

**Обнаружитель-пеленгатор радиоизлучений БПЛА**

**ПАСПОРТ**



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение и комплект поставки.....	3
2. Краткое описание работы .....	4
3. Технические характеристики .....	5
4. Структурные схемы изделия .....	6
5. Подготовка к работе .....	8
6. Описание интерфейса управления и алгоритма определения пеленга .....	9
7. Размещение на одной трубостойке модуля обнаружителя и антенных модулей .....	12

## 1. Назначение и комплект поставки.

Обнаружитель – пеленгатор радиоизлучений БПЛА, далее Изделие, предназначен для обнаружения, пеленгования и измерения параметров радиоизлучений радиотехнических средств, установленных на БПЛА, в диапазоне частот от 1000 МГц до 6000 МГц.

Анализ принимаемых радиоизлучений проводится в четырёх квадрантах азимута (N, W, S, E) путём последовательного подключения четырёх логопериодических антенн ко входу «1» Изделия и сканирования частотного диапазона с полосой мгновенного анализа 100 МГц.

После сканирования всех четырёх квадрантов вычисляется пеленг на принятые сигналы, их частотные и временные характеристики, которые выводятся на компьютер и на светодиодные индикаторы пеленга.

Модуль Изделия имеет три ВЧ входа:

- **ко входу «1»** подключается «Модуль логопериодических антенн 1000 ÷ 6000 МГц».

Внутри модуля находится управляемый коммутатор антенн и усилитель.

ВЧ тракт по входу «1» разделён с помощью полосовых фильтров на четыре поддиапазона, наиболее часто используемые радиотехническим оборудованием БПЛА.

- **ко входу «2»** — в качестве «опции», для расширения частотного диапазона обнаружения и пеленгования ниже 1000 МГц, может подключаться дополнительный антенный пост 400 ÷ 1000 МГц. Он включает четыре логопериодические антенны 400 ÷ 1000 МГц, управляемый электронный коммутатор и усилитель.

ВЧ тракт по входу «2» широкополосный от 400 МГц до 6000 МГц.

- **ко входу «3»** — в качестве «опции» для расширения частотного диапазона обнаружения и пеленгования выше 6000 МГц, например для обнаружения и пеленгования Абонентского терминала «Старлинк» по боковым лепесткам его излучения, диапазон 14000 ÷ 14500 МГц, подключается «Модуль рупорных антенн 14000 ÷ 14500 МГц с управляемым коммутатором антенн, фильтрами, конвертером и усилителем.

Структурная схема Изделия приведена в разделе 4. рис.4.1.

Там же приведена Структурная схема Изделия с дополнительными опциями рис.4.2.

### Комплект поставки

№ п/п	Наименование	Кол-во
1	Модуль обнаружителя	1 шт.
2	Модуль логопериодических антенн 1000 ÷ 6000 МГц, в составе: - логопериодическая антenna 1000 ÷ 6000 МГц - коммутатор антенн - защитный кожух - штанга крепления антенн	1 шт. 4 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт.
3	Установочный столик	1 шт.
4	Источник питания 12 В x 8,5 А	1 шт.
5	Паспорт	1 шт.

## 2. Краткое описание работы.

Обнаружение излучения БПЛА и определение пеленга осуществляется путём анализа частотных диапазонов используемых БПЛА.

Для входа 1 предусмотрены 4 фиксированных диапазона:  $1100 \div 1200$  МГц,  $1400 \div 1500$  МГц,  $2400 \div 2500$  МГц,  $5725 \div 5825$  МГц. Для них в настройках предусмотрены кнопки.

Цвет кнопки означает, статус подключения «Коммутатора антенн». Зелёный – подключён, красный – отключён.

Также предусмотрена настраиваемый диапазон с полосой мгновенного анализа 100 МГц, центральная частота которого может быть выбрана из диапазона частот:

- вход 1 – фильтры:  $1000 \div 1300$  МГц,  $1300 \div 1600$  МГц,  $2400 \div 2500$  МГц,  $5150 \div 6000$  МГц.
- вход 2 –  $400 \div 6000$  МГц (без фильтрации входных сигналов).

