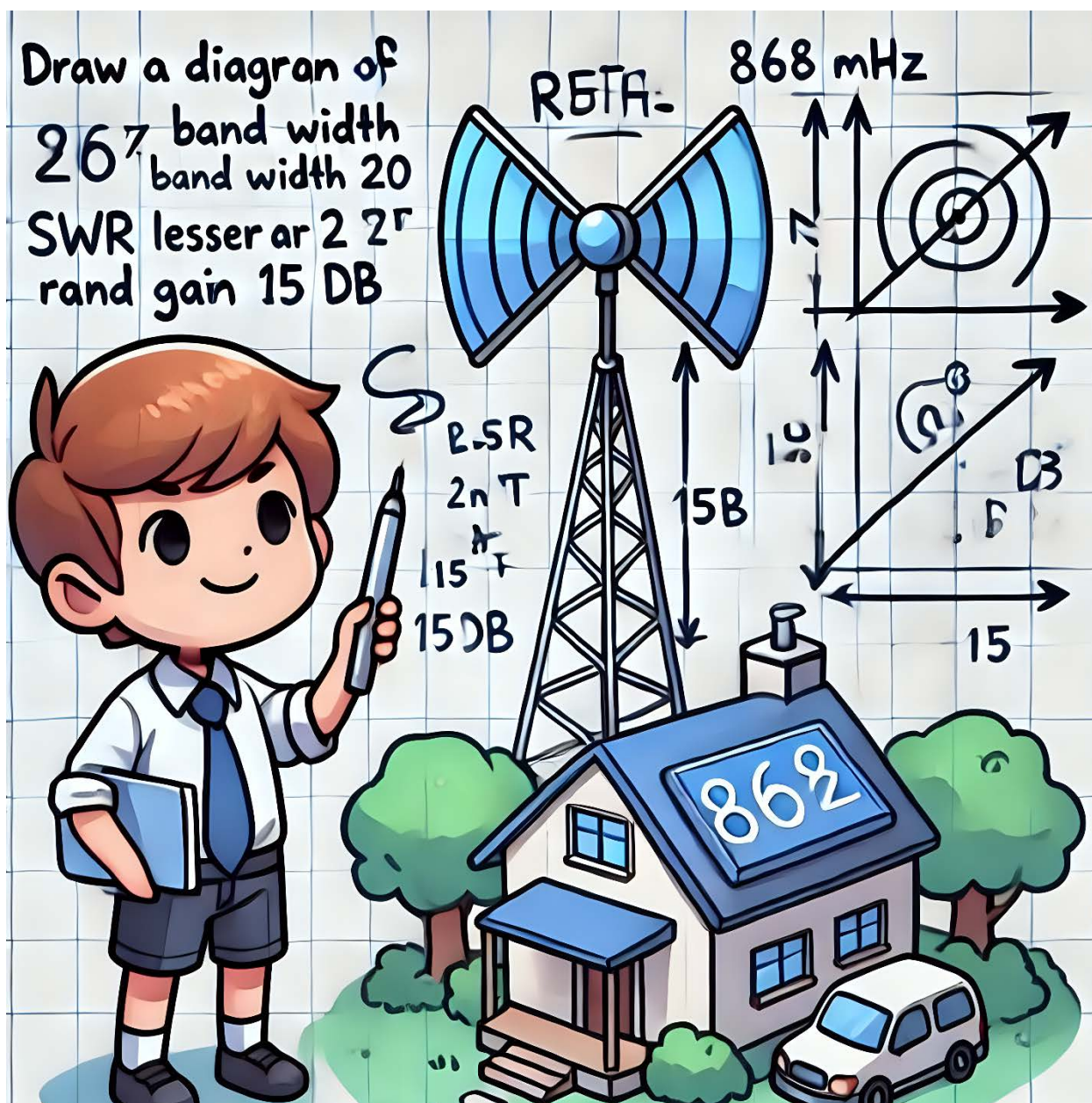




РЭБ (РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БОРЬБА) – ОБНАРУЖЕНИЕ И ПОДАВЛЕНИЕ БПЛА:

ПАМЯТКА-УЧЕБНИК ВОЛОНТЁРУ И БОЙЦУ

от эксперта артиллерийского дивизиона по вопросам РЭБ



г.Уфа, январь 2025г.

(С) Фабрика специзделий для СВО



Действительный член АРРС РФ - Ассоциации разработчиков перспективных систем
радиоэлектронной разведки, радиоэлектронной борьбы и связи (РЭР, РЭБ и связи)
издание 2-е исправленное и дополненное

Оглавление

Предисловие от автора	2
Почему не срабатывает оборудование РЭБ?	3
Небольшой РЭБ-ликбез: теория, термины и понятия простым языком	9
Теория подавления дрона	9
Немного о широте полос генераторов и антенн	12
КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК РЭБ И СВЯЗИ	15
Структура системы РЭБ	15
ВЫДЕРЖКА ИЗ ТАБЛИЦЫ ЕСКД – ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ	16
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В БОЕВЫХ ДОКУМЕНТАХ	17
Пункты управления и средства связи	17
ГОСТ 2.735-68 ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. АНТЕННЫ И РАДИОСТАНЦИИ	18
Запрос потребности в РЭБ:	20
Потребность в средствах радиоразведки	20
Потребность в средствах радиочастотного подавления	21
Радиочастотная обстановка	21
Источник полученной информации:	21
Пример технического паспорта РЭБ	22
P.S.:	24

Предисловие от автора

Причина написания данной памятки – колоссальное количество средств РЭБ, не функционирующих на передовой должным образом. Почему это происходит? Одна из причин – поставка искренними и добродушными волонтерами оборудования бойцам. И часто такого оборудования, которое не может работать.

Главное, что следует понимать, приступая к чтению – это не просто чтение, а изучение с карандашом и блокнотом в течение 2-3 часов. Много? Нет терпения? А вот подумайте – сколько терпения у ребят на передовой, когда живут в землянках, под огнём противника и ждут, что им поставят то, что реально спасёт им жизнь. И если Вы не готовы потратить на это время – забудьте про благие намерения помочь бойцам. Или просто присоединяйтесь к тем, кто это понимает и помогайте материально.

До того, как начнёте читать дальше, скажу ещё, что оборудование РЭБ бывает различного назначения – носимое групповое, носимое индивидуальное, автомобильное круговой (купольной) защиты, автомобильное универсальное (с направленными регулируруемыми излучателями) и объективное – подавления, разведки и комплексные (армейские комплексы «Житель», «Красуха», «Палантин», «Поле», «Ртуть» и другие не рассматриваются в данной памятке). При этом нельзя забывать, что при наличии у противника РЛС (радиолокационных станций) и пеленгаторов, обнаружить координаты движущегося объекта (носителя РЭБ) и источника излучения радиопомех, коим и является РЭБ не составляет большого труда. И дальнейшее логичное действие противника – огневое подавление засечённой точки. Но это уже отдельная тактическая задача подразделения РЭБ. А волонтеру надо знать – что именно собирается защищать заказчик и потребитель оборудования (военнослужащий) – себя лично, группу, автомобиль, тяжёлую технику, блиндаж на передовой или объект на удалении.

