

Народный перевод



## **Комплекс мониторинга БПЛА РФ Самостоятельное изготовление и эксплуатация**



**ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ:**  
ограничений для распространения нет.

Автор: Сергей Бескрестнов (Флеш)

Киев, 2024

**В настоящее время в ВСУ и НГУ ведется контроль за БПЛА противника силами штатных подразделений РЭБ и РЭР. Контроль осуществляется пеленагационными системами, которых относительно мало и которые установлены максимально далеко от линии фронта с целью минимизации рисков их огневого поражения. Также на многих участках фронта информация по БПЛА противника передается с задержкой или не является точной.**

**Данный комплекс поможет Вам следить за БПЛА противника и самое главное сформирует основные знания для будущего вашего развития в направлении РЕР с БПЛА.**

**Назначение комплекса:**

- контролировать полеты основных БПЛА РФ с целью минимизации рисков от их применения противником.

**Повторяемость:**

- тройство (далее по тексту приемник, пункт мониторинга, приемное устройство, пункт приема) прост в изготовлении и был лично проверен мной в течение года на разных участках фронтов

**Применение:**

-фиксирование типов БПЛА, расстояния к ним, перемещение. Фиксация вылетов и перемещение ударных БПЛА формата «Ланцет». Мониторинг полетов разведывательных БПЛА в украинском тылу (подобная активность почти всегда является «предсказателем» атаки тыловых объектов). Анализ активности БПЛА (что всегда является фактором активности войск РФ)

**Реализация:**

-пункт мониторинга на локальном компьютере в точке приема  
-отдаленный пункт мониторинга (приемник в одном месте, оператор в другом)

**Опциональное применение:**

-контроль активности средств РЭБ, контроль FPV дронов

## Вариант реализации

Перед закупкой комплектующих и сбором надо сделать выбор варианта выполнения

### Вариант 1 (простой, рекомендую новичкам начать с него)

Вы покупаете приемник SDR, подключаете его к Вашему компьютеру по месту службы. На компьютер инсталлируете программу SDR #. К приемнику подключаете усилитель сигналов LNA. От усилителя «тянете» кабель 5-15 метров на крышу, где ставите антенну.

Вам нужно «смотреть» сигналы от «приемника», находясь в другом месте.

**Вариант 2** Для этого Вы делаете все так же, как и в варианте 1, но на компьютер ставите удалённое управление (например ТимВьювер). Монтируете все в отдаленном месте, а управлять «приемником» Вы будете со своего компьютера.

Конечно, чтобы приемник выносить «на ноль», нужен компьютер наименьшего размера, при этом нужно, чтобы его мощности хватило на программу SDR # под Windows. Также нужен стабильный канал связи (Стралинк, модем LTE). Компьютер не должен «засыпать», а всегда быть готовым к подключению.

Кому интересно, мне удалось успешно собрать удаленный приемник, на базе мини компьютеру такого типа.



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

512GB SSD SATA, N100 DDR5 12G, EU

US \$185.28 x1

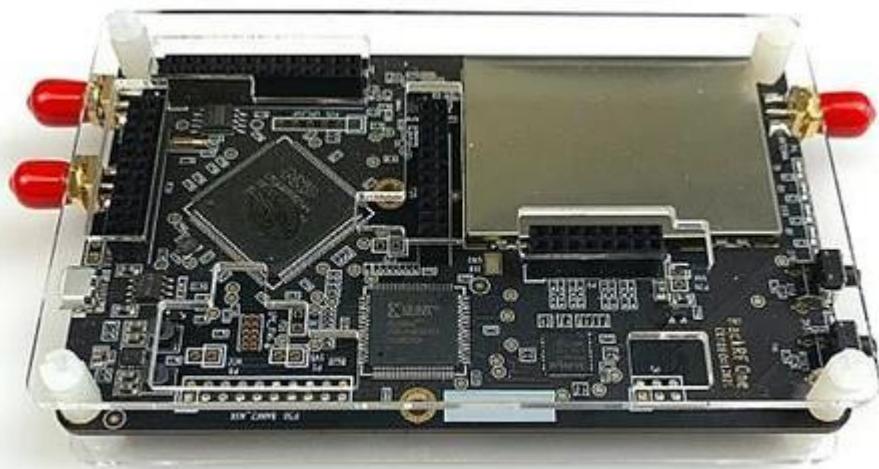
Если собирать удаленный пункт приема в корпус, помните о необходимости вентиляции в этом корпусе. В жару закрытый в корпус компьютер и SDR приемник будут сильно нагреваться.

## Комплектующие и составляющие

**Основной системой является SDR приемник.**

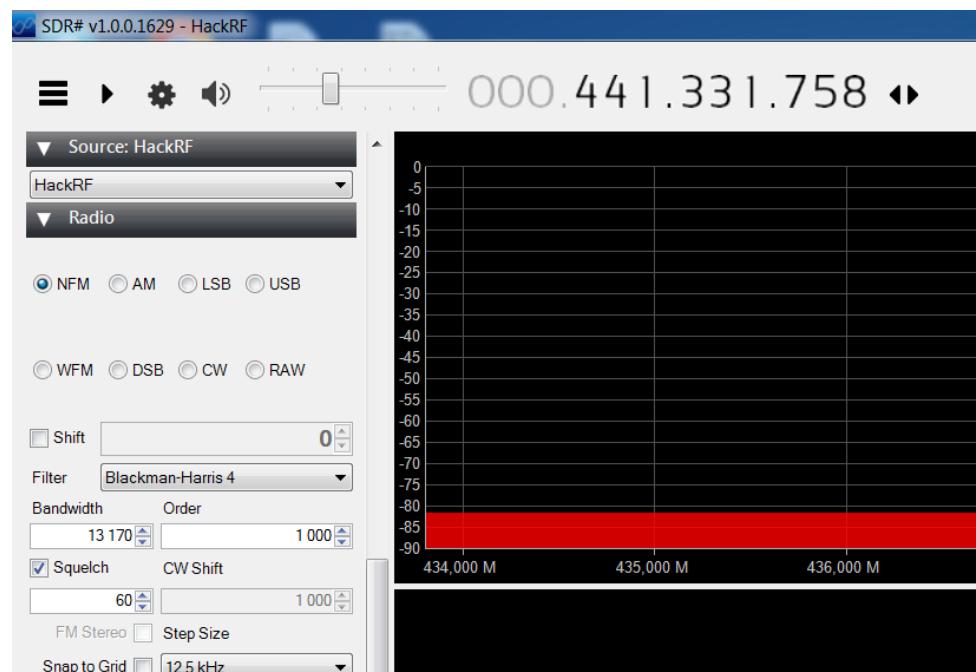
Мы будем применять SDR HackRF, который можно купить в Украине (дороже) или на «Али» (дешевле 80 долларов)

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



## Программное обеспечение

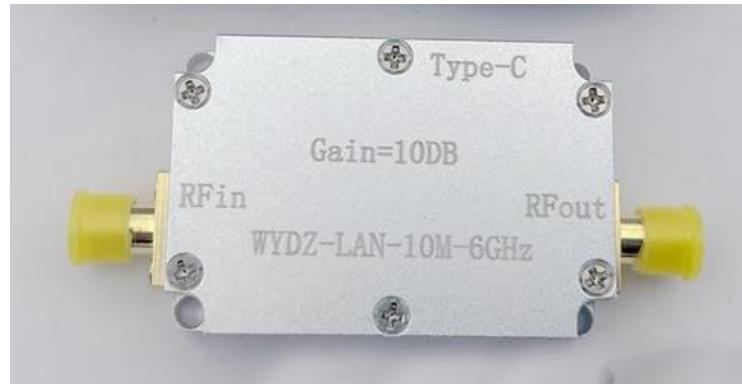
Бесплатная программа SDR #, которую можно скачать на сайте компании AirSpy или найти в другом месте <https://airspy.com/download>



## Малошумный усилитель

Для лучшей чувствительности приемника, я рекомендую применять малошумный усилитель с усилением 20дБ (12 долларов).