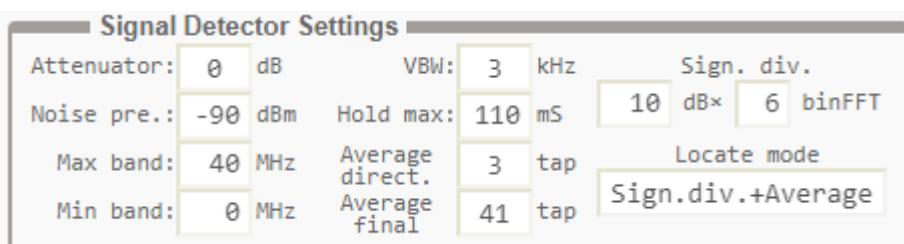
Анализ частот проводится в четырёх квадрантах азимута (N, W, S, E), с определением мощности тех сигналов полосы частот которых меньше или равны диапазону полос заданного оператором (для БПЛА, передачи видео, часто используют узкую полосу частот, до  $3 \dots 20$  МГц, с целью обеспечения максимальной дальности связи. Поэтому в обнаружителе реализован алгоритм измерения мощности всех сигналов с полосами частот до значения, заданного оператором в полях Max band, Min band интерфейса).

Обзор пространства по азимуту  $0 \div 360$  град. осуществляется за время анализа = (время Hold Max + 20 мс) \* кол-во диапазонов \* 4 антенны. Пример: Hold Max – 110 мс; кол-во диапазонов - 1. Время анализа =  $(110 \text{ мс} + 20 \text{ мс}) * 1 * 4 = 520 \text{ мс}$ .

После сканирования всех четырёх квадрантов вычисляется пеленг на эти сигналы, с помощью четырех переключаемых антенн (ДН каждой антенны  $\pm 45$  град по азимуту и углу места). Данные по обнаружению БПЛА (квадранты азимута и используемые частоты БПЛА) выводятся на компьютер и на индикаторы обнаружителя - на светодиоды указывающие пеленг.

Чувствительность обнаружителя БПЛА зависит от полосы принимаемого сигнала. Например, БПЛА использует сигнал телеметрии ширина спектра которого 2 МГц. Тогда чувствительность определяется шумом в полосе 2 МГц при Кш = 6 дБ (коэффициент шума). Мощность сигнала должна превышать мощность шума минимум на 15 дБ.

Для инициализации устройства оператору достаточно выставить с помощью компьютера (по результатам анализа спектра) параметры в поле Signal Detector Settings.



