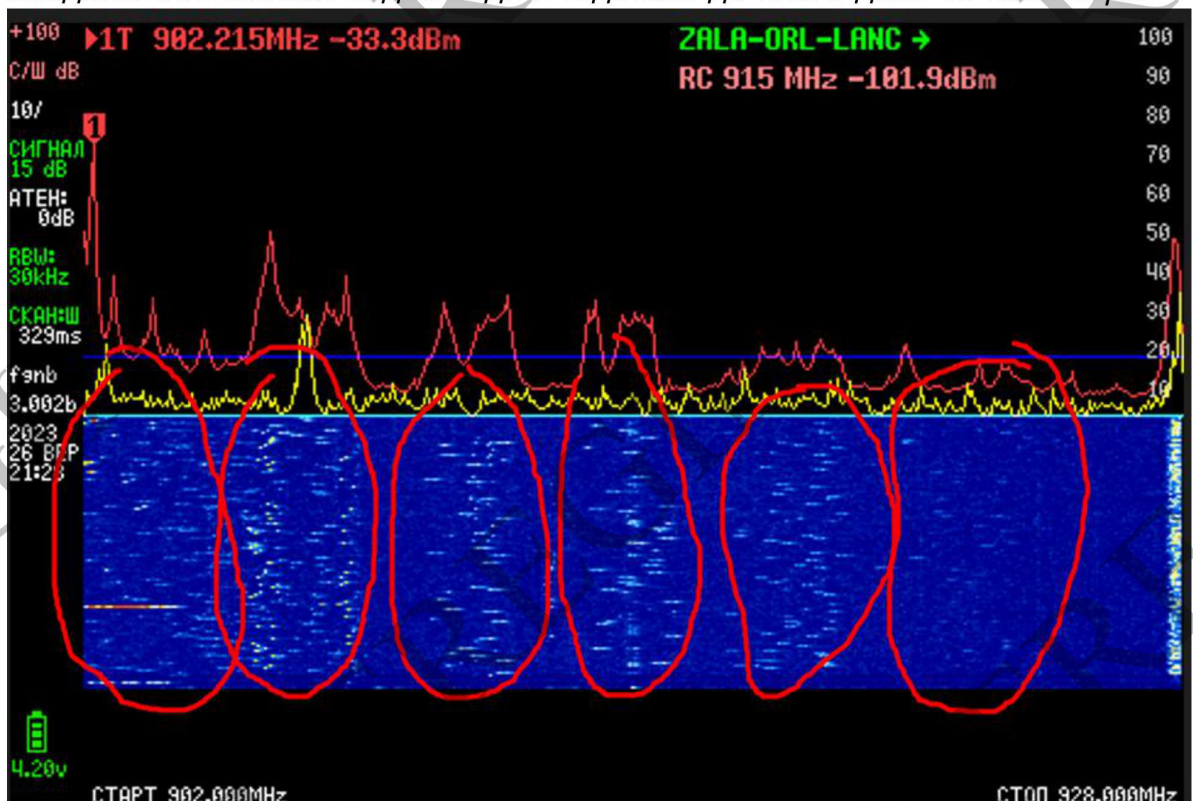
Приклад: три Орлани позначені червоним. У середнього смуга 4 МГц в інших 2 МГц. На аналізаторі також видно сигнал від Зала або Ланцету на 915 МГц у вигляді тонкої подвійної смужки



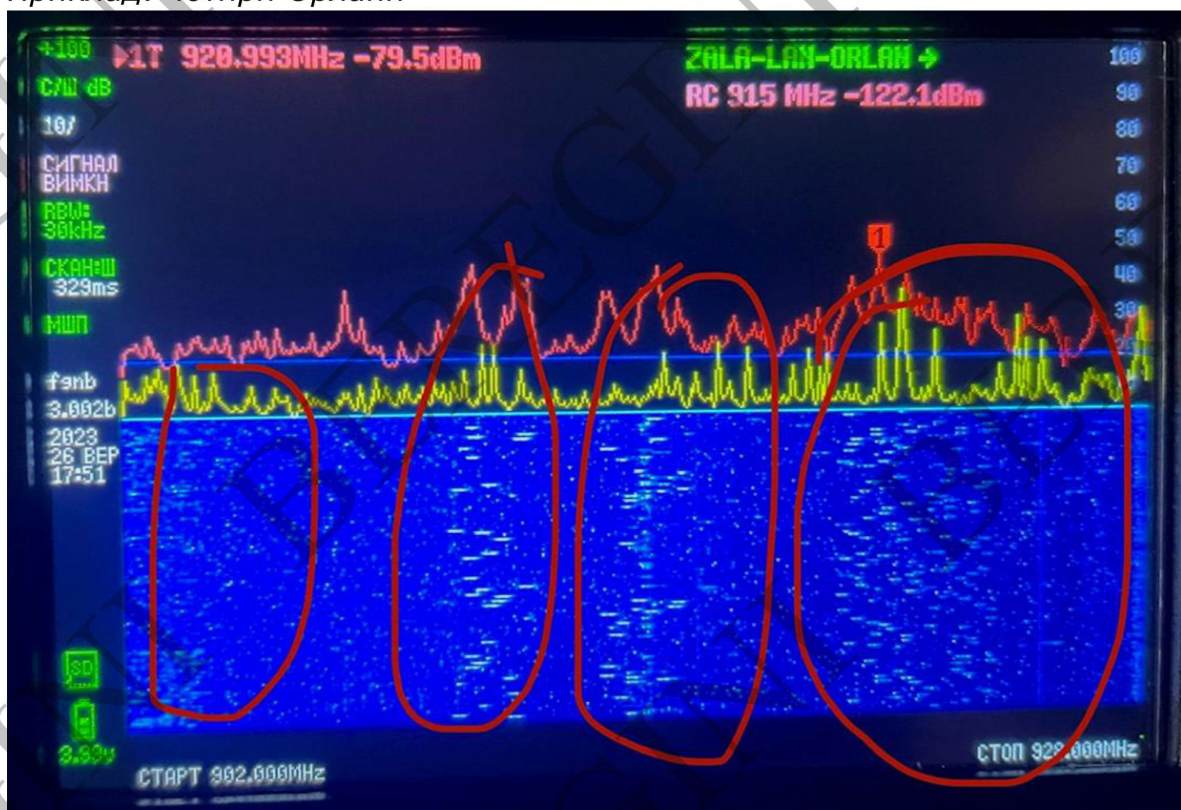
Приклад: три Орлани позначені червоним. У правого смуга ППРЧ 4 МГц



Приклад: у небі шість Орланів (позначені червоним). Правий найдаальший. Сигнал ледве видно. Відстань до нього десь 40 кілометрів



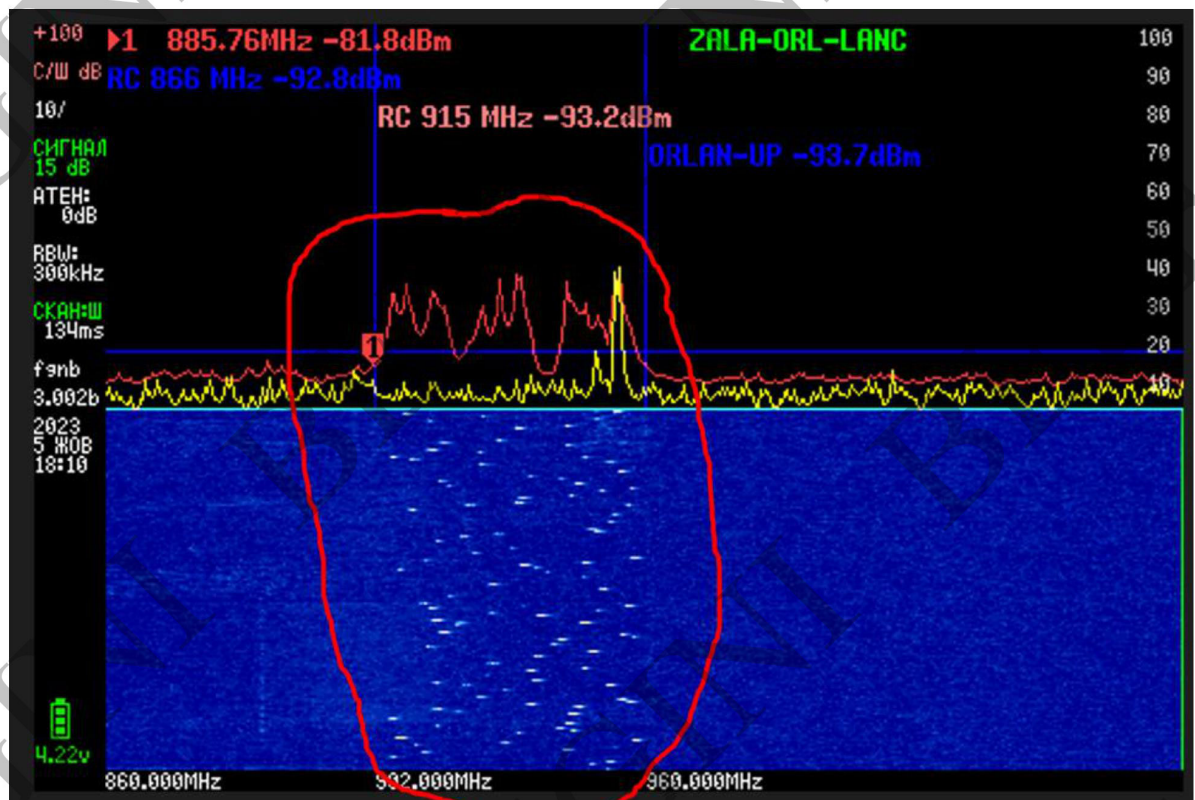
Приклад: чотири Орлани



Приклад: Два Орлана дуже далеко (30 км)