В приложениях к памятке есть бланк заказа, который рекомендуется использовать для заказа оборудования у поставщика или производителя. При этом следует обратить внимание на то, насколько свободно и правильно представитель поставщика ориентируется в понятиях и готов предоставить соответствующие данные. Этому посвящается отдельный раздел памятки, которая со временем уже выросла в полноценное учебное пособие – справочник и уже завоевало определённую популярность.

Почему не срабатывает оборудование РЭБ?

1. Оборудование РЭБ отправлено без учёта радиочастотной обстановки (РЧО) на ЛБС (линии боевого соприкосновения)
2. Данные РЧО бойцами не были предоставлены, и волонтеры поставили «чего-нибудь» из самых лучших побуждений. И частотные характеристики (ЧХ) оборудования не соответствовали РЧО ЛБС.
3. Были предоставлены неправильные данные РЧО (например, только видеодиапазоны, которые засекают дрон-детекторы) и оборудование было изготовлено только для этих частот. А подавители частот сигнала управления и геопозиционирования не включались в комплектацию оборудования. Соответственно, БПЛА могли лететь по другим алгоритмам.
4. Не было включено питание.
5. БПЛА летели на ИИ, на оптоволокне или по полётному заданию – т.е. без постоянного использования управляющего радиоканала.
6. Оборудование РЭБ было неисправно полностью или частично (в т.ч. выведено из строя осколками и это не было замечено). Перед выездом оборудование не проверяется и не тестируется. Нет приборов и алгоритмов проверки: горящая лампочка не означает исправность, а означает только подключенное напряжение.
7. Оборудование РЭБ было неправильно установлено.
8. Бойцы не были обучены всем нюансам работы с оборудованием.
9. Были поставлены антенны с «дырявой» направленностью, позволяющие БПЛА пролететь в «окно», не защищённое излучением.
10. Заявленные производителем характеристики не соответствуют реальным. И оборудование не имеет протоколов испытаний, подтверждённых авторитетными экспертами с большим опытом и зарекомендовавшими себя среди военнослужащих.
11. Волонтеры не имеют средств проверки оборудования и не умеют его проверять перед поставкой на фронт и не умеют выбирать оборудование ввиду отсутствия специальных знаний, навыков и приборов.

Соответственно, волонтеру **прежде, чем заказывать или покупать оборудование РЭБ, необходимо:**

1. **Запросить радиочастотную обстановку** у того подразделения, на которое собирается приобрести и поставить оборудование РЭБ. Радиочастотная обстановка (частоты, на которых летают БПЛА противника), состоит из следующих параметров:
 - а. Набор диапазонов частот управления (например, 433, 750, 820...970, 1 000...1 050) в МГц (мегагерцах, или более высокие частоты – свыше

100 МГц – в ГГц – в гигагерцах (1 ГГц = 1 000 МГц) и, например, 5 800 МГц = 5,8 ГГц). Этот параметр можно определить только хорошим анализатором спектра с мощной направленной антенной, а лучше специальным многоканальным пишущим прибором анализа РЧО.

- b. Набор диапазонов частот передачи видеосигнала (наиболее популярные – 1,2, 2,4, 5,2, 5,8 ГГц, но сейчас можно встретить и 3,3 ГГц и 4,9 ГГц и даже ниже 1 ГГц). Здесь надо понимать, что чем частоты ниже, тем связь надёжнее, но тем хуже качество видеосигнала. И наоборот – чем выше частоты, тем связь более качественная, но более прямолинейна. Этот параметр очень хорошо сканируют многие дрон-детекторы.
- c. Виды БПЛА противника, встречающиеся на направлении (по возможности)

Диапазоны геопозиционирования запрашивать не надо – GPS и другие стандарты имеют всего несколько узких диапазонов (грубо, для запоминания):

1 500 ± 60 МГц

1 650 ± 60 МГц

1 220 ± 50 МГц: $\begin{cases} 1\,250 \pm 20 \text{ МГц} \\ 1\,200 \pm 20 \text{ МГц} \end{cases}$

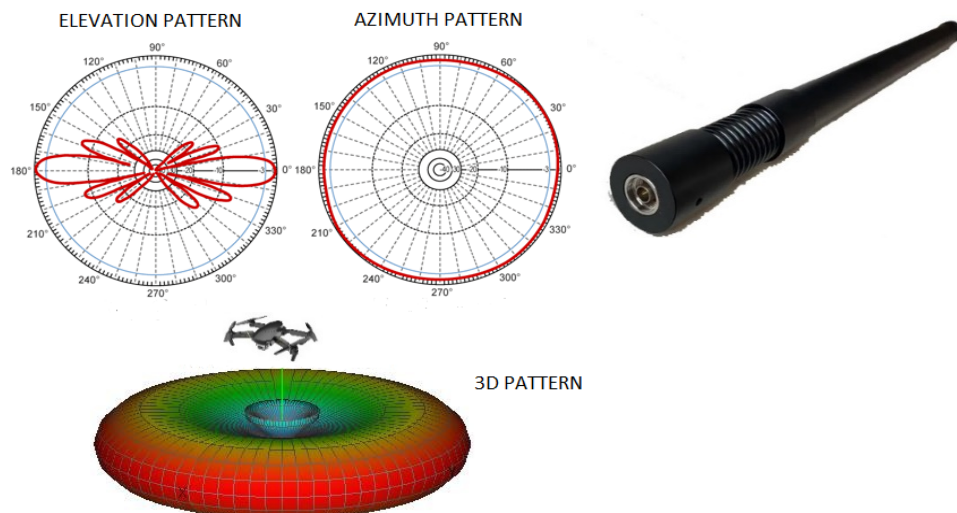
Или же совсем грубо – 1 180...1 710 МГц весь GNSS диапазон

- 2. В случае непредоставления РЧО, или предоставления только частот видео, **действовать по одному из 4-х алгоритмов:**
 - a. Дождаться предоставления РЧО
 - b. Запросить РЧО на направлении у более сведущих людей
 - c. Заказать достаточно универсальный набор – «средний» по направлениям на текущий момент
 - d. Заказать максимальный набор, имеющий высокую вероятность защиты
- 3. **Выяснить – насколько часто летают на оптоволокне, БПЛА самолётного типа, «Баба Яга»** (это не тип, а семейство тяжёлых сельскохозяйственных дронов, летающих на спутниках СтарЛинк), и посоветоваться со специалистами при наличии таковых.
- 4. **Спросить у поставщика – какая схема включения питания**, от какого напряжения запитывается, как охлаждается и как подзаряжается. Потому что все без исключения генераторы питаются от 28В постоянного напряжения, и правильные схемы питания - следующие:

- a. Автомобильный – 24В аккумулятор (отдельный от основного) с независимым(!) генератором – если подключать к 12 В – мощность будет ниже (несмотря на то, что применяется преобразователь 12 в 28В), и если на работающем двигателе – генератор будет работать более на РЭБ, чем на бортовую сеть автомобиля и может (по личному опыту) выйти из строя, а также двигатель может работать на малых оборотах, что не даст возможности быстро перемещаться, или вообще не позволит двигаться.
Также необходима схема быстрого включения и отключения всех диапазонов и их раздельное отключение.
- b. Носимый групповой – аккумулятор 28 В с возможностью включения и отключения каждого диапазона отдельно. При этом ёмкость аккумулятора должна быть высокой, и он должен иметь теплоизоляцию – в холодную погоду аккумулятор садится быстрее. При этом важно правильное размещение антенн с двух точек зрения – для эффективного подавления и таким образом, чтобы причинять минимальный вред здоровью.
- c. Носимый личный – те же самые требования, но, возможно, вынесение антенно-генераторного блока наверх, а аккумуляторного – ближе к телу. Но при этом не надо забывать о защите от возможного возгорания аккумулятора, что само по себе бывает крайне неожиданно, неприятно, травматично и демаскирующе.
- d. Стационарное питание должно иметь дублирующую схему – 220 В с блоком преобразования и резервное питание от аккумулятора. Также возможна схема питания от аккумулятора с автоматическим подзарядом при определённом падении заряда.
Ввиду особо высокой мощности стационарных комплексов они должны обязательно иметь дистанционное кабельное управление и систему защиты личного состава от вредного воздействия излучателей, мощность которых может составлять до нескольких киловатт. Это же касается и отдельных вариантов размещения на автотранспорте.