### 3. Технические характеристики.

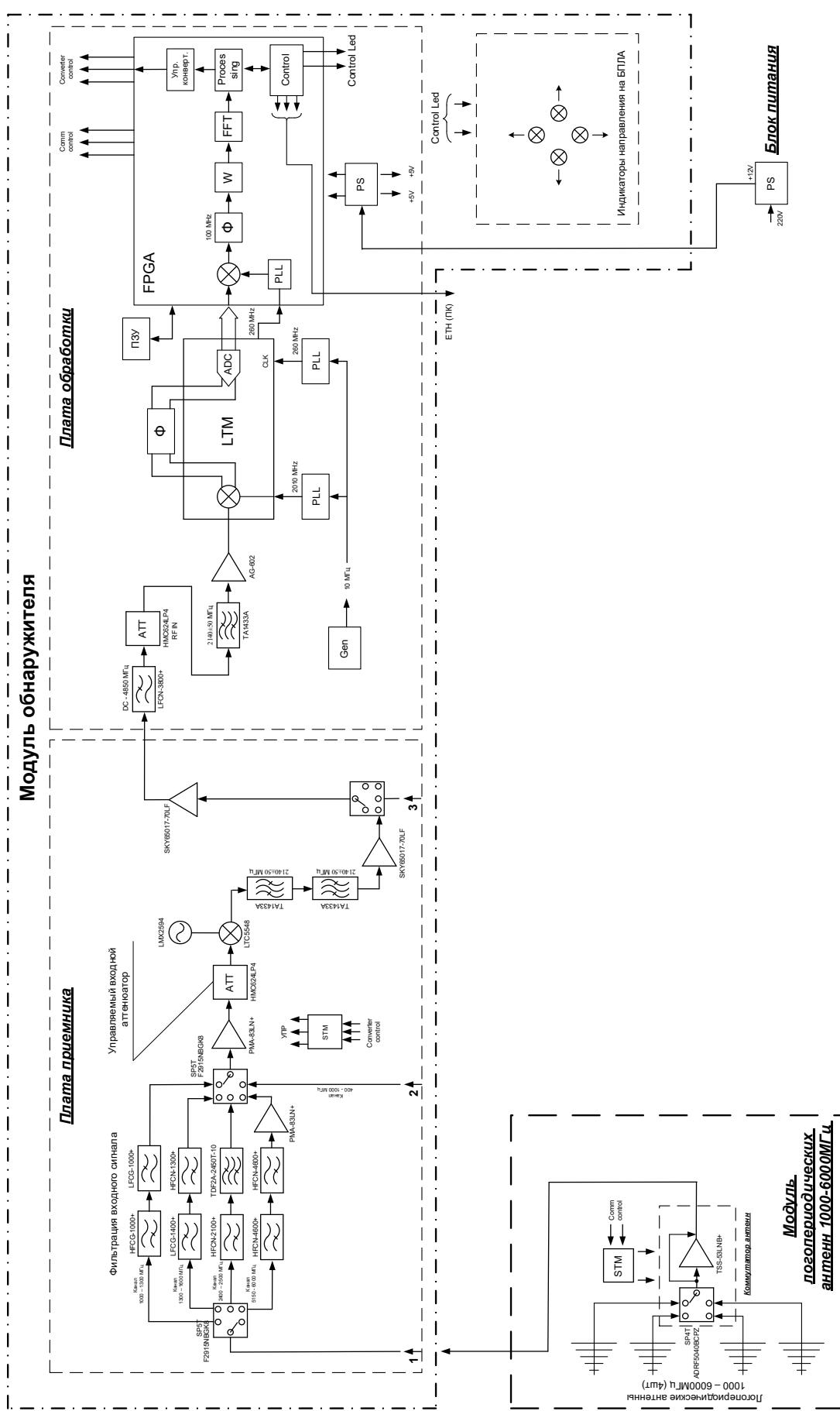
п/п	Наименование параметра	Технические характеристики
1	Диапазон рабочих частот	$400 \div 1000$ МГц * $1000 \div 6000$ МГц $14000 \div 14500$ МГц **
2	Количество ВЧ входов	3
3	Тип ВЧ разъёма	SMA
4	Диапазон рабочих частот по входам:  Вход «1» имеет четыре фиксированных поддиапазона, с фильтрацией ПФ	- $1000 \div 1300$ МГц - $1300 \div 1600$ МГц - $2400 \div 2500$ МГц - $5150 \div 6000$ МГц
	Вход «2» широкополосный, без фильтрации	$400 \div 6000$ МГц $400 \div 1000$ МГц – доп. опция, см.рис.4.2
	Вход «3» промежуточная частота	$2140 \pm 50$ МГц $14000 \div 14500$ МГц – доп. опция, см. рис. 4.2
5	Определение направления на источник	0, 90, 180, 270 град.
6	Антенны, входящие в состав ИЗДЕЛИЯ:	
	Логопериодическая приемная антенна (4 шт.)	$1000 \div 6000$ МГц
7	Односигнальный динамический диапазон приемника	70 дБ
8	Управляемый входной аттенюатор модуля обнаружителя	10 дБ, 20 дБ, 30 дБ
9	Входной малошумящий усилитель (МШУ), дБ	+20 дБ
10	Коэффициент шума приемника с включённым МШУ, дБ	3-7 дБ
11	Мгновенная полоса анализатора спектра	100 МГц
12	Разрешение по частоте RBW анализатора спектра	125 кГц
13	Отображение спектра в полосе мгновенного анализа	+
14	Авто определение частоты и уровня сигнала	+
15	Управление	Web-интерфейс
16	Напряжение питания/потребление	+12 В / 1,5 А
17	Вес	5 кг

\* - с Модулем логопериодических антенн  $400 \div 1000$  МГц.