Приклад: гарний сигнал Орлана, до якого 20 кілометрів



СУПЕРКАМ

БПЛА Суперкам це 10 суцільних смужок на одному діапазоні зазвичай в районі 1000 МГц. Сигнал специфічний та його неможливо переплутати з іншими БПЛА.

Суперкам

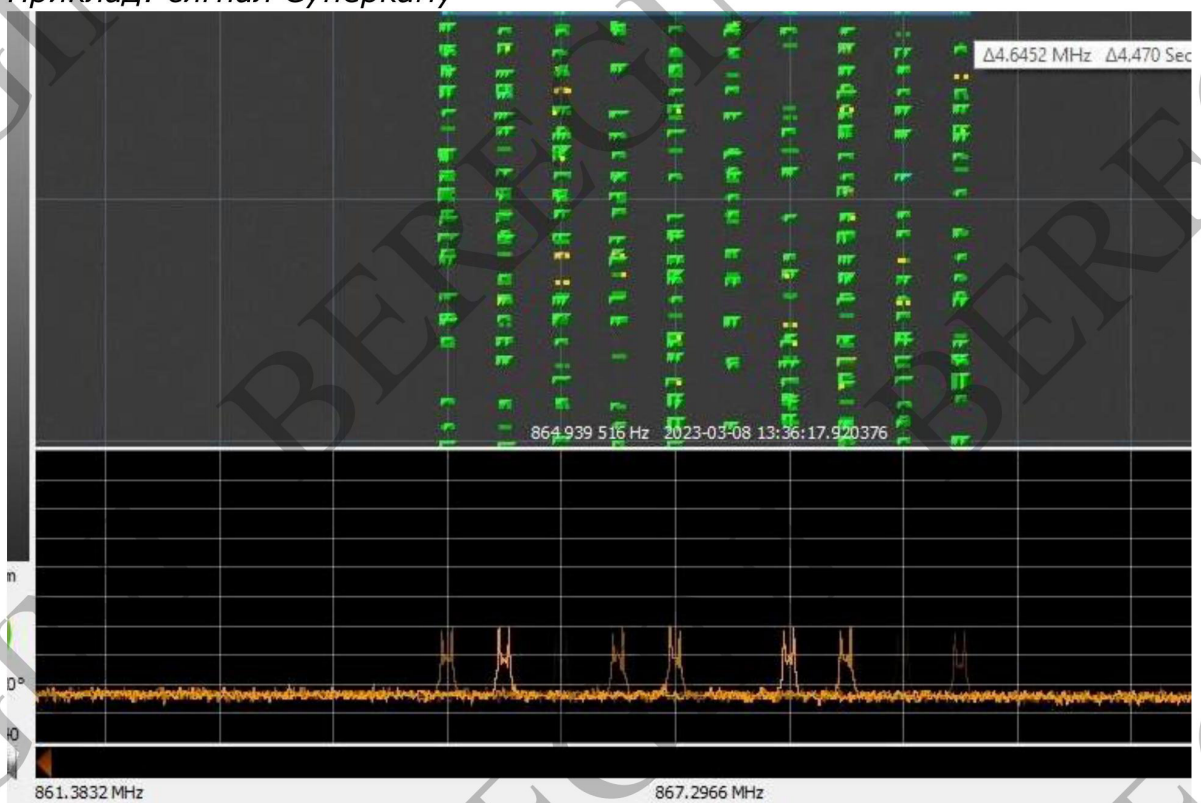
выявленные частоты:

865-870	10 каналов
880-885	10 каналов
890-895	10 каналов
960-965	10 каналов
965-970	10 каналов
990-995	10-11 каналов
995-1000	10-11 каналов
1000-1005	11 каналов
1005-1010	11 каналов
1015-1020	11 каналов

Приклад: сигнал Суперкаму



Приклад: сигнал Суперкаму



Приклад: кілька Орланів та чіткий сигнал схожий на Суперкам, але смужок 8, а не 10. І частоти інші. Це наш «Посейдон».

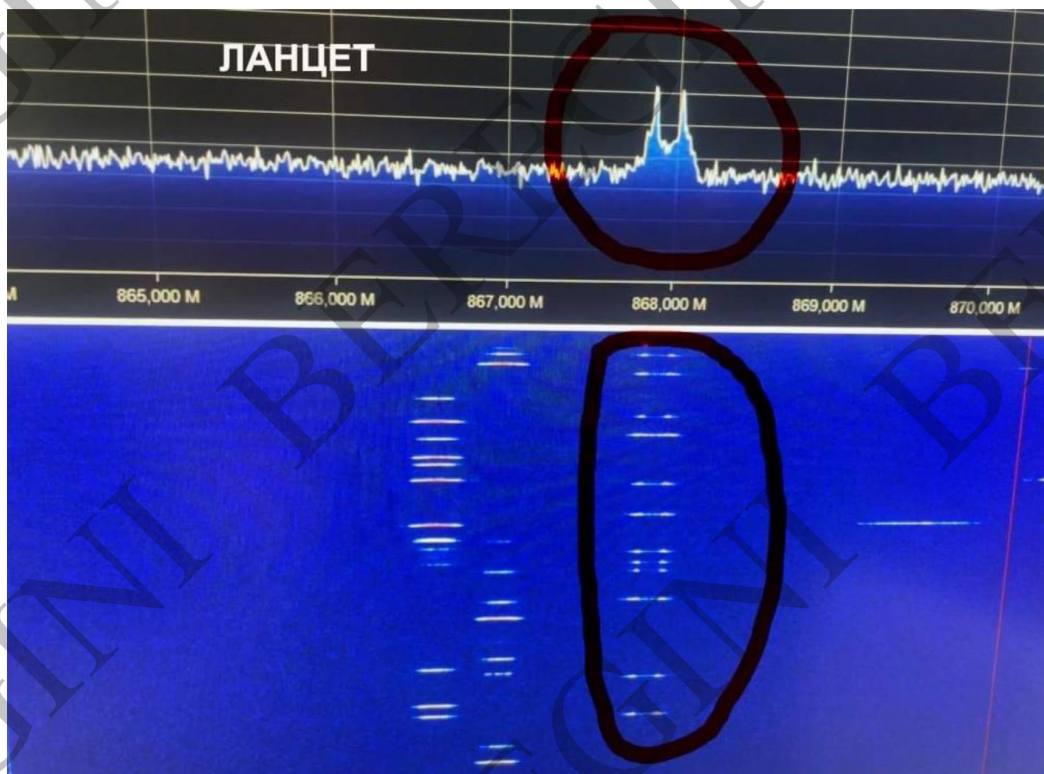


3.5 Фіксація та ідентифікація «крилатих» ударних БПЛА з можливістю їх пеленгації (Ланцент, Зала)