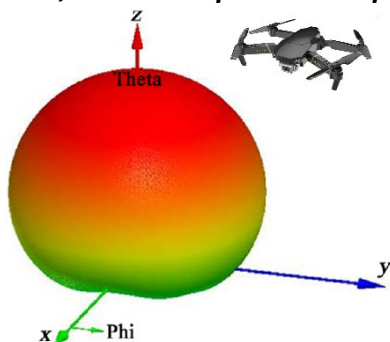
Также должна быть обязательно понятная и заметная индикация включения питания, а также включения и работы каждого диапазона. Предпочтительно включение / выключение – тумблерами (не кнопками!) с нанесёнными обозначениями положения «включено», чтобы избежать возможного включения без антенны в режиме обслуживания.

5. **Спросить у заказчика – насколько часто на направлении летают на оптоволокне или на ИИ (искусственном интеллекте)**, а также насколько часто не срабатывает оборудование РЭБ. Если часто, то следует задуматься о поставках охотничьих ружей в подразделение через Росгвардию. На самом деле ответ на этот вопрос довольно сложно получить, т.к. расследование каждого полёта и попадания дрона – отдельная работа, требующая высокой квалификации – не только в области радиоэлектроники и радиофизики, но и в тактике, теоретических знаниях и практическом опыте работы как с БПЛА, так и с РЭБ и хороших навыков в ОРД в зоне боевых действий.
6. Перед приобретением **проверить исправность оборудования с помощью специалистов**. Обратить внимание на то – имеются ли предохранители в схеме и есть ли защита генераторов от включения без антенн или от подключения неисправной антенны / поломки антенны в процессе работы. Надо понимать, что, с вероятностью 50%, в подразделении этого делать не будут.
7. **Запросить у поставщика подробную инструкцию** по пользованию оборудованием и технический паспорт изделия с указанием всех его технических характеристик. Отсутствие паспорта и инструкции часто обосновывается тем, что «Это и так понятно». Нет с точностью до наоборот – есть много нюансов установки и подключения каждого оборудования.
8. Кроме инструкции **необходимо, чтобы производитель предоставлял видео**, где бы он показывал все нюансы установки, пользования, а также желательно ремонта оборудования. При этом надо понимать, что антенны:
 - a. Трясутся в процессе передвижения транспортного средства и могут как раскручиваться в высокочастотных коннекторах, нарушая контакт и тем самым работоспособность оборудования, так и нарушать прочность соединения с корпусом.
 - b. Могут быть задеты ветками или осколками и повреждены, что делает необходимым их внешнюю защиту прочными корпусами, имеющими при этом высокую.
9. **Антенны – отдельная головная боль РЭБ**. В прямом и в переносном смысле. Сразу следует сказать, что традиционные штыревые антенны, позиционируемые как omni-directional (всенаправленные), или просто omni, имеют по горизонтали направленность 360° - то есть действительно всенаправленные в плоскости (но не в объёме!), а по вертикали – $30...60^{\circ}$. То есть $60...120^{\circ}$ сверху над антенной абсолютно не прикрыто, что выглядит примерно так:



Т.е. то, что называется «рваным тороидом», т.к. эта антенна не является чистым диполем. И, как видно из диаграммы, **защищает вокруг-вбок, но никак не вверх.**

Там, где не закрашено – дрон не подавляется и летит свободно!



«Правильная» диаграмма направленности, **полностью защищающая объект – по горизонтали 360° и сверху** – сфера $\frac{3}{4}$ или «яблоко». Сверху по центру может присутствовать небольшая воронка, исчезающая почти сразу при спуске вниз.

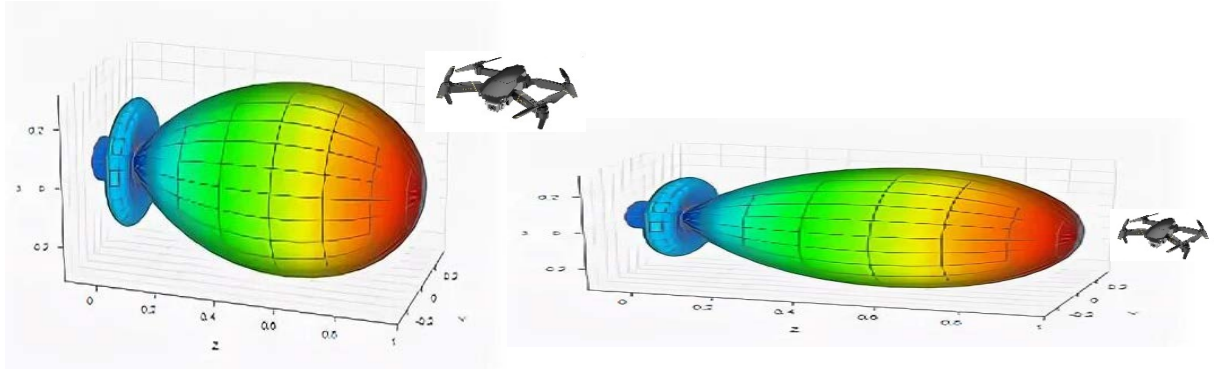


Диаграмма направленности направленной антенны. Чем уже угол направленности, тем длиннее диаграмма, т.е. тем дальше возможно подавить дрон противника. Но! В него надо ещё попасть! Это отдельный вид приборов – на этом принципе были основаны противодроновые ружья.

Отсюда должно быть видно и понятно, насколько важна конструкция и качество антенны оборудования РЭБ.

10. Ввиду того, что существует множество разного оборудования РЭБ и множество видов БПЛА, **необходимо, чтобы каждая модель РЭБ имела:**

- a. Технический паспорт с заверенными характеристиками
- b. Инструкцию по эксплуатации в текстовом и мультимедийном форматах
- c. Протоколы испытаний в авторизованных или как минимум в авторитетных лабораториях и полигонах: испытания антенн, генераторов, комплекса, проверка диаграмм, расчётные дальности и реальная проверка на нескольких моделях управления в 2-3 вариантах местности и на различных вариантах взаимного расположения оператора БПЛА с пультом, оператора РЭБ с подавителем и собственно БПЛА. При этом регистрируется подавление или отсутствие подавления видеосигнала, GPS, управляющего сигнала, зависание, потеря сигнала и его восстановления и проч. В т.ч. при наличии ППРЧ (псевдослучайная перестройка радиочастоты). При этом желательно иметь видеосъёмки испытаний.