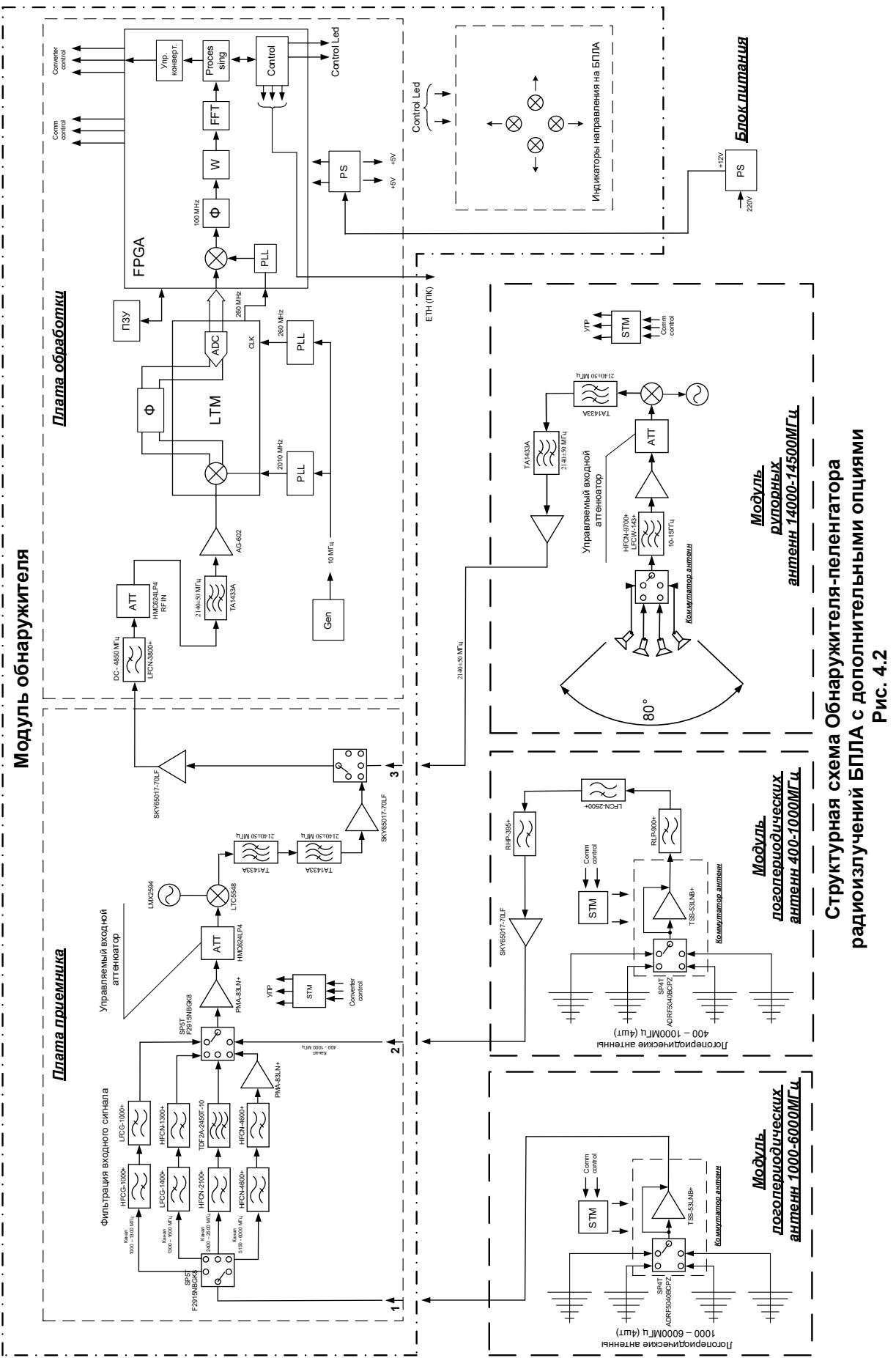
\*\* - с Модулем рупорных антенн  $14000 \div 14500$  МГц.