<https://www.aliexpress.com/item/1005006431241921.html> Не покупайте 40- 50дБ, чрезмерное усиление негативно повлияет на работу всей системы.



## Корпус

Конечно эстетически будет собрать все элементы в корпусе (а не на столе), который можно купить в интернет за 400-500 гривен. Например, на Розетке



## Мелочи

Чтобы подключить усилитель к приемнику нужен кабель (SMA male-SMA male), не все умеют его сами паять. Купить здесь можно за пару долларов <https://www.aliexpress.com/item/2033874631>



Переходник за доллар, чтобы из SMA перейти на «толстый кабель» с разъемом типа N <https://www.aliexpress.com/item/4001293689143.html>



Помните, что усилитель нужно подключить к питанию через кабель TypeC-USB

### **Кабель**

Частоты выше 800 МГц сильно затухают в кабеле, поэтому кабель от приемника до антенны должен быть как можно короче и лучше.

Я рекомендую использовать кабель RG8 или LMR 400 длиной не более 10-20 метров. Если Вам нужен кабель дольше, то придется усилитель переместить к антенне и заживить его через кабель по технологии BIAS TEE. Купить кабель можно на OLX или, например, здесь <https://selteq.com.ua>

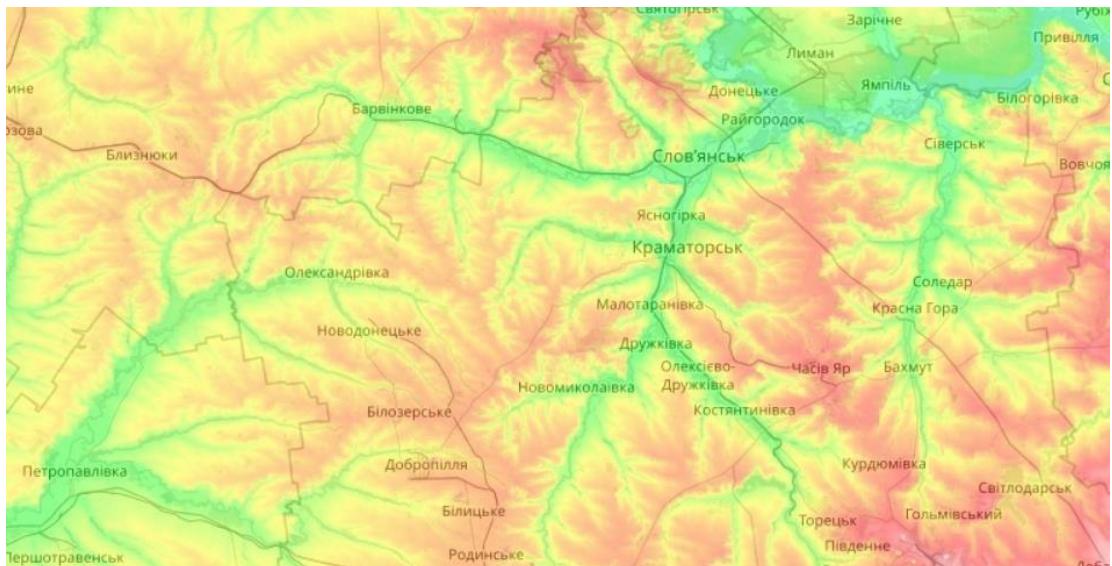


## Выбор места установки

Так как Вы будете наблюдать за БПЛА в «небе», то нет необходимости поднимать antennу очень высоко. Скорее наоборот, если antennу поставить высоко (например, на элеватор) будет только хуже. Вы будете принимать все препятствия из округа и любой РЭБ за десятки километров Вам будет мешать.

### При выборе места установки главное:

1. Выбирать место в котором горизонт открыт в сторону противника. А не закрыт, например, бетонным зданием.
2. Если хотите видеть БПЛА на 40-50 километров, нужно выбирать максимально высокое место по карте высот (например в Крапиве)



При установке антенны помните, что она маленькая и не будет вызывать внимания противника с воздуха. Такой тип антенн применяется везде для «усилителей» мобильной связи. Антенну можно покрасить краской из баллончика в зеленый или черный цвет.

Помните, что антenna приемника и сам приемник должен быть установлен, как дальше всего от антенн мобильной связи (особенно диапазона 900 МГц). Также приемник нельзя приближать к средствам РЭБ и антенн систем WIFI передачи. Нельзя ставить приемник рядом с усилителями мобильной связи.

Во время работы приемника, например, на крыше частного дома, боец, который в этот момент пользуется телефоном во дворе под антенной, будет создавать Вам препятствия.

**Внимание! Антenna приемника SDR ничего не излучает и не может быть запеленгована.**

## Антенна

Для работы пункта приема Вы можете выбрать направленную антенну или круговую. Я обычно выбираю вариант с направленной антенной, которую ориентирую в направление противника.

Для задач мониторинга эфира идеально подходит дешевая логопериодическая антenna от китайских усилителей мобильной связи.

Вы можете приобрести такую антенну на «али» или на ох. У этой антенны меньше усиления, чем у антенны «волновой канал», зато она работает у широком диапазоне 700-3000 МГц и ее диаграмма направленности не такая узкая. Для мониторинга БПЛА антенну следует ставить вертикально.



13 долларов <https://www.aliexpress.com/item/1005006055030100.html>

Также можно применять другой тип направленной антенны секторного типа с такой же широкой полосой, более раскрытой диаграммой по горизонту, но с меньшим усилением.



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

В некоторых ситуациях (например, если Вы прямо на линии фронта) направленную антенну использовать нет смысла. Вам может понадобиться антenna с круговой диаграммой направленности. Эта антenna принимает сигнал со всех сторон, но имеет низкое усиление. Круговая антenna с большим усилением также существует, но будет стоить гораздо дороже.