11. **Следует адекватно взвесить свою компетентность в выборе оборудования РЭБ** и иной сложной радиоэлектронной аппаратуры и руководствоваться исключительно критериями применимости оборудования в данной местности в данное время данным личным составом. И не руководствоваться вопросом стоимости, оставляя его на последнюю очередь, т.к. нередко случается так, что волонтёры приобретают «то, на что хватает денег» и радуются этому. А бойцы получают совсем не то, что было нужно, и имеем: зря потраченное время и деньги и не оправданные ожидания бойцов. Но самый худший вариант – это когда бойцы надеются на то, что поставленное оборудование спасёт их жизни, а оно не спасает... Это из той серии, когда «благими намерениями дорога в ад выстлана».

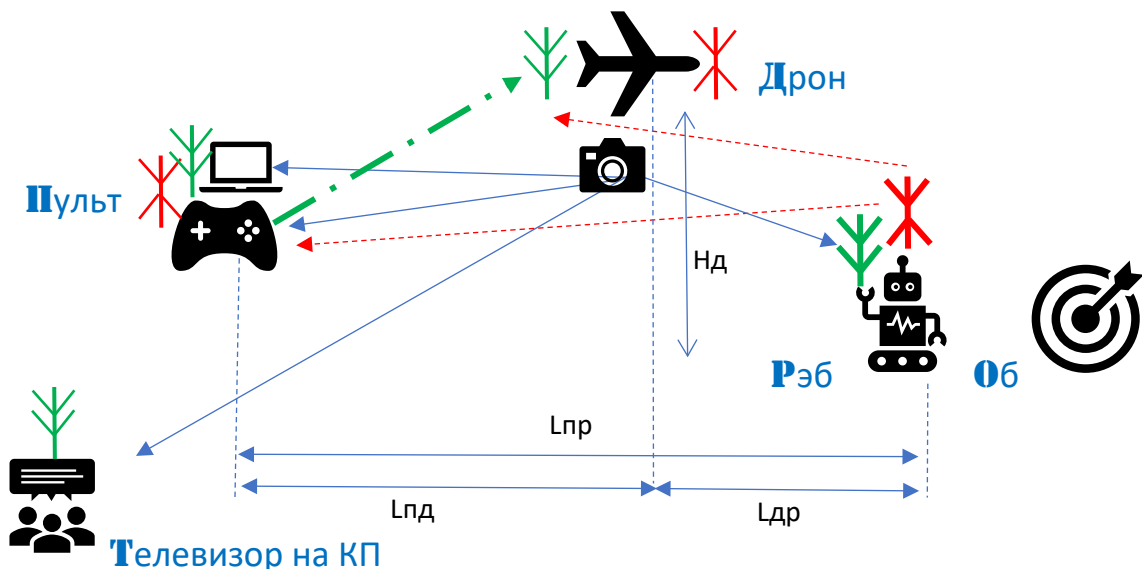
Ещё момент: здесь нет фотографий оборудования РЭБ и разбора их характеристик и оценок. Потому что приборы РЭБ надо выбирать индивидуально. И очень много похожих внешне изделий, но не являющихся аналогами порой абсолютно. Но кое-что всё же есть:



Вот такой круглый элемент должен быть у генератора рядом с местом, куда прикручивается антенна. Этот элемент предохраняет генератор от выхода из строя при проблемах с антенной, в т.ч. при её отсутствии.

Небольшой РЭБ-ликбез: теория, термины и понятия простым языком

Теория подавления дрона



П – пульт + оператор БПЛА (дрона Д)

Т – ТВ-монитор командного пункта

Д – дрон, летящий на высоте H_d от 10 до 6 000 м со скоростью V_d от 50 до 150 км/ч или примерно от 15 до 40 м/с

Р – комплекс РЭБ

О – защищаемый объект (блиндаж, машина, ...) и он же - цель БПЛА

$L_{пр}$ – расстояние от оператора с пультом до системы РЭБ

$L_{пд}$ – расстояние от оператора с пультом до дрона
при вылете равно нулю, затем оно увеличивается

$L_{др}$ – расстояние от дрона до системы РЭБ
при вылете равно $L_{пр}$, затем сокращается до $L_{зр}$ – расстояния подавления, где дрон теряет сигнал и летит по инерции, падая на $L_{хр}$, которое должно быть не менее 10м от защищаемого объекта О и зависит от H_d – высоты полёта дрона в момент его подавления

🌿 - приём ✂ - передача

Проще говоря, дрон вылетел из т. П, где расположен оператор с пультом. Дрон подаёт на антенну пульта видео с камеры – что он видит и данные телеметрии – состояние батареи, высоту, состояние моторов, уровень принимаемого сигнала с пульта и прочее. Чем выше и дальше летит дрон, чем больше помех в виде облаков, зданий, деревьев, линий электропередачи, а также сигналов помех РЭБ, тем сигнал принимается хуже. Это видно на очках или мониторе пульта и на экране командного пункта Т.

И также слабее становится сигнал управления, передаваемый с пульта, который говорит дрону с какой скоростью вращать какой моторчик, чтобы двигаться в нужном направлении. Но слабее – не всегда значит хуже. Хуже он становится тогда, когда часть его растворяется в помехах (в т.ч. РЭБ) и тогда он или падает по инерции, или зависает на месте, или летит обратно, или пробует уйти вверх, чтобы поймать сигнал управления. Всё зависит от того, как задано в его программе.

Не стоит забывать, что беспилотники летают в условиях помех высокого уровня. А значит, они имеют некие системы противодействия помехам. В частности – это протокол передачи данных – «язык», на котором разговаривает пульт с дроном. И один из протоколов позволяет уверенно летать, когда уровень помех в 100 и более раз превышает уровень сигнала пульта. Если бы этого не было – дрон во многих случаях падал бы едва успев подняться, т.к. мощность РЭБ в десятки, а иногда и в сотни раз превышает мощность передатчика пульта.

Теперь немного о математике, которая пригодится уже на следующей странице:
 π – это число 3,1415... - постоянная, равная отношению длины любой окружности к её диаметру.

Логарифм десятичный Lg – это степень, в которую надо возвести 10, чтобы получить число под логарифмом.