Обнаружение и пеленгование Абонентского терминала «Старлинк» происходит по боковым лепесткам его излучения.

#### 4. Структурные схемы изделия.



Структурная схема Обнаружителя-пеленгатора радиоизлучений БПЛА



**Структурная схема Обнаружителя-пеленгатора радиоизлучений БПЛА с дополнительными опциями**

Рис. 4.2

## 5. Подготовка к работе.

1. Установить Изделие так, чтобы первая антенна была направлена в сторону севера. Номер антенны указан на корпусе антенного модуля.
2. Произвести необходимые соединения:
  - ВЧ кабель антенного модуля подключить к разъему IN 1 рис. 5.1;
  - кабель блока питания подключить к разъему DS рис. 2;
  - кабель Ethernet компьютера (ПК) подключить разъему CONTROL рис. 5.2;
  - кабель управления Модулем логопериодических антенн подключить к разъему SW1 рис. 5.2.



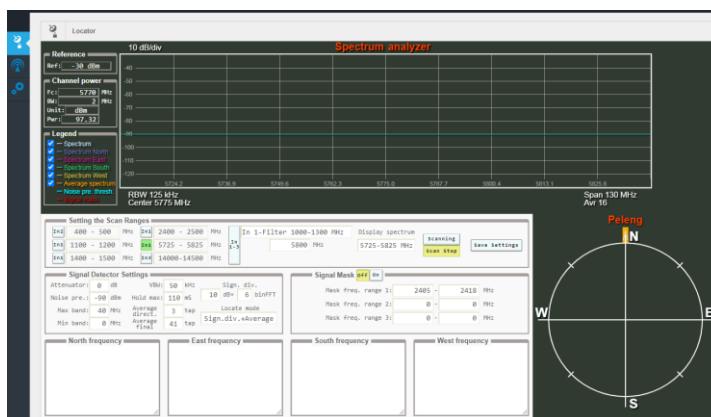
Рис. 5.1



Рис. 5.2

3. Включите блок питания в сеть 220В. Через 10 секунд на передней панели Изделия включится светодиодный индикатор Power.

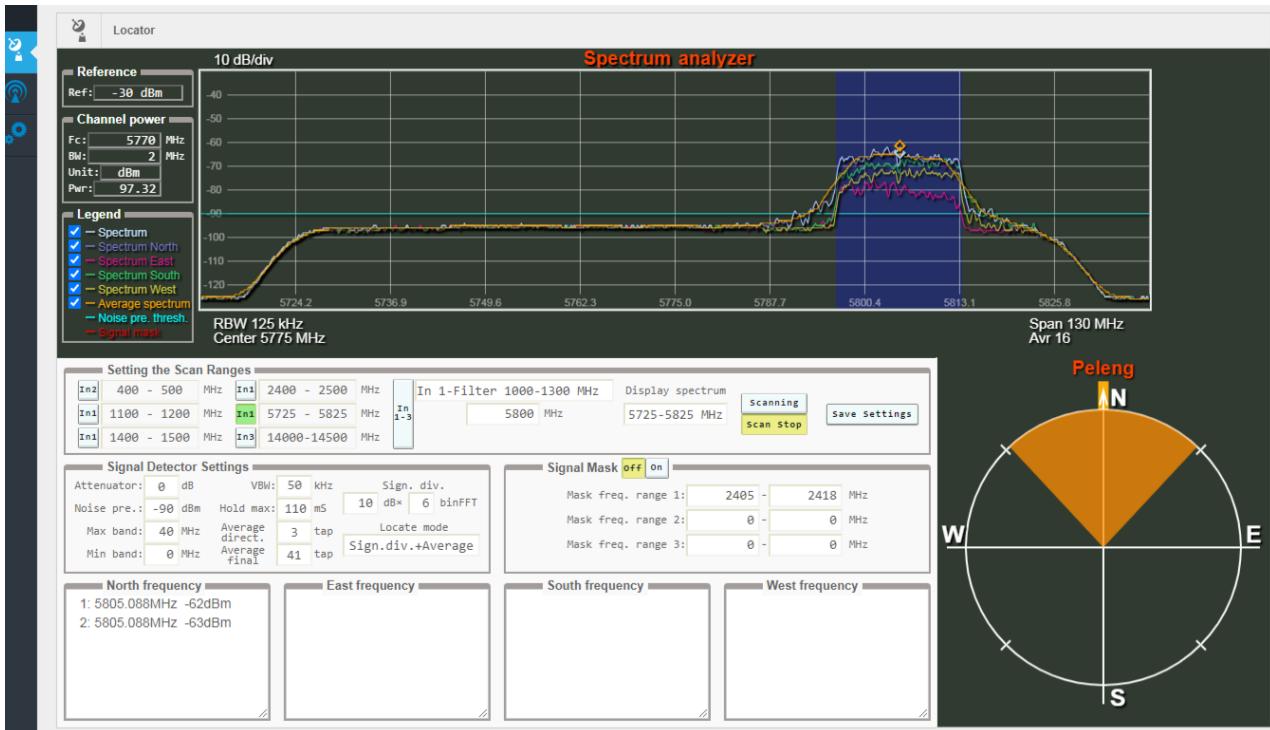
4. Запустите на ПК браузер "Chrome". В адресной строке браузера введите IP адрес устройства (по умолчанию IP: **10.0.0.199**). На мониторе отобразится главное окно устройства.