<https://www.aliexpress.com/item/32837606167.html> 10 долларов

Если Вы собираетесь не просто принимать сигналы БПЛА, а еще пытаться определять направление полета, вращая антенну горизонтом, то Вам нужна антenna волнового канала. Например, вот такая за 15 долларов. <https://www.aliexpress.com/item/32270674704.html>

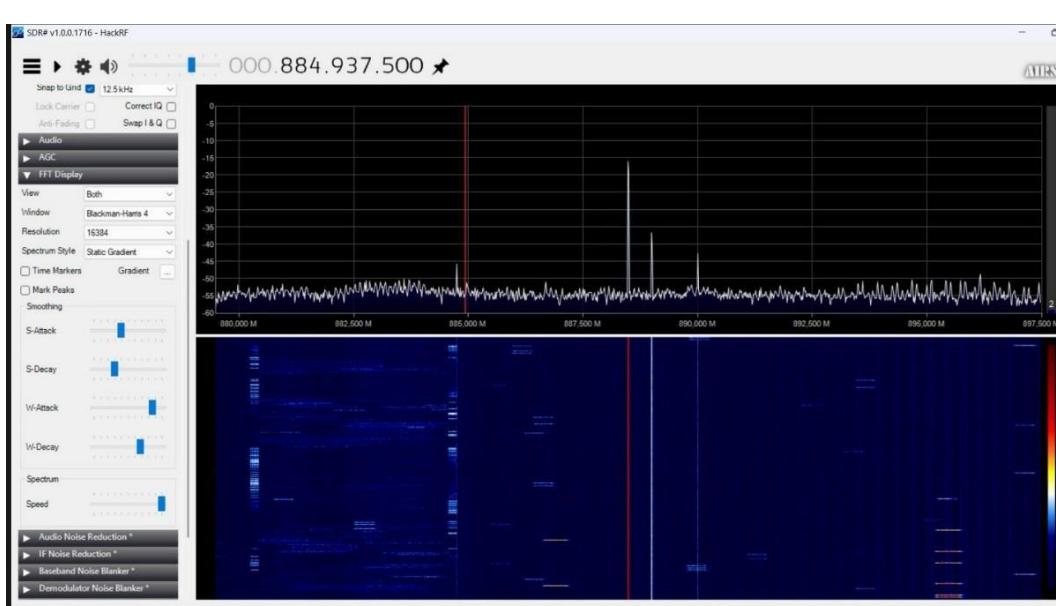


## SDR #

Программа имеет множество возможностей, и ей можно посвятить не один десяток страниц. Я напишу для Вас буквально самое главное.

1. Выберите влево в поле Source устройство HackRF
2. Щелкните слева верхний знак шестерни. Там будут настройки усиления SDR приемника.
  - Если вы применяете внешний усилитель, уберите галочку Amp
  - Выберите Sample rate 20 MSPS, чтобы полоса обзора была максимальной 20 МГц.
  - VGA gain лучше установить чуть выше минимума
  - LNA gain можно выставлять от среднего до максимального. Это усиление сигнала во входном каскаде приемника.
3. Справа сверху регулятор Zoom регулирует полосу приема. Сначала держите его в нижнем положении, чтобы смотреть максимальную полосу 20МГц.
4. Регулятором Range настройте видимость уровня шума в нижней части экрана
5. Регулятором Contrast настройте видимость сигналов на контрастном фоне

В результате Вы должны наблюдать четкие сигналы на нижнем фоне.



6. Регулировать скорость движения синего экрана можно здесь: левая часть экрана, пункт FFT display, регулировка Speed. Для начала поставьте ее максимально справа, чтобы синий экран двигался быстро.

## Сигналы и типы БПЛА

Любой БПЛА может излучать сигналы телеметрии (управление) и сигналы передачи видео. Сигнал видео всегда широкий и имеет ширину 4- 10 МГц.

Все российские разведывательные и ударные БПЛА передают телеметрию в следующих диапазонах.

860-870 МГц

902-928 МГц

960-1020 МГц

Видеосигналы от БПЛА передаются на следующих

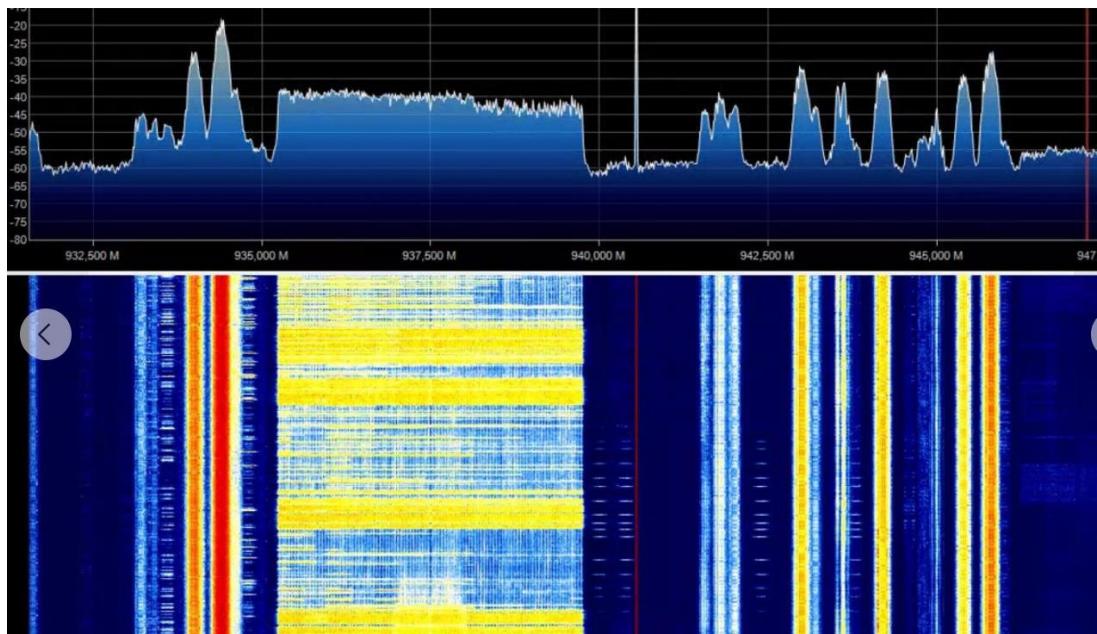
участках 2.2-2.6 ГГц

1.3 ГГц

90% БПЛА РФ по всем направлениям приходится на Орлан, Суперкам, Zala, Lancet

Первое, что Вам надо знать, на частотах 930-960 МГц в Украине работают базовые станции мобильной связи. Сигналы от них мощные и наблюдаются везде. И конечно, все новички их путают с БПЛА. Кстати, этот же диапазон применяется для мобильной связи и в РФ, поэтому ни наши ни российские БПЛА (включая FPV) не «летают» на частотах 928-960 МГц.

Вот как выглядят сигналы мобильной связи. Широкий сигнал это LTE.



## **Zala, Lancet**

Оба БПЛА выпускаются на одном заводе и имеют одинаковые радиомодули, поэтому отличить их по сигналу невозможно.

Сигнал от Zala, Lancet унikalен и его легко узнать. Две вертикальные полосы точек на синем фоне спектра (водопад). Точки идут очень близко, среди них 150-200кГц. На спектрограмме сверху экрана это выглядит как два всплеска рядом.