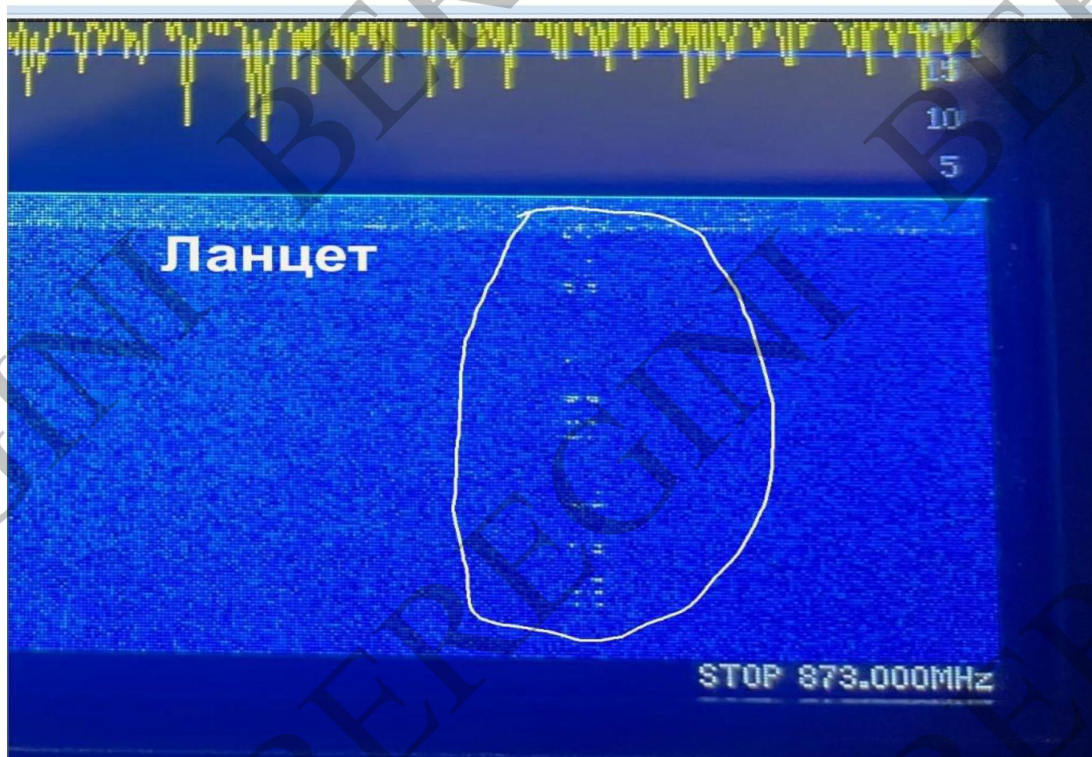
Сигнал Zala є однотипним із Ланцентом, але Zala працює зазвичай на частоті 870 МГц. Виглядає сигнал на водоспаді, як дві переривчасті смуги, які розташовані дуже близько (150-170 кГц)

Ланцет має такий сигнал, як і Zala, але зазвичай працює на частоті 868 МГц.

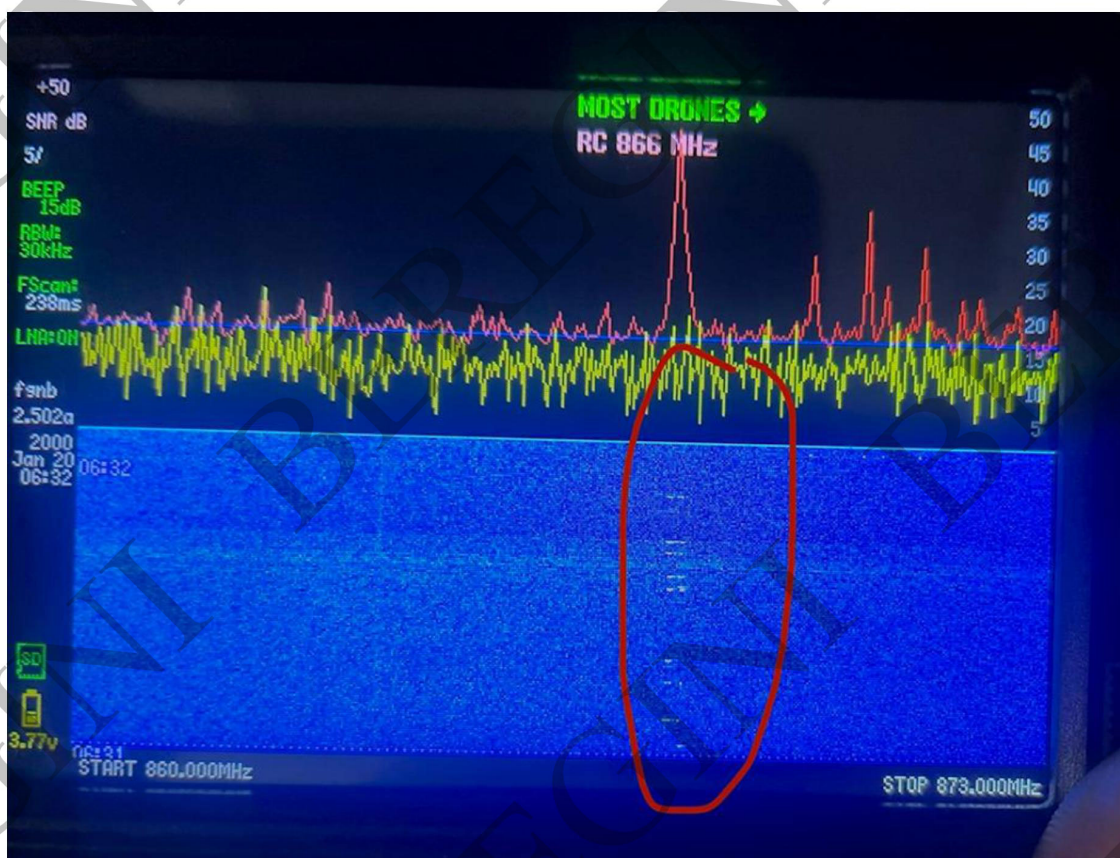
Приклад: чіткий сигнал Ланцету на 868 МГц. Ознака - подвійні ріжки.
Дистанція 10 км.



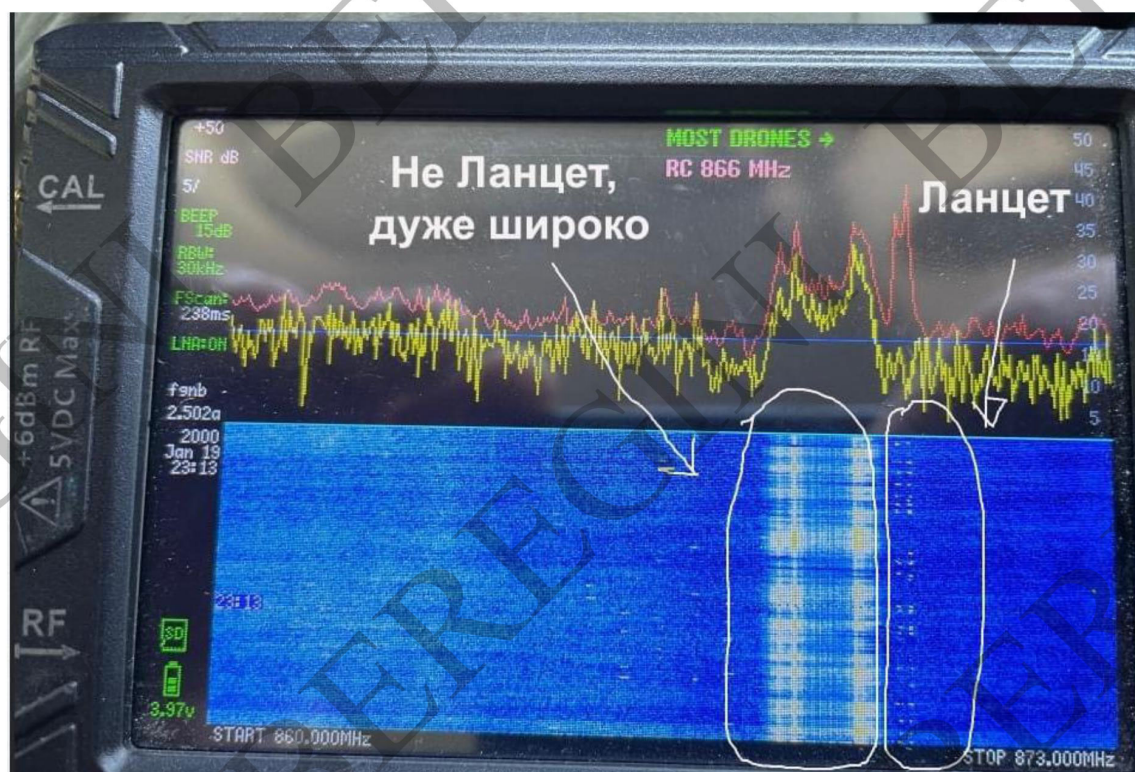
Приклад: слабкий сигнал Ланцета на 868 МГц. Дистанція 15-20 км.