5. Изделие готово к работе.

## 6. Описание интерфейса управления и алгоритма определения пеленга.

### Описание интерфейса управления



Поле **Spectrum Analyzer** это отображение спектров. Выбор отображаемых спектров осуществляется в поле **Legend**.

Поле **Legend** - включает отображение спектров:

- **Spectrum** - результирующий спектр;
- **Spectrum North** - накопительный спектр антенны 1, направленной на север;
- **Spectrum East** - накопительный спектр антенны 2, направленной на восток;
- **Spectrum South** - накопительный спектр антенны 3, направленной на юг;
- **Spectrum West** - накопительный спектр антенны 4, направленной на запад;
- **Average spectrum** - усреднённый по методу **Average final** результирующий спектр.

**Noise pre.thresh.** - это отображение порога **Noise pre..** Например **Noise pre.thresh. = -100** дБм это порог, ниже которого сигнал не анализируется.

**Signal mask** - это отображение маски участков частотного диапазона, где анализ проводить не надо.

*Пояснение накопительного и результирующего спектра смотрите п. Алгоритм определения пеленга.*

Поле **Reference:**

- **Ref** - опорный уровень для отображения сигналов;

Поле **Channel power** - расчет мощности в полосе.

Поле **Setting the Scan Ranges** - это установки для выбора анализируемых приёмником диапазонов (в полосе мгновенного анализа 100 МГц). Диапазоны для сканирования могут быть выбраны в любой комбинации (один или несколько). Первые 6 диапазонов - фиксированные. Седьмой диапазон - настраиваемый, настройками задаётся вход, фильтр, центральная частота.

Окно **Display spectrum** - выбор диапазона, спектр которого будет отображаться на экране.

Кнопка **Scanning** - запускает непрерывное сканирование выбранных диапазонов по кругу.

Кнопка **Scan Stop** - останавливает сканирование.

Кнопка **Save Settings** - сохраняет все настройки в ПЗУ Изделия.

#### Поле **Signal Detector Settings**:

- **Attenuator** - включение входного малошумящего усилителя или включение входного аттенюатора (**LNA+20, 0 dB, 10 dB, 20 dB, 30 dB**).
- **Noise pre.** - это установка порога. Например, Noise pre. = -100 дБм это порог, ниже которого сигнал не анализируется;

**Max band** и **Min band** - это максимальная и минимальная полоса сигнала, пеленгуемая приёмником. Например, **Max band** = 20 МГц и **Min band** = 2 МГц означает, что приёмник будет пеленговать сигналы от 2 МГц до 20 МГц;

**VBW** - полоса видеофильтра (Video Bandwidth);

**Hold max** - время накопления максимальных уровней сигнала с каждой антенны;

**Average direct.** - степень усреднения накопительного спектра;

**Average final** - степень усреднения результирующего спектра;

**Sign div.** - задает крутизну фронта/спада сигналов для анализа. Т.е. анализироваться будут те сигналы крутизна которых равна или выше заданной. Например, **10 dB x 6binFFT** - означает, что сигналы с перепадом уровня в полосе 6 bin FFT больше или равно 10 dB будут анализироваться.