Например:

$$Lg(100) = 2 \text{ (т.е. } 10^2 = 100)$$

$$Lg(10) = 1 \text{ (т.е. } 10^1 = 10)$$

$$Lg(1) = 0 \text{ (т.е. } 10^0 = 1)$$

$$Lg(0,1) = -1 \text{ (т.е. } 10^{-1} = 0,1)$$

$$Lg(0,5) \approx -0,3 \text{ (т.е. } 10^{-0,3} \approx 0,5)$$

$$Lg(5) = 0,7 \text{ (т.е. } 10^{0,7} \approx 5)$$

$$Lg(50) \approx 1,7 \text{ (т.е. } 10^{1,7} \approx 50)$$

$$Lg(20) \approx 1,3 \text{ (т.е. } 10^{1,3} \approx 20)$$

В децибелах (от «деци» – 1/10 и «Бел») измеряют усиление (со знаком «+») или ослабление (со знаком «-»), а в целом – отношение величин, связанное также с логарифмом:

$$K, \text{ дБ} = 10 * Lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

Так можно сказать про отношение мощностей $\frac{P_1}{P_2}$, что:

$\frac{P_1}{P_2}$	к, дБ	$\frac{P_1}{P_2}$	к, дБ	Справочно:	приставка	значение	приставка	значение
1	0	30	13		пико- (п)	$10^{-12} = 1/10^{12}$	тера- (Т)	10^{12}
2	3	70	15		нано- (н)	$10^{-9} = 1/10^9$	гига- (Г)	10^9
3	5	100	20		микро- (мк)	$10^{-6} = 1/10^6$	мега- (М)	10^6
4	6	0,5	-3		милли- (м)	$10^{-3} = 1/10^3$	кило- (К)	$10^3 = 1\,000$
5	7	0,1	-10		санти- (с)	$10^{-2} = 1/10^2$	гекто- (Гк)	$10^2 = 100$
10	10	0,01	-20		деци- (д)	$10^{-1} = 1/10$	дека- (Д)	$10^1 = 10$

И для тех, кто хорошо учил математику в школе (берём «правильную», не упрощённую формулу зависимости мощности от расстояния):

Потеря L_{bf} , дБ, между двумя антеннами на частоте f , МГц (или длина волны λ , м) на расстоянии $d=L_{pd}$, м, составит:

$$L_{bf} = 20 \cdot \lg\left(\frac{4\pi \cdot d}{\lambda}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{4\pi \cdot d}{300/f}\right)$$

Посчитаем сколько эта потеря будет на частоте 433 МГц на расстоянии 3 км:

$L_{bf} = 95$ дБ или сигнал ослабится в $3,2 \cdot 10^9$ раз

Т.е. при средней мощности пульта 100 мВт (0,1 Вт) и коэффициенте усиления антенны 14 dBi (т.е. в 25 раз), имеем:

На антенне – $0,1 \text{ Вт} \cdot 25 = 2,5 \text{ Вт}$.

С учётом потерь – $2,5 / (3,2 \cdot 10^9) = 0,8 \text{ нВт}$:



Пульт 2,5 Вт ————— 3 км —————> 0,8 нВт (на дроне)



Для того, чтобы можно было подавить этот сигнал, нужна более чем в 100 раз большая мощность (как минимум!) – т.е. 80 нВт, или 0,08 мкВт

Допустим, что дрон долетел до 500 м до РЭБ-поста.

Это значить, что $L_{bf} = 0,1 \cdot 10^9$

Соответственно уровень помехи на антенне РЭБ должен быть 0,08 мкВт *

$L_{bf} = 0,8 \cdot 10^{-9} \times 100 \times 0,1 \cdot 10^9 = 80 \text{ Вт}$



Помеха на дроне 80 нВт <----- 500 м ----- 80 Вт (на антенне РЭБ)



При коэффициенте усиления 2 дБ, что вполне удовлетворительно для грамотно сделанной и установленной(!) клеверной антенны, это стандартный генератор помех мощностью 50 Вт.

НО! Если же противник применяет усилители и более мощные пульты (например, не 0,1 Вт, а 0,7 Вт) и антенны с БОЛЬШИМ усилением, то, конечно, расстояние, которое сможет подавить 50-ваттный генератор помех с той же хорошей антенной, значительно сократится и составит едва 50...70 м.

Применение же штыревых антенн может расширить защищаемый радиус, однако, при этом, открывая полностью верх над объектом. Что позволит дрону противника пройти примерно на высоте 300 м над РЭБ, спуститься до высоты прицельного сброса и выполнить свою боевую задачу – как сделав сброс заряда, так и осуществив пикирование. Что не будет возможным при применении нормальных антенн с полусферической диаграммой направленности.

Немного о широте полос генераторов и антенн.