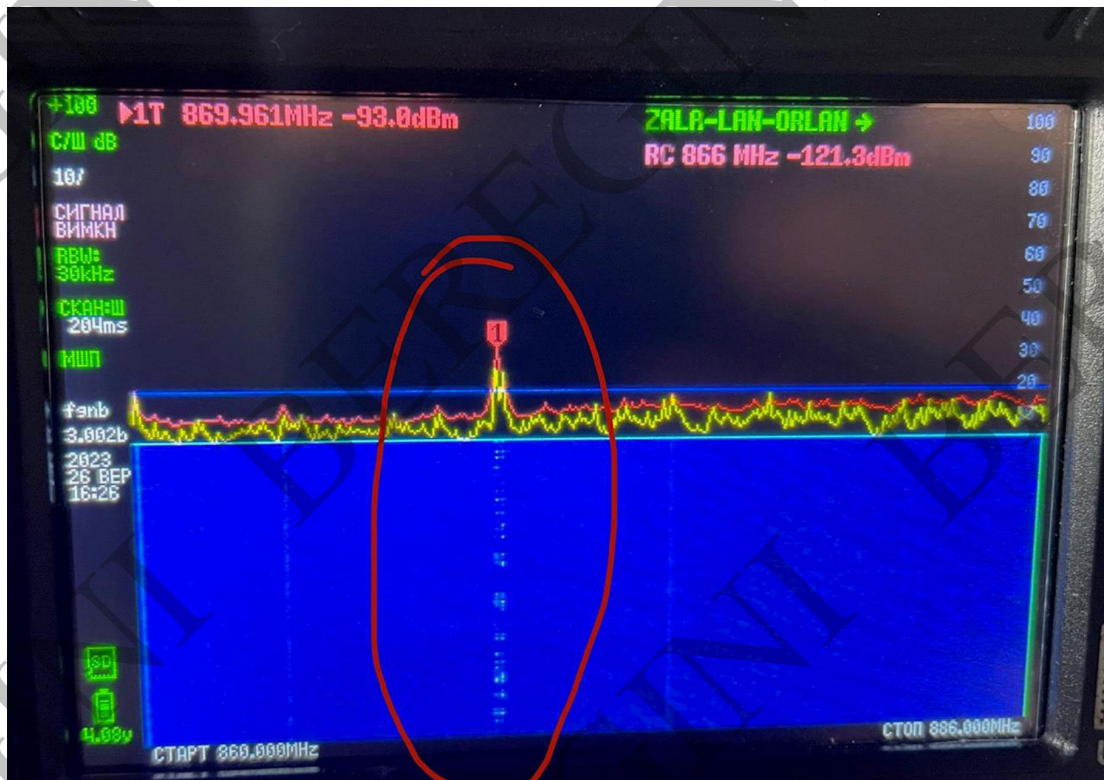
Приклад: дуже слабкий сигнал Ланцету на 868 МГц. Дистанція 20-30 Км.



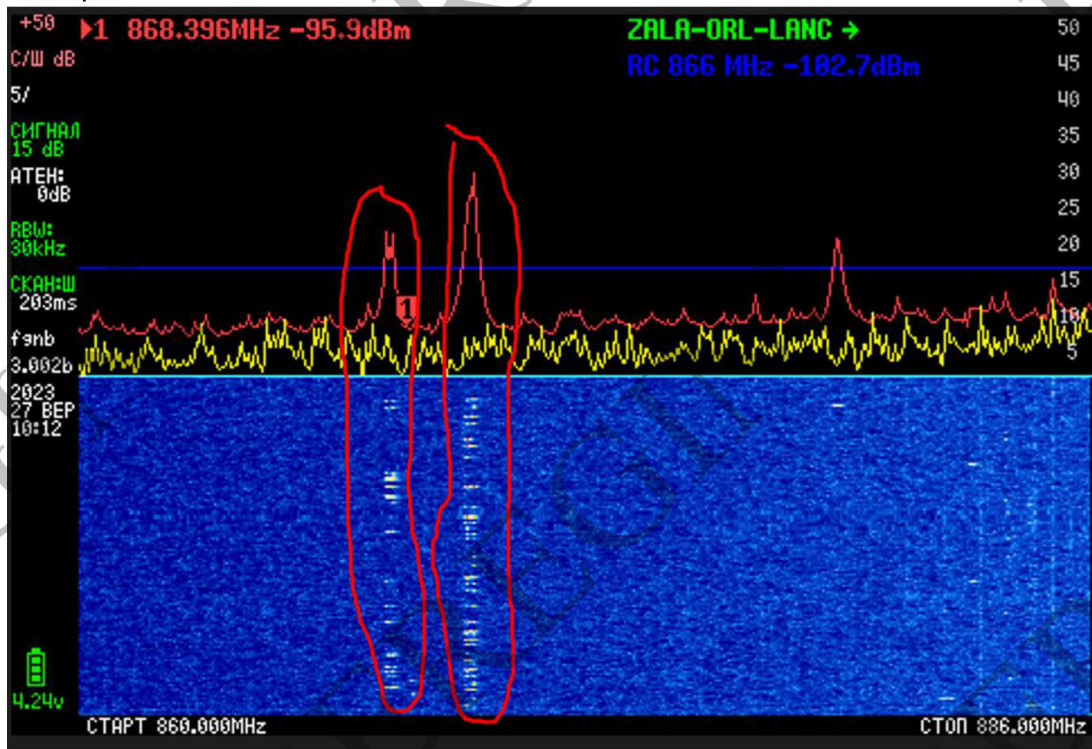
Приклад: середній за рівнем сигнал Ланцета на 868 МГц Дистанція 15 км