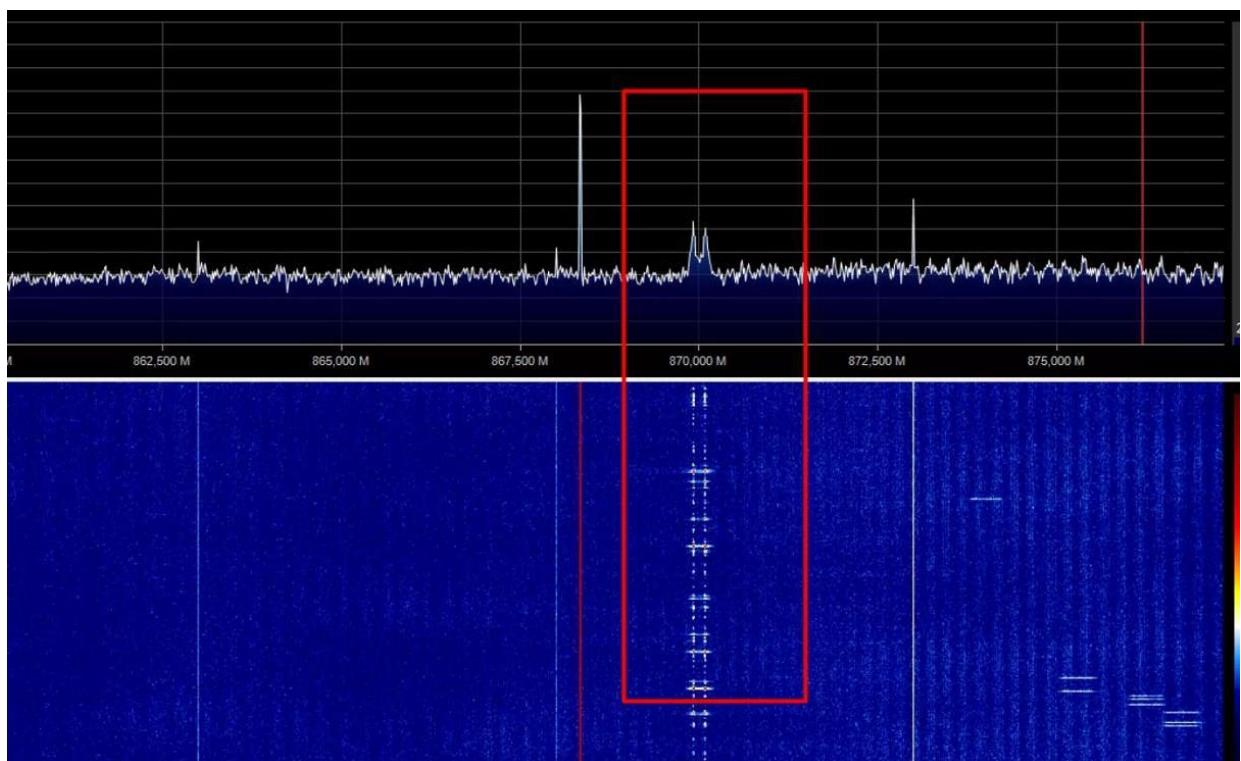
Сигнал наблюдается на частотах 868 МГц, 870 МГц, 915 МГц. Очень редко в моей практике были случаи наблюдения сигнала других частот в области 902-920 МГц.

### *Мои наблюдения:*

Ланцет чаще бывает на 868 МГц

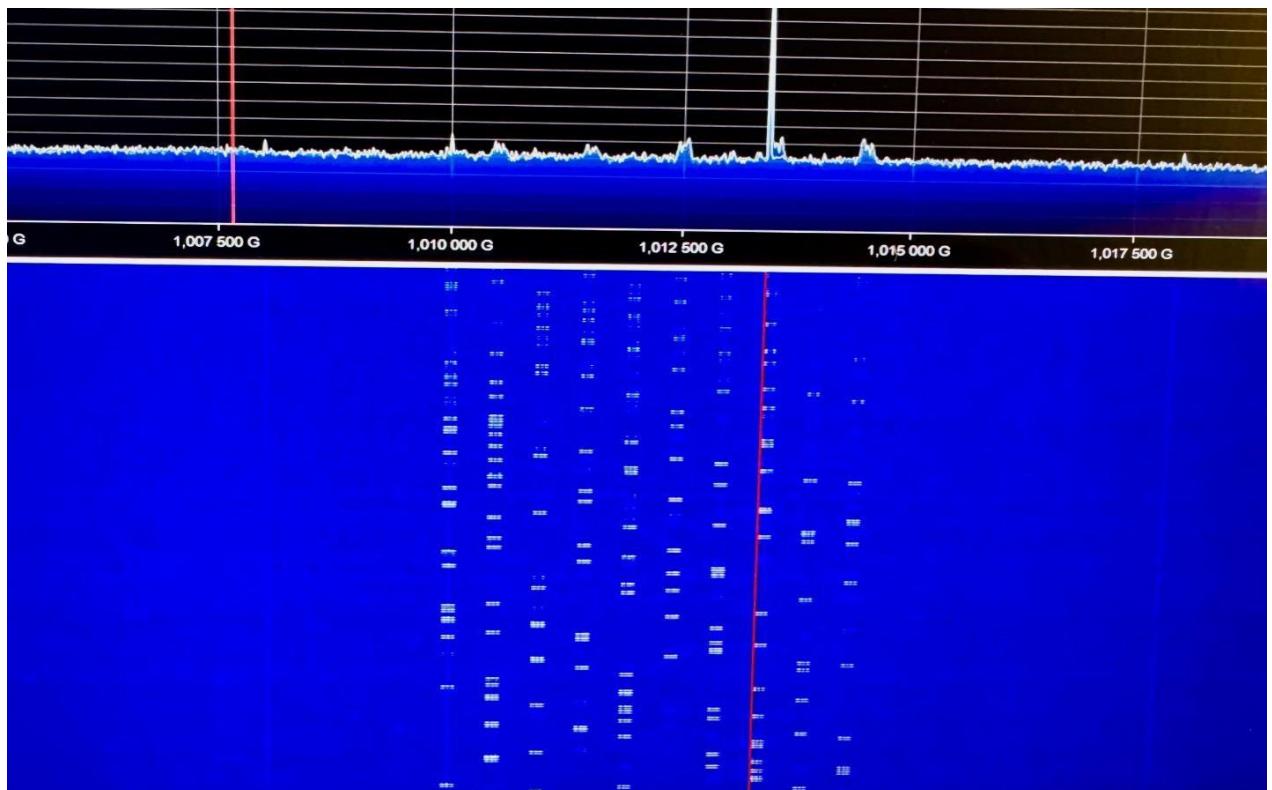
Ланцет не летает больше 40 минут (если больше, то это точно Zala)

Если видите стабильный уровень сигнала это Zala «кружит» на одной позиции. Ланцет летит по прямой на Вас или в сторону и сигнал от него обычно линейно растет или падает.