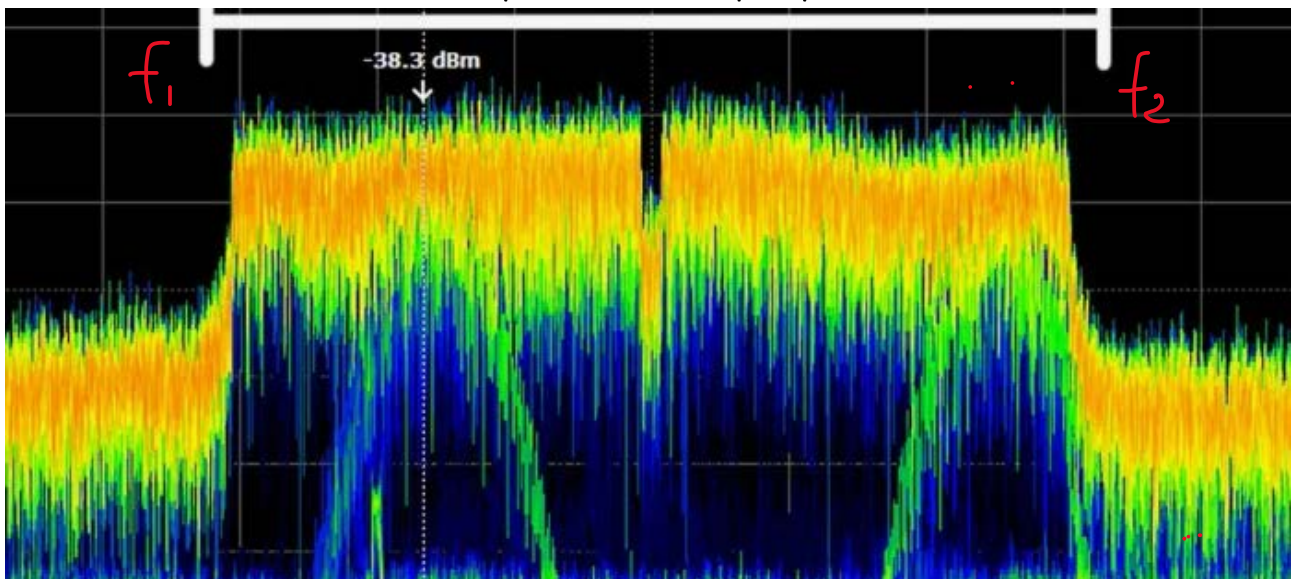


График работы генератора помех в диапазоне $f_1...f_2$

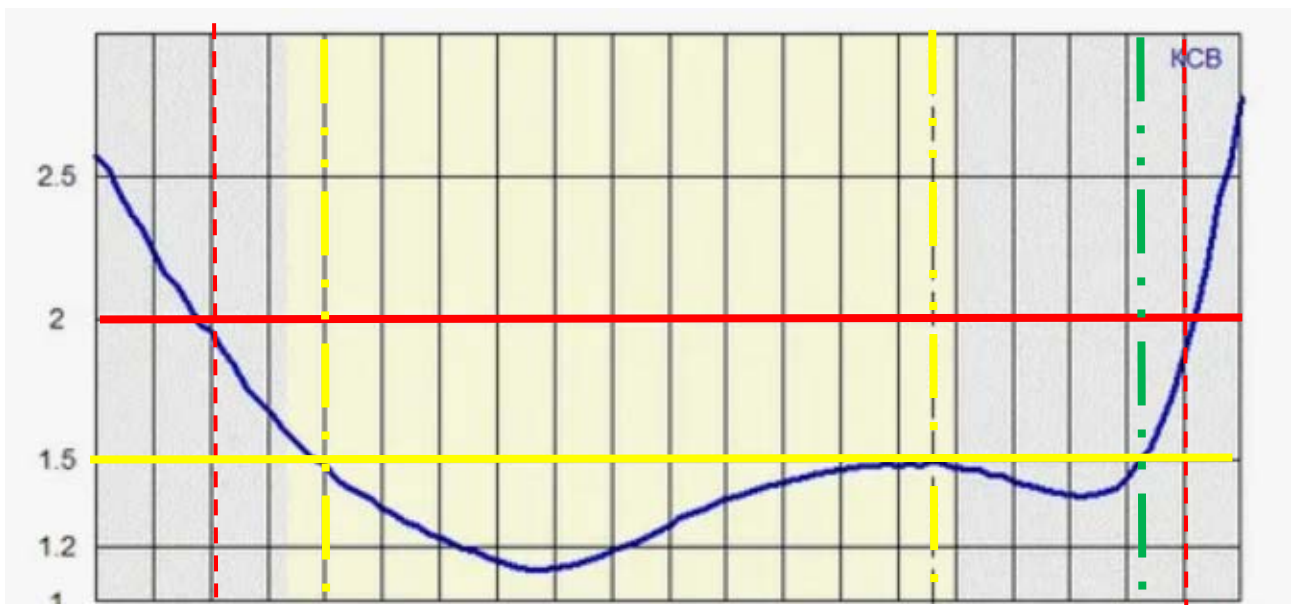


График КСВ антенны с условными границами диапазона использования антенны (по вертикали – КСВ, по горизонтали – частота): красный – более широкий диапазон, принятый по КСВ=2 и жёлтый – более узкий (и качественный!) диапазон, принятый по меньшему КСВ – 1,5. При этом зелёная линия не является верхним диапазоном по КСВ=1,5 т.к. правая жёлтая линия уже пересекла горизонталь КСВ=1,5. Т.е. внутри рабочего диапазона не должно быть пересечений графиком линии допустимого КСВ.

Иначе говоря, для того, чтобы генератор не вышел из строя, его рабочий диапазон НЕ должен превышать рабочий диапазон антенны, который должен считаться в идеале по КСВ (коэффициент стоячей волны) не выше 1,5, и

максимум – до 2. При этом надо понимать, что КСВ в лабораторных условиях отличается от реальных условий, особенно при закреплении на корпус автомобиля и при касании рукой, телом или иными значимыми для антенны предметами. Частотный диапазон антенн должен наноситься на корпус антенны производителем. То же самое и относительно генератора помех.

Далее рассмотрим такой параметр, как спектральная плотность мощности – какая мощность приходится на 1 МГц:

$$W_f = \frac{P}{\Delta f}$$

где W_f – плотность мощности,

P - Мощность генератора

Δf – диапазон частот генератора (регулируется в определённых пределах)



$\Delta f_1 = f_2 - f_1$ $\Delta f_2 = f_4 - f_3$ очевидно, что $\Delta f_1 < \Delta f_2$ и, следовательно, $W_1 > W_2$

Возьмём для примера 2 диапазона – 700...1100 МГц и 850...950 МГц при одинаковой мощности 50 Вт:

$$W_{f1} = 50 / (1100-700) = 0,125 \text{ Вт/МГц}$$

$$W_{f2} = 50 / (950-850) = 0,5 \text{ Вт/МГц} - \text{почти в 4 раза выше!}$$

Если же мы точно знаем, что, например, противник летит на 868 МГц, то можно поставить прицельную заградительную помеху шириной в 10 МГц вторым генератором. Т.е. в 10 раз уже, а значит – в 10 раз плотнее.

$$\text{Тогда } W_{f3} = 50 / (10) = 5 \text{ Вт/МГц}$$

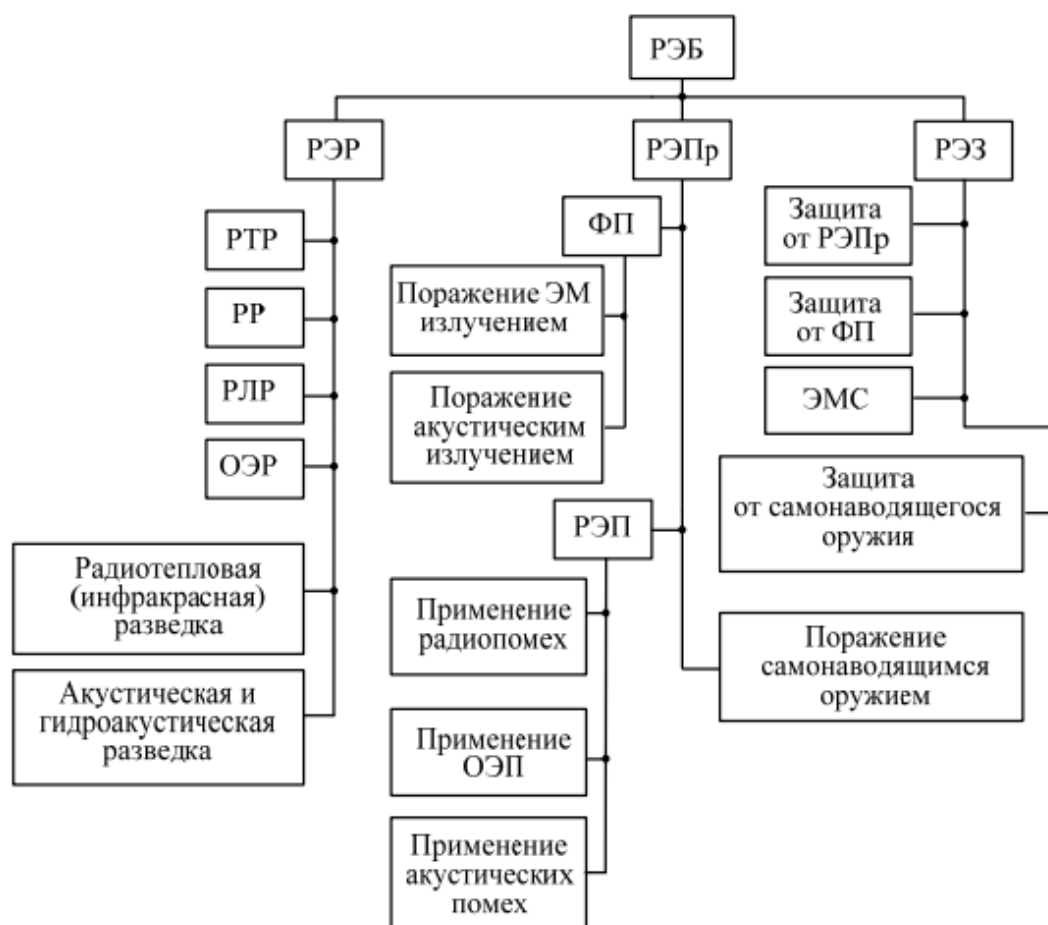
И здесь не надо забывать про коэффициент усиления (КУ) антенны, который может усиливать сигнал от 1 до 100 раз в зависимости от типа антенны. И при максимальном усилении при применении даже генератора с низкой мощностью (например, 5 Вт) мы имеем спектральную плотность на антенне 50 Вт/МГц, а при 50 Ваттах – все **500 Ватт на 1 МГц!**

От чего же зависит КУ?