Приклад: дуже слабкий сигнал Zala на 870 МГц Дистанція 20 Км

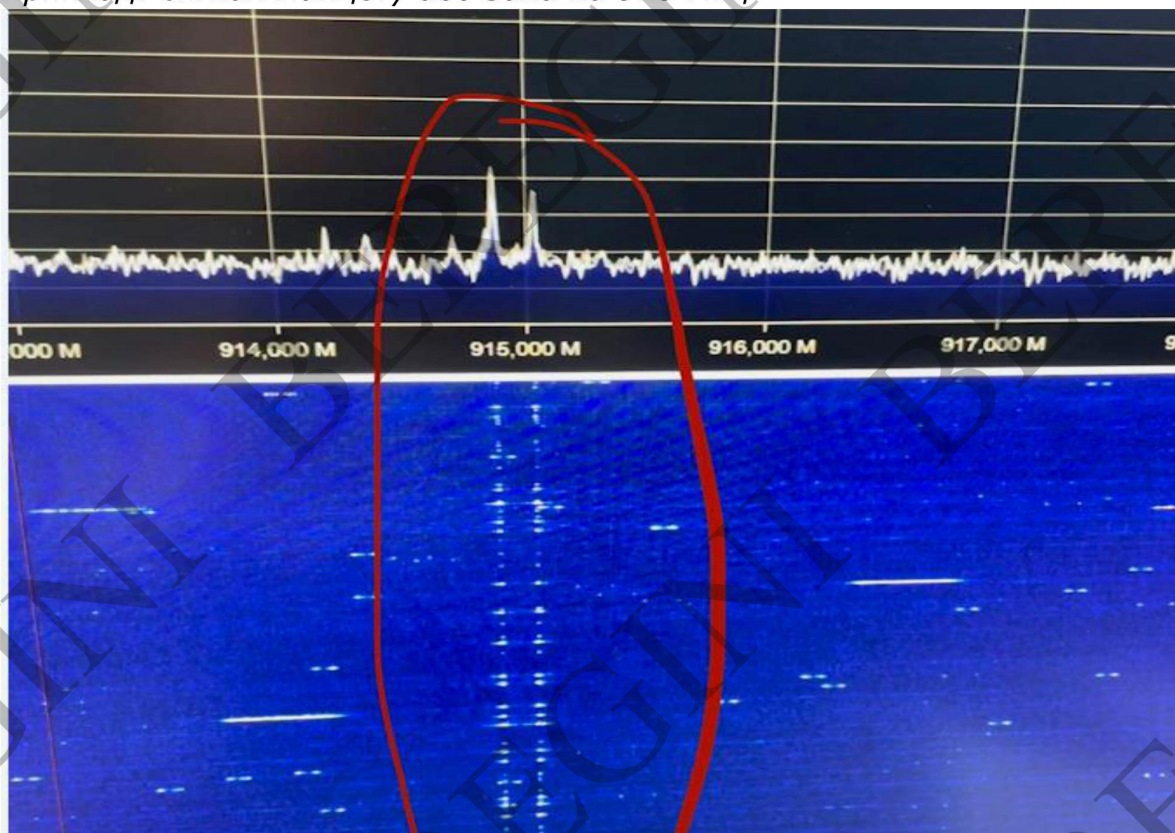


Приклад: сигнал Ланцету на 868 МГц та Zala на 870 МГц, який наводить Ланцет

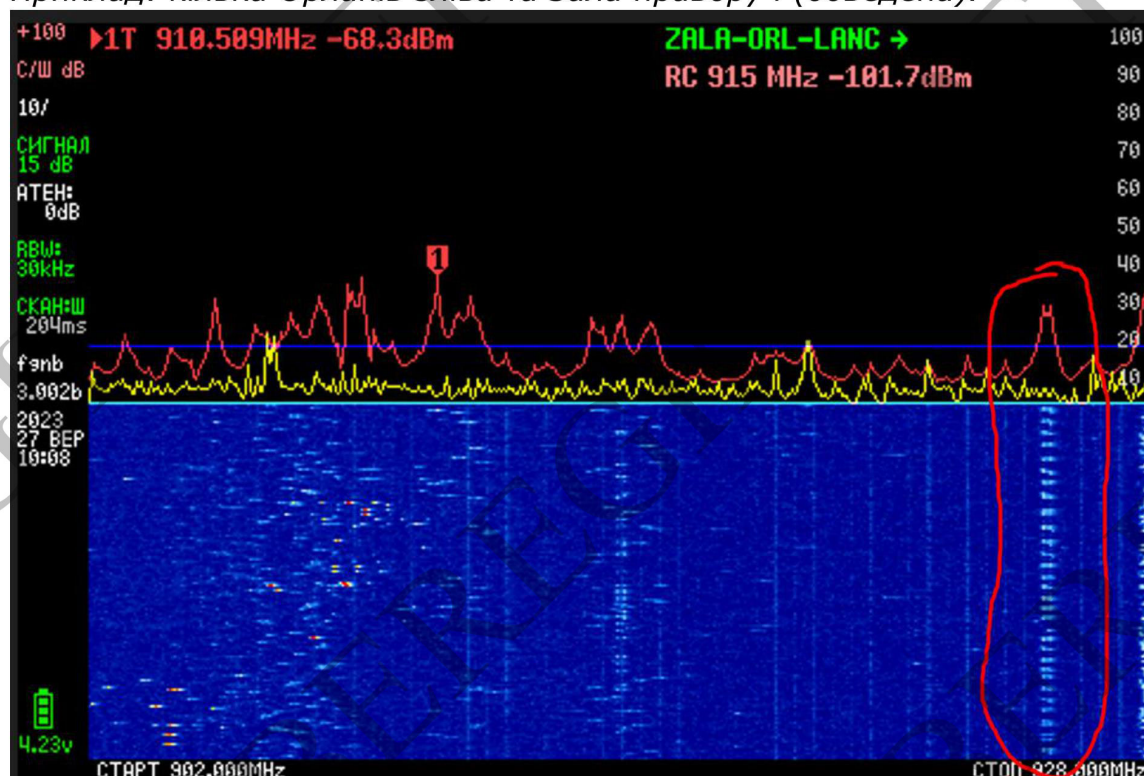


Ланцет та Зала також можуть працювати на частоті 915 МГц

Приклад: сигнал Ланцету або Зала на 915 МГц



Приклад: кілька Орланів зліва та Зала праворуч (обведена).



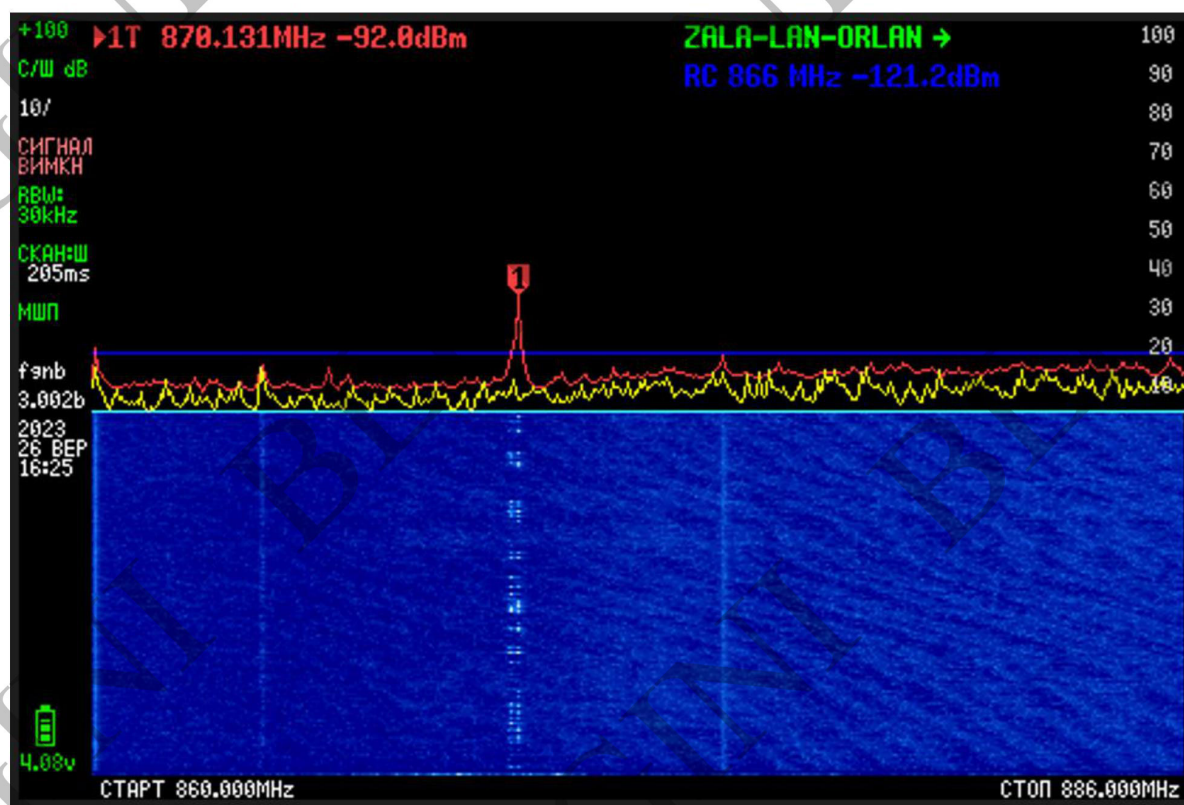
Приклад: сигнал від Мерліна або Зали 870 МГц Дистанція 15 км



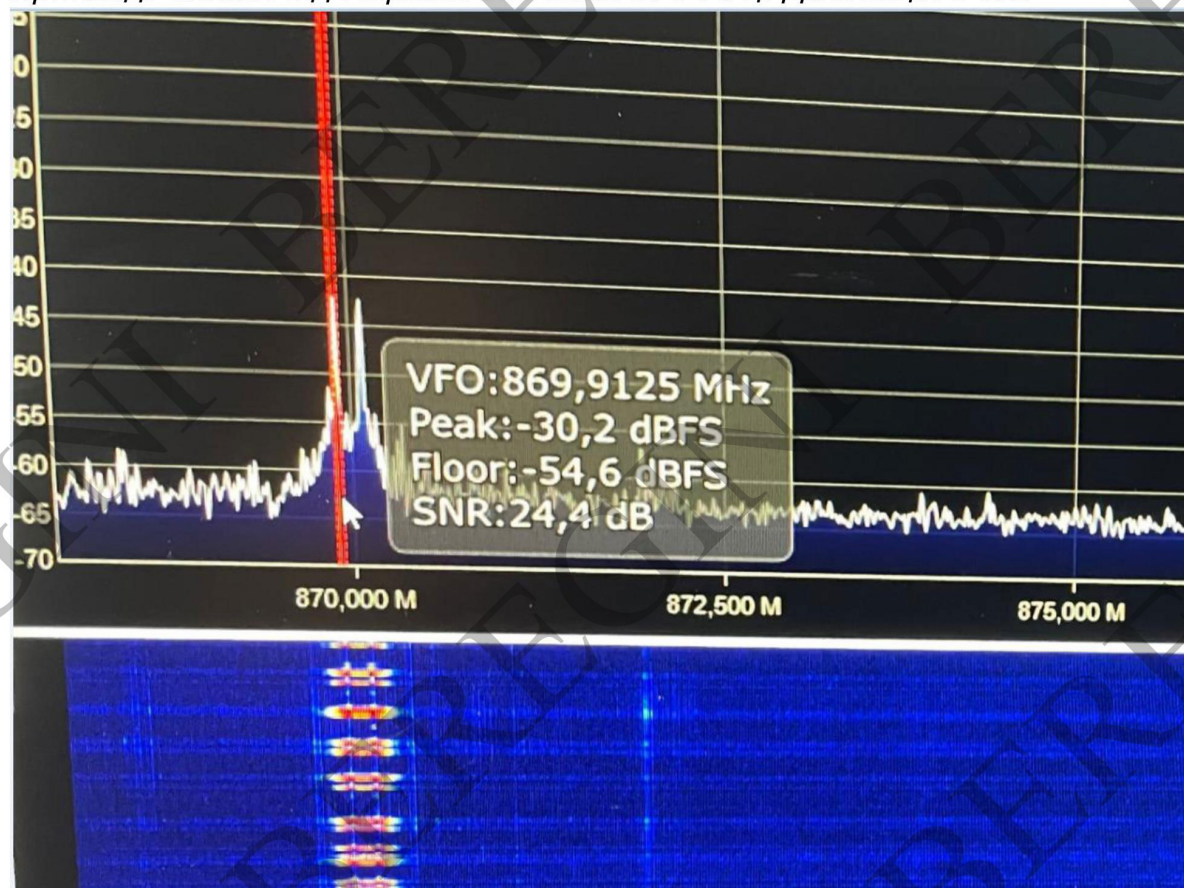
Приклад: сигнал від Мерліна або Зали 870 МГц Дистанція 15 км



Приклад: сигнал від Мерліна або Зала 870 МГц. Дистанція 20 км.