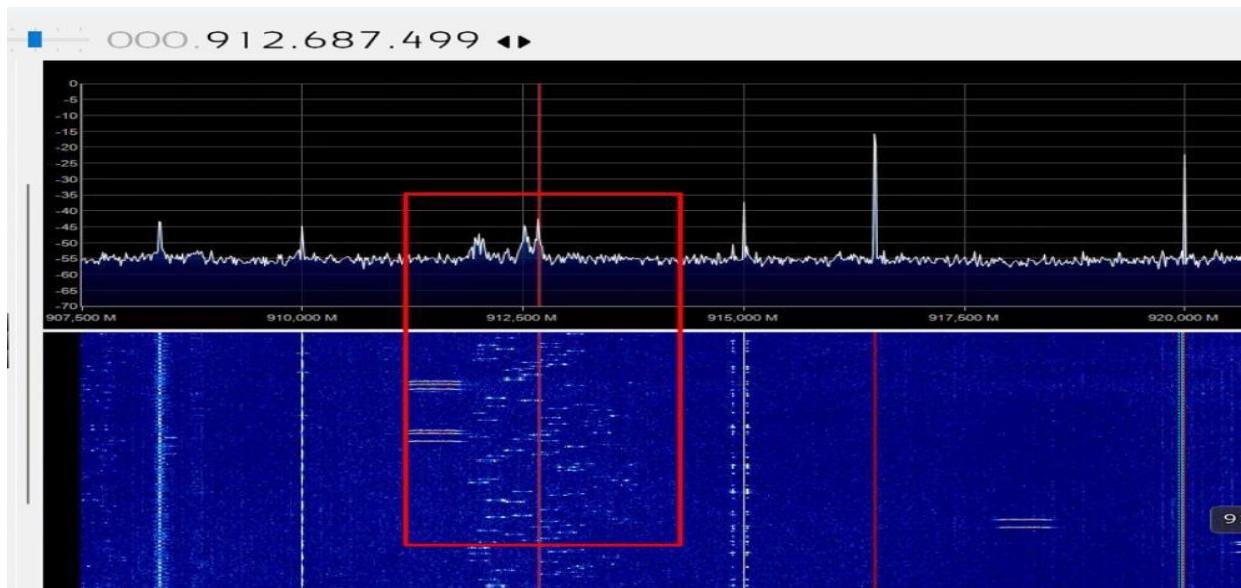
## Суперкам

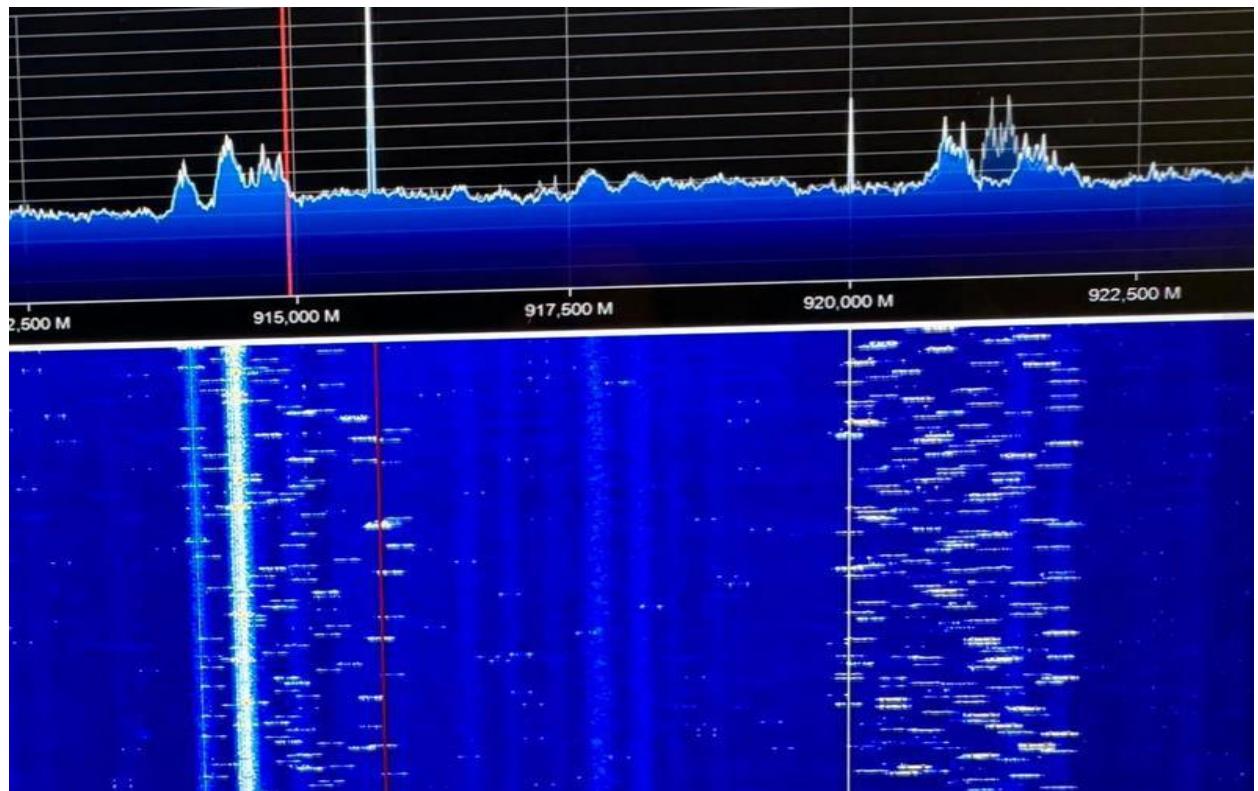
Сигнал выглядит, как 10 вертикальных полосок из рисунков общей шириной 5 МГц. Каждая полоска имеет ширину 150кГц. Сигнал может наблюдаться в диапазоне 856-1020 мГц.