1. От типа антенны
2. От используемых материалов
3. От настройки
4. От метода концентрации излучения
5. От правильности конструкции, расчёта и сборки
6. От потерь на соединительных элементах
7. От потерь (поглощении) защитного кожуха

КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК РЭБ И СВЯЗИ

Структура системы РЭБ



РЭР – радиоэлектронная разведка

РЭПр – радиоэлектронное поражение

РЭП – радиоэлектронное подавление

РЭЗ – радиоэлектронная защита

РТР – радиотехническая разведка

РР – радиоразведка

РЛР – радиолокационная разведка

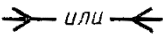
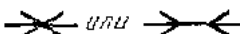
ОЭР – оптико-электронная разведка

ФП – функциональное поражение

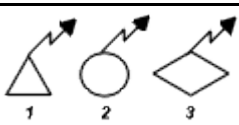
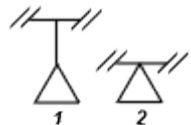
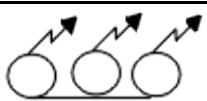
ЭМС – электромагнитная совместимость

Из этой диаграммы хорошо видно, что то, что часто называют РЭБ, является его очень малой составной частью.

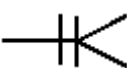
ВЫДЕРЖКА ИЗ ТАБЛИЦЫ ЕСКД – ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Наименование	Обозначение
1. Распространение тока, сигнала, информации и потока энергии:	
а) в одном направлении	
б) в обоих направлениях неодновременно	
в) в обоих направлениях одновременно	
1.1. Направление тока, сигнала, информации и потока энергии:	
а) передача	
б) прием	
1.2. Распространение энергии в направлениях:	
а) от токоведущей шины	
б) к токоведущей шине	
в) в обоих направлениях	
2. Поток жидкости:	
а) в одном направлении (например, вправо)	
б) в обоих направлениях	
3. Поток газа (воздуха):	
а) в одном направлении (например, вправо)	
б) в обоих направлениях	
П р и м е ч а н и я к пп. 2 и 3:	
1. Если необходимо уточнить рабочую среду в трубопроводах, то следует применять обозначения по ГОСТ 3464-63.	
2. При выполнении схем автоматизированным способом допускается вместо зачернения применять наклонную штриховку, например, поток жидкости	

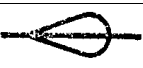
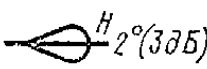
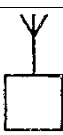
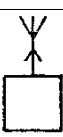
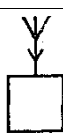
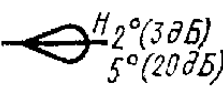
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В БОЕВЫХ ДОКУМЕНТАХ

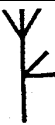
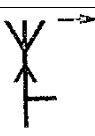
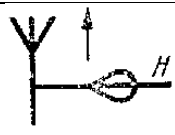
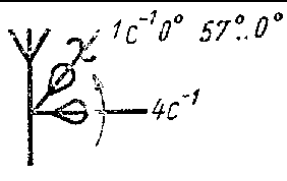
Пункты управления и средства связи	
	Узлы связи: 1 – полевой подвижный, 2 – стационарный.
	Радиоприемник. Цифра – тип радиоприемника.
	Радиостанции: 1 – подвижная, 2 – переносная, 3 – в танке (БМП, БТР, автомобиле – с соответствующими знаками).
	Подвижная радиорелейная станция с направленной антенной.
	Радиолокационные станции разведки: 1 – воздушных целей, 2 – наземных целей.
	Радиосеть переносных радиостанций (других радиостанций – с соответствующими знаками).
	Радионаправление подвижных радиостанций (других радиостанций – с соответствующими знаками).

НО! Не путать антенны и:

	Гранатомет (общее обозначение)
	Гранатомет противотанковый, ручной
	Гранатомет противотанковый, станковый
	Гранатомет автоматический

ГОСТ 2.735-68 ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ.
АНТЕННЫ И РАДИОСТАНЦИИ

Наименование	Обозначение
а) несимметричная	
б) симметричная	
2. Допускается рядом с обозначением антенны помещать изображение главного лепестка диаграммы направленности:	
главный лепесток диаграммы направленности в горизонтальной плоскости	
главный лепесток диаграммы направленности в вертикальной плоскости	
При необходимости рядом с обозначением главного лепестка диаграммы направленности указывают данные о ширине на определенном уровне измерения, например:	
ширина главного лепестка измерена на одном уровне	
ширина главного лепестка измерена на двух уровнях	
1а. Радиостанция	
1б. Передающая радиостанция	
1в. Приемная радиостанция	
2. Примеры построения общих обозначений антенн с пояснительными данными:	
а) антенна передающая с вертикальной поляризацией	

Наименование	Обозначение
б) антенна приемо-передающая с горизонтальной линейной поляризацией.	
Примечание. При вертикальной поляризации стрелка должна быть параллельна средней линии обозначения антенны, а при горизонтальной поляризации - перпендикулярна ей	
в) антенна приемная с круговой поляризацией	
г) антенна с постоянной направленностью по азимуту и высоте	
д) антенна передающая с постоянной направленностью по азимуту и горизонтальной линейной поляризацией	
е) антенна с переменной направленностью:	
по высоте	
по азимуту	
ж) антенна радиогониометрическая (радиомаяк)	
з) антенна вращающаяся	
и) антенна с постоянной направленностью по азимуту и вертикальной поляризацией; главный лепесток диаграммы направленности расположен горизонтально	
к) антенна приемо-передающая с вращением в горизонтальной и качанием в вертикальной плоскостях (с вращением по азимуту и качанием по высоте), например, со скоростью вращения 4 S^{-1} и качанием на угол от 0 до 57° за секунду	

Запрос потребности в РЭБ:

Потребность в средствах радиоразведки

Тип прибора	Марка, модель		Колич	Финансирование		
				Своё	Спонсор	Нет
Дрон-детектор	Булат					
	Юрка					
	Колибри					
	Asel					
Анализатор						
	Arinst (2 / 3)					
	SA6					
	TinySA (Ultra/mini)					
Антенны						
	KM6 400-6000					
	KM6 600-6000					
	KC5 600/4200					
	KPM15 790-2700					
	HT6 600-10000					
	HT8 100-12000					
	UWB-730 7.3-6.5					
Комплекты						
	Мастерок					
	Херувим					
	Телескоп					
	Джуна					
	Дельфин					
Мониторы	SkyZone M5 FPV					
	Hawkeye LP 4 fpv					

Потребность в средствах радиочастотного подавления

Название	Мощность 1 канала, Вт	Питание, В	Носимый / авто / стационар	Частоты	Тип антенн
Гарпия					
Пероед					
Капюшон					
Гроза					
Херувим					
Солнышко					

Радиочастотная обстановка

(радиочастоты и диапазоны), наличие на оптоволокне, самолётного типа

Источник полученной информации:

начРЭБ

личные замеры (чем?)