Приклад: сигнал від Мерліна або Зала 870 МГц. Дистанція 5 км.

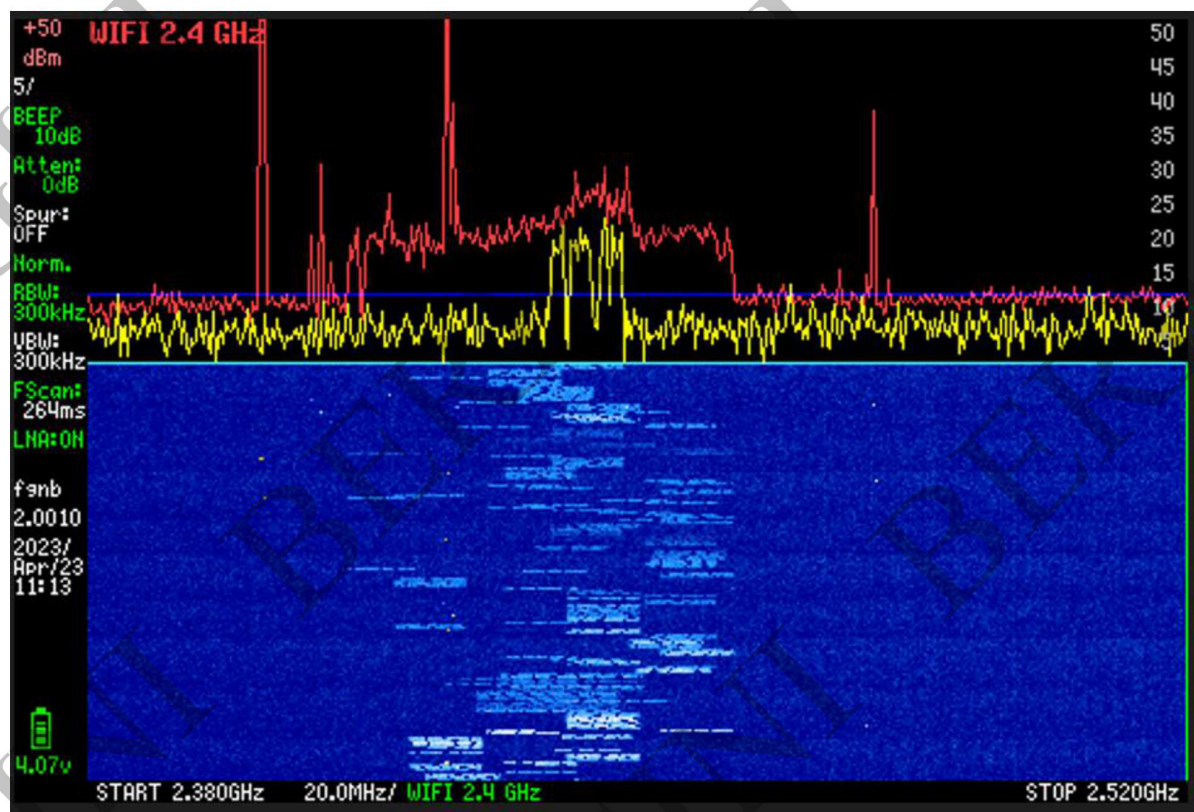


3.6 Фіксація з можливістю пеленгації квадрокоптерів DJI, AUTEL

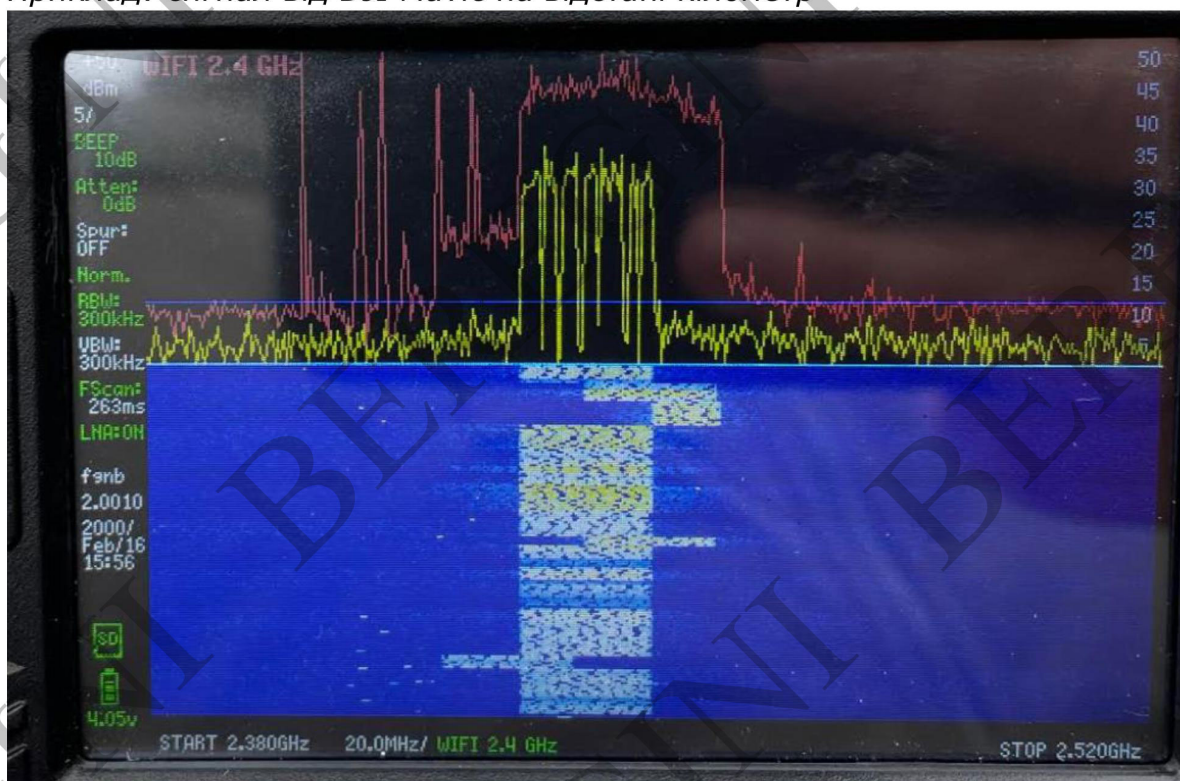
Практично всі квадрокоптери літають із керуванням у частотному діапазоні 2.4 ГГц, 5.2 ГГц, 5.8 ГГц. При цьому варто зауважити, що далекі політи здійснюються лише в діапазоні 2.4 ГГц. Винятком є дрон Autel4T, який може керуватися в діапазоні 900 МГц.

Дрон у польоті фіксується приладом на відстані до 3 кілометрів і легко може бути запеленований. Сучасні дрони використовують технологію ППРЧ і в процесі польоту діапазон роботи дрону може переміщатися ліворуч і праворуч, як це видно на малюнку нижче.