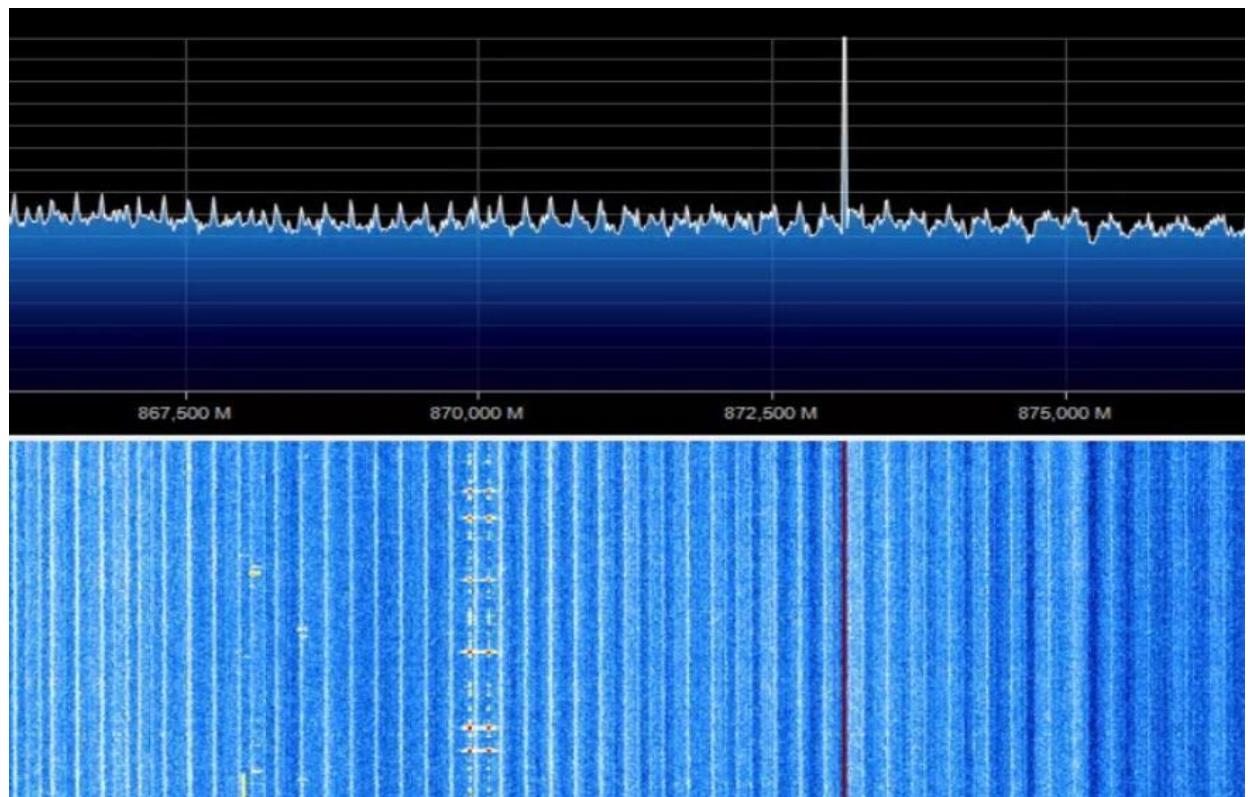
## Орлан

Старые версии «летают» в диапазоне 902-928 МГц, новые могут встречаться в диапазоне 960-1020 МГц. Орлан передает сигнал ППРЧ шириной 2 или 4 МГц. Сигнал ППРЧ ОРЛАН выглядит как хаотичный набор горизонтальных черт.