**Locate mode** - режимы обнаружения сигнала:

**Sign.div.** - это обнаружение сигналов по результирующему спектру, выше заданного порога **Noise pre.**, с заданной полосой (**Max band - Min band**) и имеющую заданную (оператором) или выше, крутизну спектрограммы (**Sign. div.**).

**Average** - это обнаружение сигналов по усреднённому результирующему спектру, выше заданного порога **Noise pre.** с заданной полосой (**Max band - Min band**), с любой крутизной фронта/спада спектрограммы (**Sign. div.**).

**Sign.div. + Average** - обнаружение сигналов двумя методами **Sign.div.** и **Average**.

**Max Level Detect** - упрощённый метод обнаружения, учитывается только уровень сигнала. Пеленгуется сигнал с самым большим уровнем, с заданной полосой (**Max band - Min band**).

Поле **Signal mask** - позволяет задать участки частотного диапазона, где сигналы анализироваться не будут.

Обнаруженные частоты отображаются в полях **North frequency**, **East frequency**, **South frequency**, **West frequency**.

Пеленг на источник излучения отражается на компасе двумя цветами - зеленым и оранжевым цветом. Оранжевым цветом отображается самый мощный сигнал.

## Алгоритм определения пеленга

Набор данных для обнаружения сигналов БПЛА (рассматривается пример i-го частотного диапазона и j-ое направление) производится путём многократного сканирования спектра (используется анализатор спектра -FFT с мгновенной полосой анализа 100 MHz за время 20 мкс) в i-ом частотном диапазоне по j-ому направлению с накоплением и запоминанием максимальных значений спектра в течении интервала времени **Hold max**, задаваемого оператором. Например, при Hold max 100 мс, i-ый частотный диапазон будет «просканирован» 5000 раз, а результаты будут отражены в **накопительном спектре**. После чего спектр с накоплением по i-ому частотному диапазону и по j-ому направлению усредняется, с помощью скользящего окна по бинам FFT, - получаем усредненный спектр. Размер окна задается оператором в поле интерфейса **Average direct**. Имея усредненный спектр по i-ому частотному диапазону в каждом из j-ых направлений, строится **результатирующий спектр**. Построение результтирующего спектра производится путем сравнения усредненных сигналов в каждом из 4-ёх направлений i-го диапазона. Для каждого бина FFT результтирующего спектра определяется направление-j, в котором этот бин имеет максимальное значение и амплитуда этого бина (с информацией направления его прихода) прописывается в результатирующй спектр. Обработка данных результатирующего спектра позволяет обнаружить сигнал БПЛА и определить пеленг на него в i-ом частотном диапазоне.

## 7. Размещение на одной трубостойке модуля обнаружителя и антенных модулей.

При размещении на одной трубостойке модуля Обнаружителя и антенных модулей получаем малогабаритную станцию РТР.



- Диапазон частот обнаружения и пеленгования  
400 ÷ 1000 МГц  
1000 ÷ 6000 МГц  
14 000 ÷ 14 500 МГц
- Кус антенн 8 дБ; Кус руп. ант. для Старлинка 20 дБ
- ПО для совместной работы со станцией подавления БПЛА
- Управление по ETHERNET порту

Оборудование РТР производит пеленгование источников сигналов БПЛА в N-частотных диапазонах по 100 МГц, задаваемых оператором, и сигналов абонентского терминала Старлинк по его боковым лепесткам. Пеленг на обнаруженные источники излучения передается по ETHERNET оборудованию РЭБ.

## Схема размещения оборудования обнаружения и пеленгации