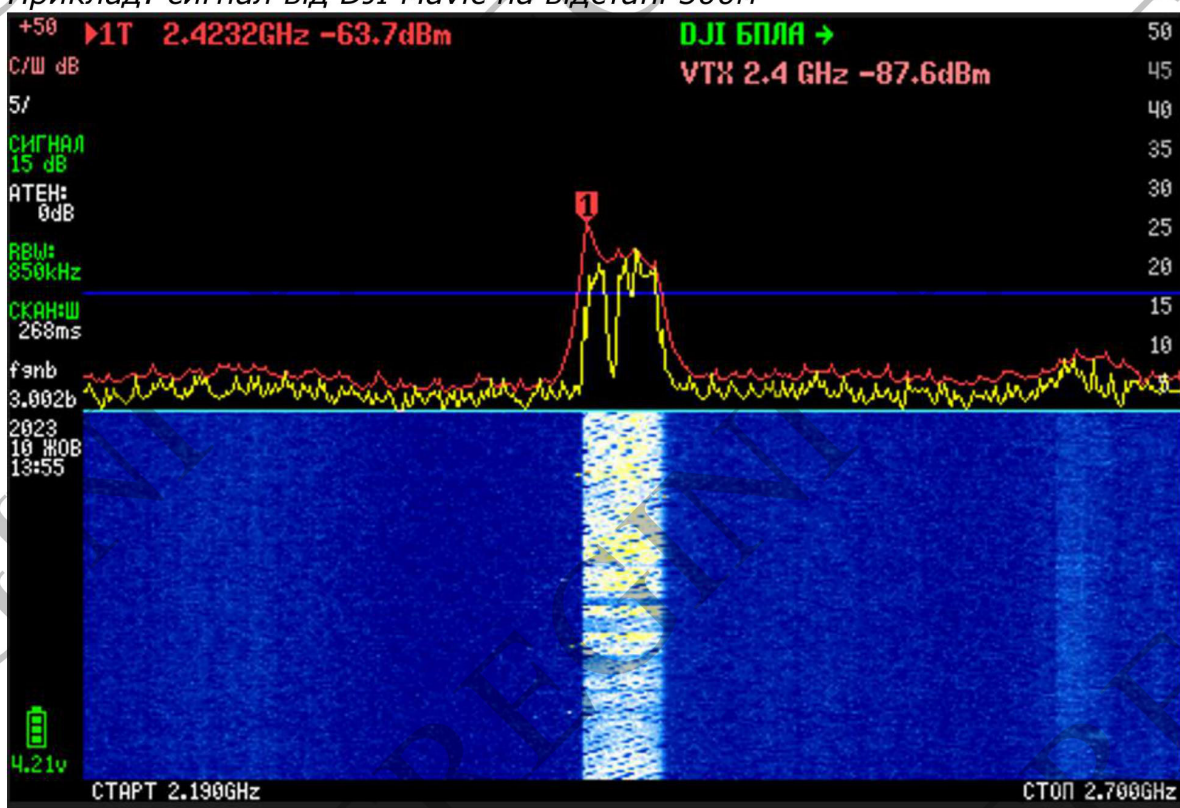
Приклад: сигнал від DJI Mavic на відстані 2 км. Дрон переміщається по спектру, вибираючи найкращі частоти.



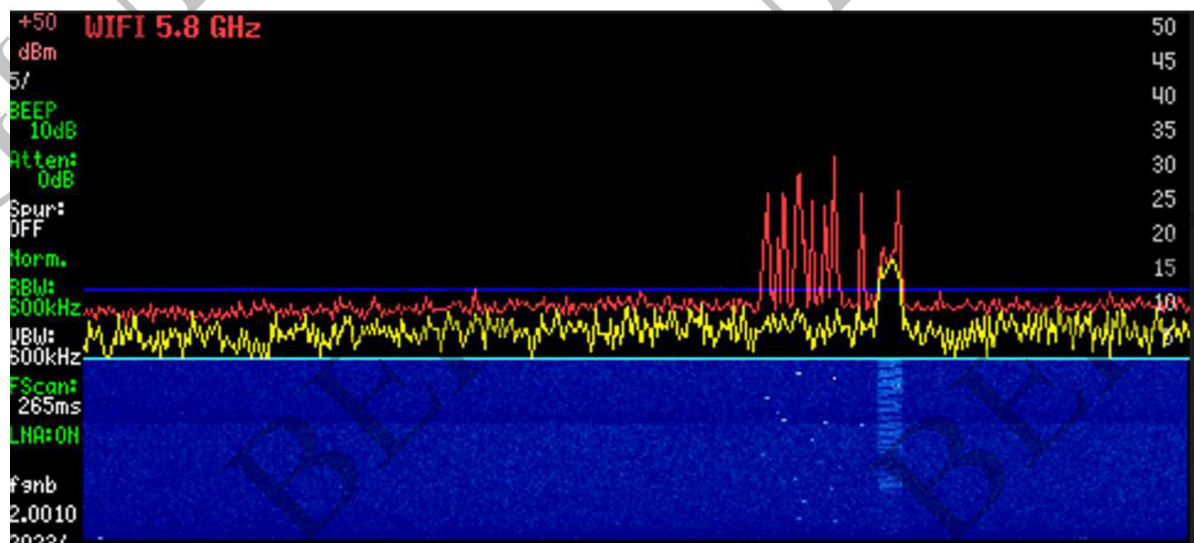
Приклад: сигнал від DJI Mavic на відстані кілометр



Приклад: сигнал від DJI Mavic на відстані 500м



Приклад: сигнал від DJI Mavic на відстані 2 кілометри в діапазоні 5.8 ГГц



3.7 Фіксація з можливістю пеленгації квадрокоптерів FPV

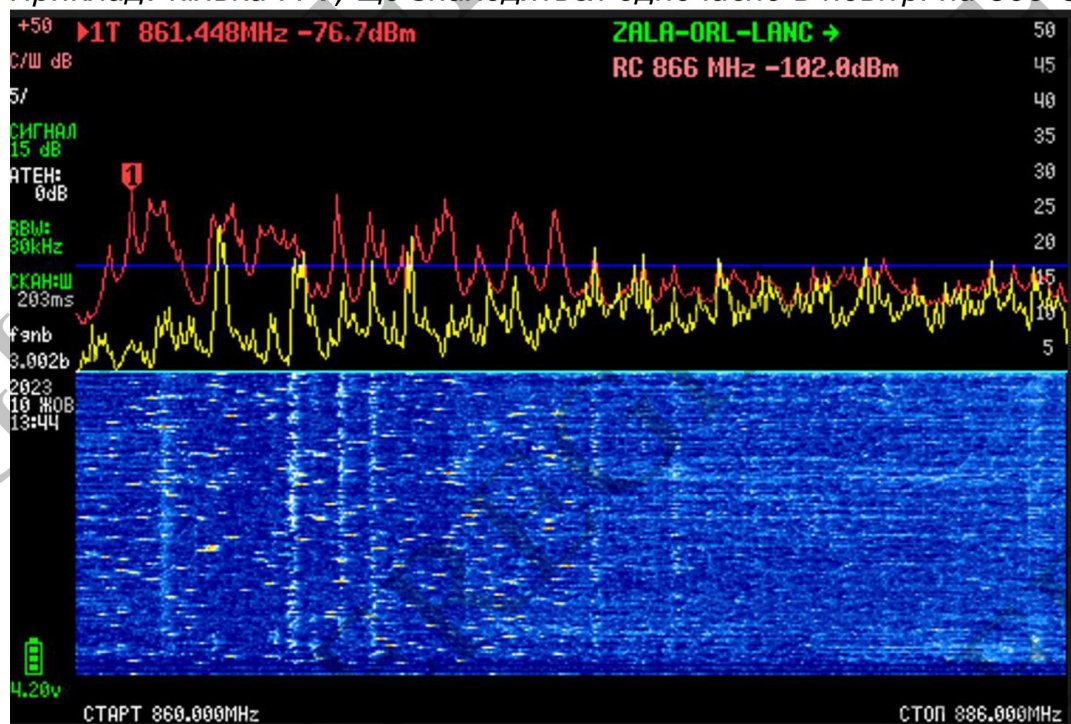
Канал керування FPV дронами

FPV дрони протоколів ELRS та TBS CROSSFIRE працюють:

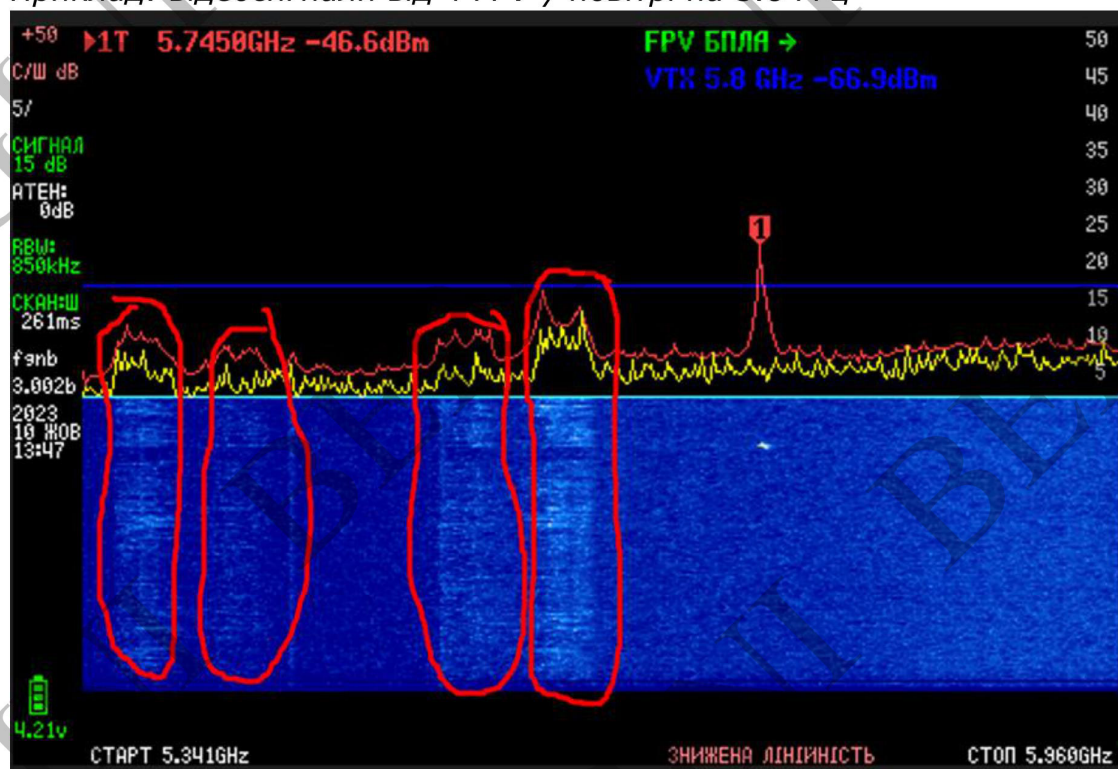
- «діапазон 868» ППРЧ у ділянці 860-886 МГц
- «діапазон 915» ППРЧ у ділянці 902-928 МГц

На цих частотах випромінює пульт та дрон передає телеметрію. Якщо телеметрія вимкнена, то дрон передає лише відеосигнал на 5.8, 1.3 чи іншому діапазоні

Приклад: кілька FPV, що знаходяться одночасно в повітрі на 860-886 МГц



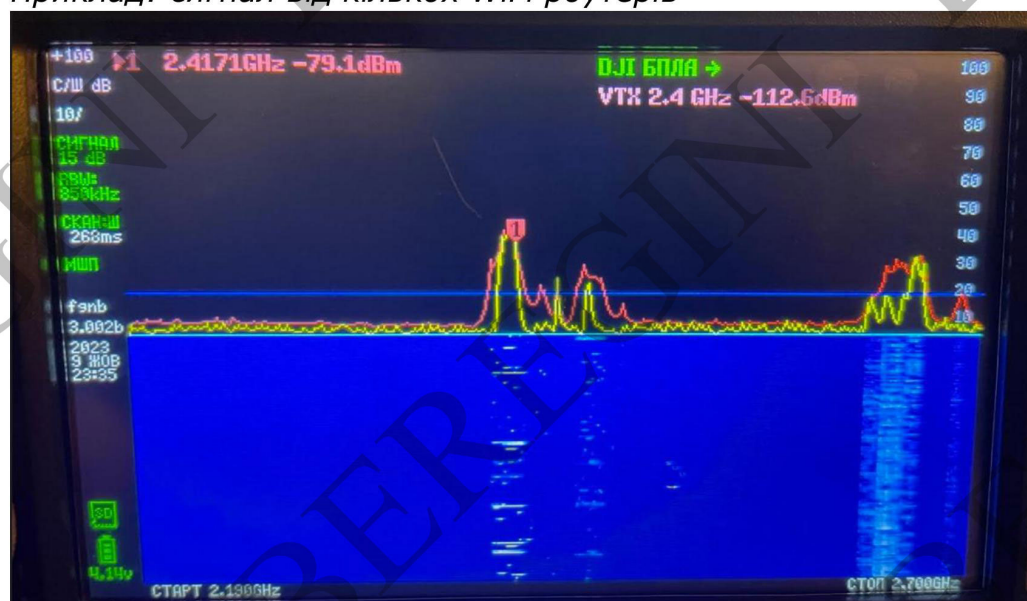
Приклад: відеосигнали від 4 FPV у повітрі на 5.8 ГГц



3.8 Фіксація з можливістю пеленгації точок WiFi на позиціях супротивника

Прилад дозволяє фіксувати джерела WiFi сигналу на позиціях супротивника. Дані джерела найімовірніше розташовані на командних пунктах і РОП противника. Джерела WiFi визначаються досить далеко, але наявність великої кількості БПЛА на активних ділянках фронту заважатиме визначення точок WiFi

Приклад: сигнал від кількох WiFi роутерів



3.9 Інші варіанти застосування

Прилад може застосовуватися для виконання інших завдань щодо виявлення:

- Радіостанції на бронетехніці супротивника в діапазоні 30-70 МГц
- телефонів супутникового зв'язку
- перевірки смуги роботи антидрон рушниць
- закладок та маяків на техніці та «волонтерських» вантажах
- перевірки прихованого виходу в ефір трофейних радіостанцій
- перевірки діапазонів частот у яких працює мобільний зв'язок та юстування антен підсилювачів мобільного зв'язку на вишки операторів

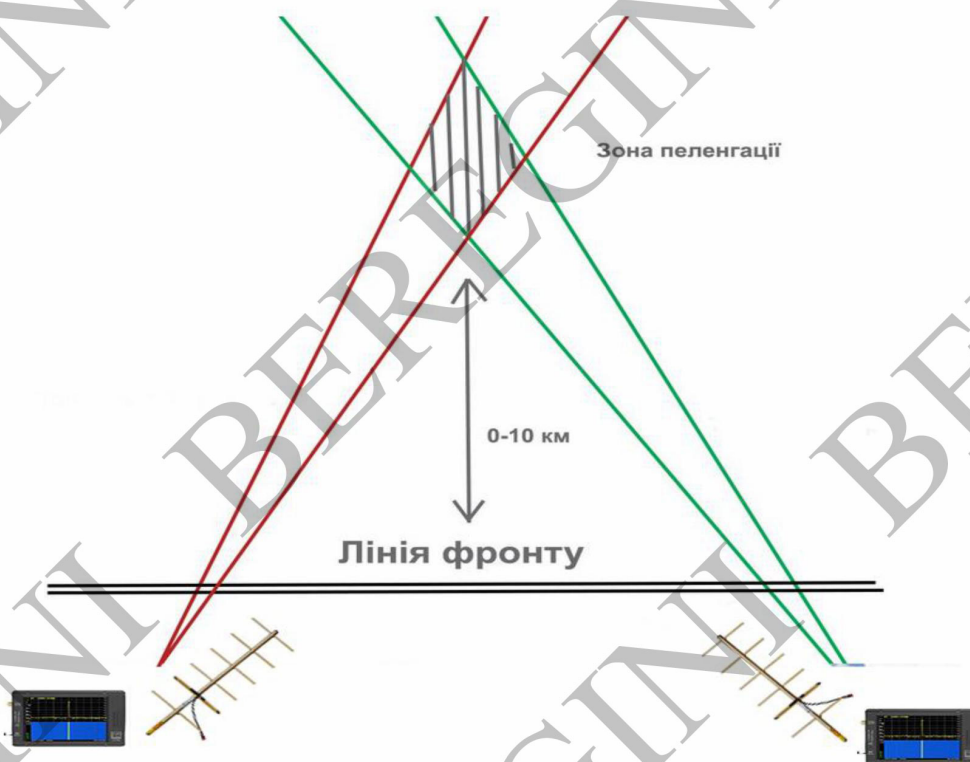
4. Пеленгація джерел сигналів

Пеленгація джерела перешкод або сигналу може здійснюватися класичним методом триангуляції.

Для цього Вам потрібно налаштувати аналізатор на потрібний діапазон і обертаючи спрямовану антену по колу, вибрати напрямок із найсильнішим сигналом. Відзначити пеленг (азимут) на карті або у Крапиви. Повторити той самий процес на іншій точці, від'їхавши кілька кілометрів. Перетин двох пеленгів дасть Вам місце розташування об'єкта. В ідеалі потрібно робити пеленгацію з висот, щоб сигнал був досить сильний. 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 TCI) але цілком достатня, щоб визначити приблизну зону джерела сигналу і «дорозвідати» її вогнем артилерії або БПЛА.

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 розуміти 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, 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.