Если на частотах БПЛА работает РЭБ, на спектрограмме это будет выглядеть так

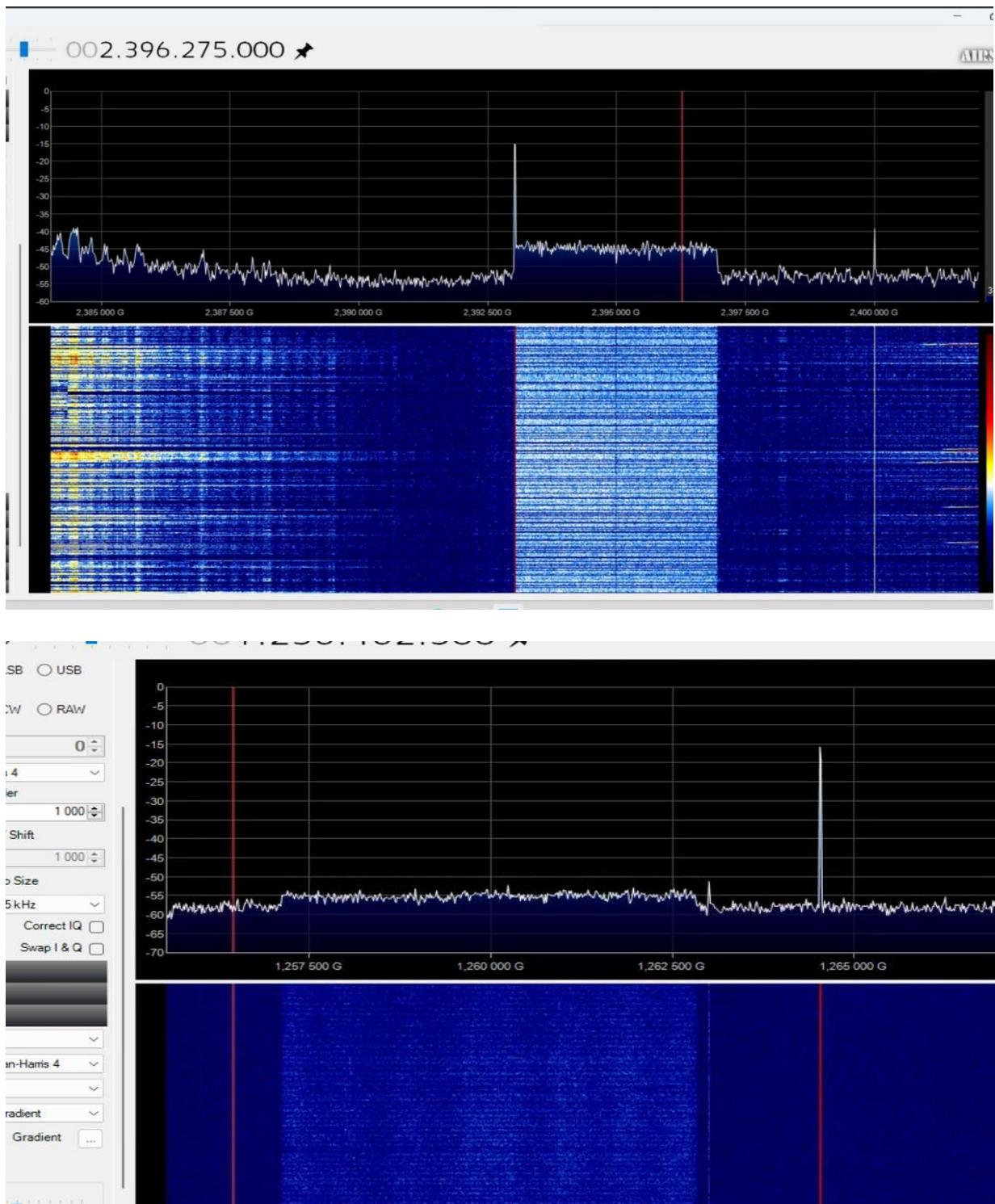


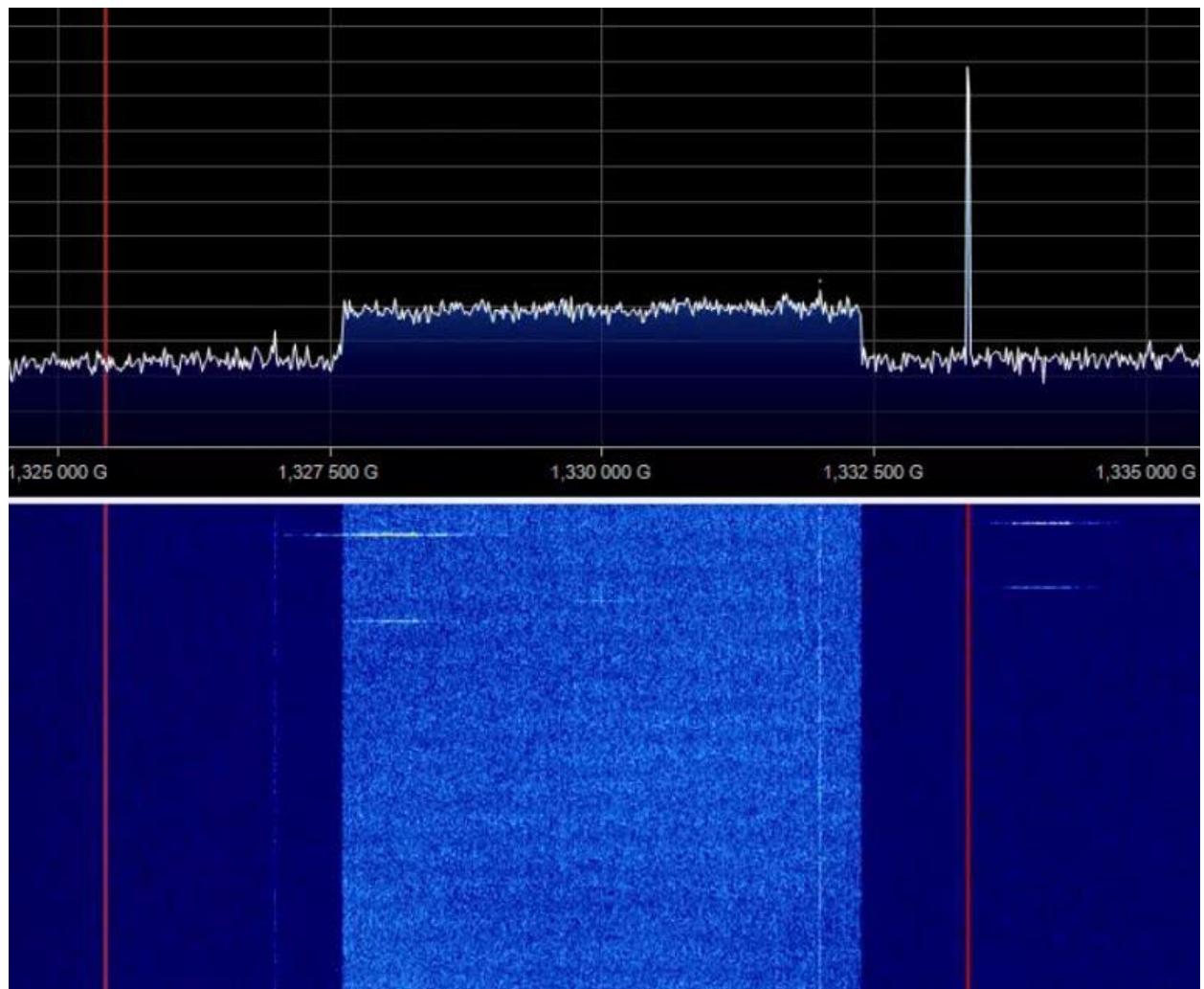
## Видеосигналы

Любой разведывательный БПЛА может транслировать картинку в реальном времени для разведки или корректировки огня.

Любой видеосигнал имеет характерный вид. Это широкая полочка на спектрограмме и белая полоса на водопаде. Ширина линии может быть от 3 до 10 МГц.

Если видеосигнал от FPV аналоговый и открытый, то крылатые БПЛА шифруют канал видеопередачи.





Конструкторы БПЛА могут менять модули видео передачи и частоты также будут меняться, но для «базы» дам информацию по видео каналам

Zala 2.2-2.6 ГГц

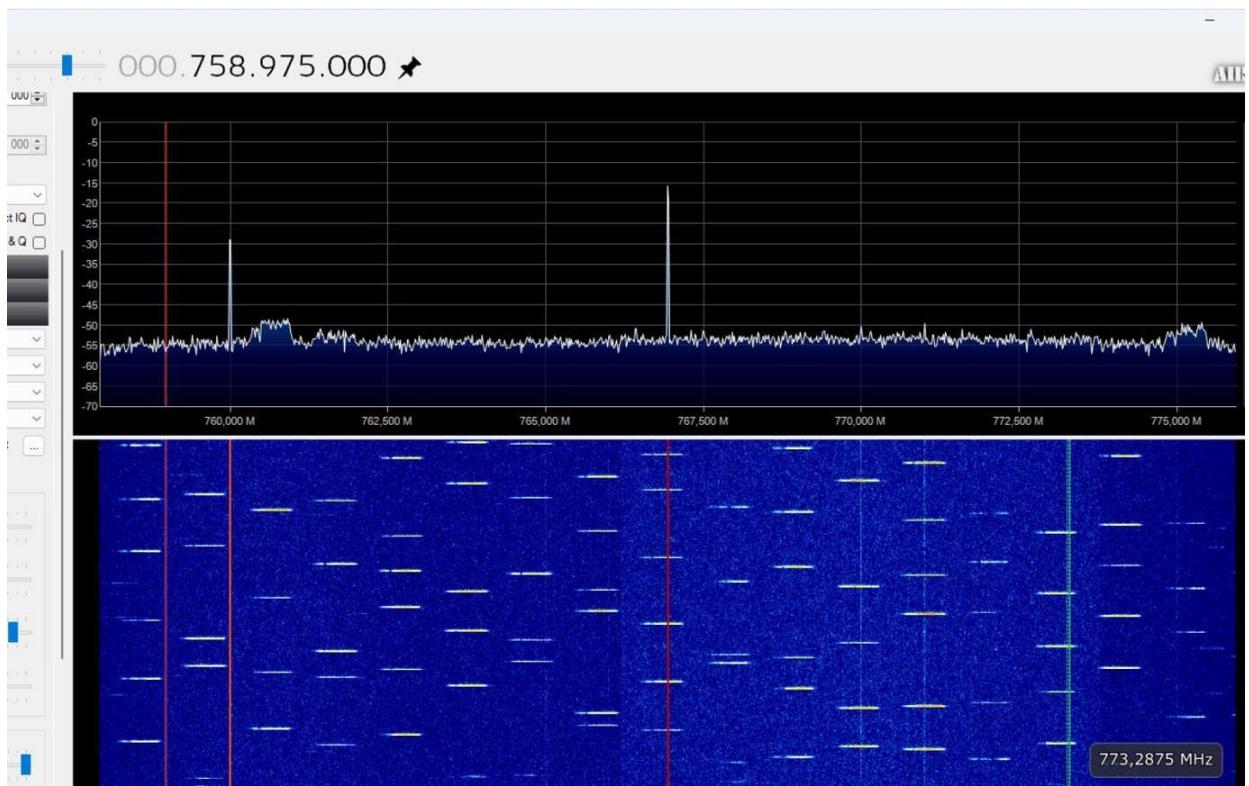
Supercam 1.3ГГц

Элерон 1.2ГГц

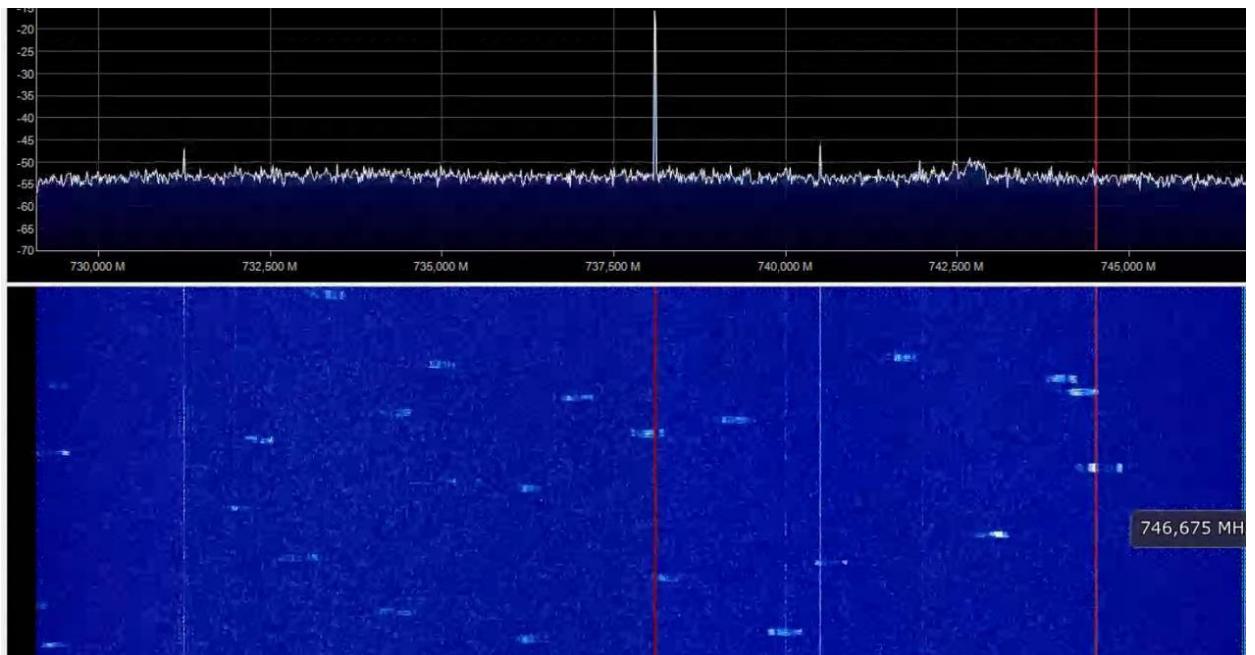
Орлан 2.2-2.5ГГц

## FPV

Почти все пилоты FPV дронов отключают телеметрию, поэтому дрон летает не излучая ничего кроме видео. Но для общего понимания сигнал выглядит так. ППРЧ которое растянуто гораздо шире крылатых БПЛА по полосе 30-40 МГц и может встречаться на участке 700-1020МГц



Вот так выглядит сигнал от FPV на 720-760Мгц (предположительно модуль Гермес)

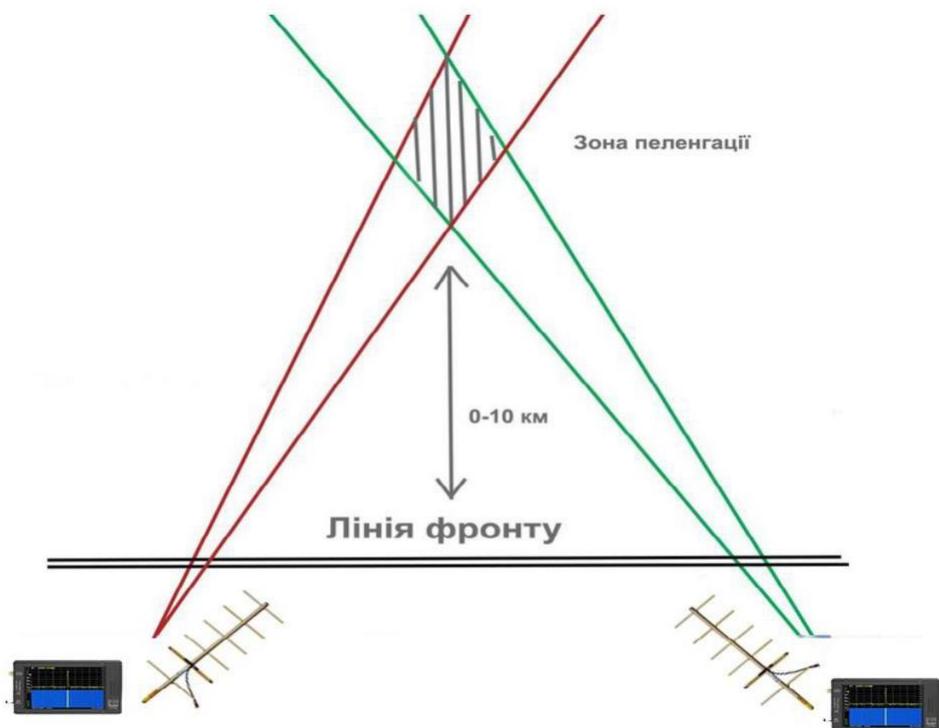


#### 4. Пеленгация источника сигналов

Пеленгация источника препятствий или сигнала может осуществляться классическим методом триангуляции. Для этого Вам нужно настроить SDR на нужный диапазон и поворачивая направленную антенну по кругу, выбрать направление с самым сильным сигналом. Отметить пеленг (азимут) на карте или в Крапиве.

Повторить тот же процесс на другой точке, отъехав несколько километров. Пересечение двух пеленгов даст Вам местоположение объекта. Также лучше взять не два, а три пеленга для увеличения точности.

Для точности пеленгации Вам нужна антенна с узкой диаграммой направленности. Для этого хорошо подходит антенна волновой канал (Yagi). Безусловно, точность пеленгации будет низкая (по сравнению с пеленгаторами Пластун или TCI) но вполне достаточная, чтобы определить приблизительную зону источника сигнала. Пеленгацию нужно проводить на расстоянии нескольких метров от крупных металлических или железобетонных объектов.



## 5. Определение расстояния до цели

Определить расстояние до источника сигнала можно по уровню сигнала. Это будет лишь приблизительное понимание расстояния.

На уровень сигнала будет влиять тип антенны, наличие кабеля между антенной и прибором, коэффициент усиления малошумного усилителя, место приема и мощность передатчика. Поэтому фактически Вы сможете по своему опыту через какое-то время понять дистанцию, но только примерно.

- Когда на водопаде сигнал едва заметен, то уровень очень слабый и источник далеко.
- Когда сигнал стал четкий, то расстояние до объекта уменьшилось.
- Когда сигнал на водопаде желтый или красный, то уровень очень сильный. При этом пики всплесков зашкаливают на весь экран. Это означает, что источник от Вас буквально в пределах километра.

Эти соотношения уровней сигналов и расстояний разные для разных целей. Для Мавиков одно, для Орланов другое. Поэтому здесь Вам поможет только личный опыт.