сказали однополчане

ПРОЧЕЕ: _____

Подразделение и контакты: ответственного лица, гаранта, спонсора

Пример технического паспорта РЭБ

Наименование: Модульный комплекс радиоэлектронной борьбы «Солнышко»

Модель: 1РП07КХ

Квартал выпуска: I.2025

**Тактико-технические характеристики комплекса радиоэлектронной борьбы 1РП07К(Х)...Р(Х)
«Солнышко»**

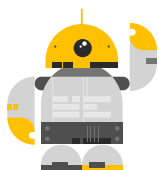


Рис. 1.

Назначение:

- постановка радиочастотных помех ближнего диапазона (до 1,5 км) до 050 эшелона (1,5 км)
- обеспечение пассивного (не излучающего) снятия, хранения и анализа оперативной информации по радиочастотным диапазонам («Р»)
- обеспечение дополнительного наблюдения ближнего радиуса средствами оптического (в т.ч. с применением тепловизионных и ИК-камер) и акустического обнаружения БПЛА, а также средств радиолокации («РВ»)

В части постановки помех обеспечивается в зависимости от требований заказчика:

1. Возможность оперативного конструирования из готовых модулей подавления комплекса с необходимыми параметрами:
 - подавляемые диапазоны шириной 20...100 МГц от 200 до 6 000 МГц
 - мощность подавления на антенне – 50...100 Вт
 - поляризация подавляющего сигнала – вертикальная, горизонтальная, круговая (смешанная)
 - возможность дальнего направленного излучения (в т.ч. поворотного типа)
 - наличие защиты от рассогласования
 - диаграмма направленности: по азимуту – 360°, по углу местности – до 87°
 - возможность наклона антенн в вертикальной плоскости – до 15°
 - регулировка диапазонов с пульта управления (только сжатие)
2. Автомобильное (12 и 24 В) исполнение
3. Дополнения диагностики комплекса:
 - анализатор состояния модулей
 - анализатор качества питания комплекса
 - анализатор диаграммы направленности
 - индикатор поля

Выбор параметров оптимального варианта комплекса подавления сигнала модели «К»:

Частотные диапазоны:

VHF_{Hi} – 150...300 МГц

UHF_{low} – 300...1 000 МГц в т.ч. 433, 700...1 000

L – 1...2 ГГц в т.ч. все GNSS – L1...L5, Beidou – 1 176.45 МГц (L5), 1 227.60 МГц (L2), 1 381.05 МГц (L3), и 1 575.42 МГц (L1), B1 – 1 575.42 МГц. B2 – 1 191.79 МГц. B3 – 1 268.52 МГц.

S – 2...4 ГГц в т.ч. 2.4 ГГц Wi-Fi и Beidou – 2 491.75 МГц., 3.3 ГГц

C_{low} – 4...6 ГГц в т.ч. 4.9, 5.2, 5.8 ГГц

Таким образом может происходить избирательное подавление средств радиосвязи на VHF (136-074 МГц) и UHF (378-512) диапазонах включая LPD и PMR, спутниковую связь всех стандартов поддиапазона L, Wi-Fi сигналы и сигналы управления и видеопотока 2.4 и 5.8 ГГц, сигналы управления БПЛА TBS CrossFire диапазона 900 (868 и 915 МГц), FRSky 2 400 – 2 483.5 МГц, сигналы управления ELRS 433, 730...1050, 2 400, 4 000 МГц.

Уверенное подавление сигналов навигации – в радиусе 250м, Wi-Fi – 200 м, видеосигнал – 120 м, сигналов управления в линейно-частотной модуляции – 100...150 м

При использовании модулей двойной поляризации радиус подавления увеличивается в отдельных зонах до 500 м. при этом диаграмма направленности каждой поляризации различна как по форме, так и по размеру. Что увеличивает вероятностный характер подавления. Также двойная поляризация увеличивает необходимую мощность питания.

Применение направленных антенн позволяет значительно (до 1,5 км) увеличить радиус подавления. При этом угол луча подавления значительно сужается – до 10...30% и остаётся вопрос одной поляризации, которую можно оперативно поменять с пульта с вертикальной на горизонтальную и наоборот.

Дополнение направленной антенны вращающимся основанием позволяет решить вопрос диаграммы по азимуту до 360°, но оставляет вопрос узкого луча, дающего на 100 м пятно подавления 15...30 м, на 200 м – 35...70 м, 500 – 900...180, что говорит о желательном использовании такого модуля в качестве дополнения дальней защиты наиболее вероятного диапазона к основной схеме подавления в выбранных диапазонах. Данные модули, также быстро заменяемые на неподвижной поворотной платформе.

Потребляемая мощность 1 кВт

Время включения и выхода на рабочий режим – не более 5 секунд.

Расчёт, необходимый для работы комплекса – 1 боец

Производитель – Фабрика специзделий для СВО

Контакт - +7(987) 254-94-49

Гарантия: 6 мес.

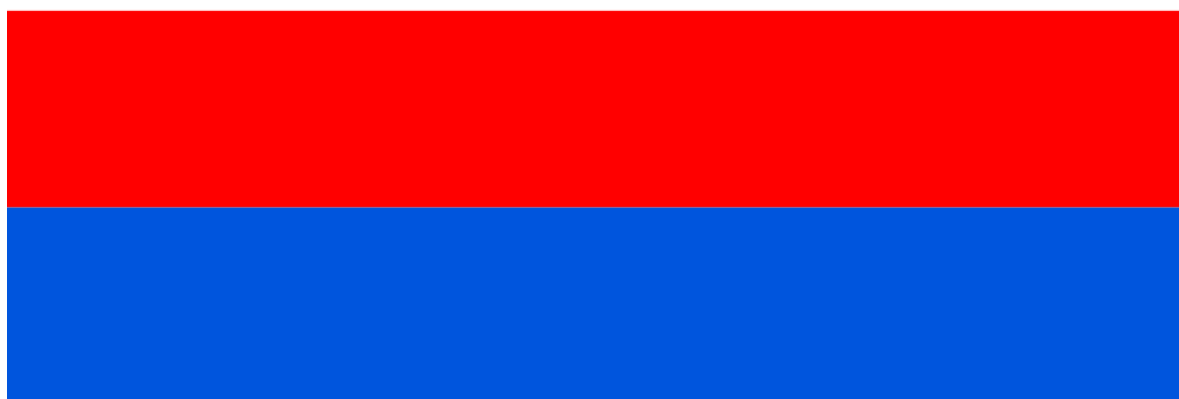
В комплекте:

- комплекс
- установочный набор
- ремонтный набор
- инструкция на русском языке с приложениями
- диск с программным обеспечением
- транспортная упаковка

Р.С.: РЭБ состоит из нескольких составляющих, главные из которых для целей борьбы с малыми БПЛА противника – РЭР и РЭП – радиоэлектронные разведка и подавление сигналов противника. И стоит сказать, что без РЭР существование РЭП невозможно – РЧО можно указать только при помощи хорошо отлаженной системы РЭР. Именно системы, а не просто наличия какого-то прибора и умения произносить умные слова «гигагерцы, поляризация, направленность, азимут...». И наш подход к любому вопросу – именно системность.

Нередко нам приходилось сталкиваться с некомпетентностью, жадностью, глупостью, желанием показать свою работу, не сделав её качественно, с политическими и экономическими ходами, приводящими к потерям, с алчностью и мошенничеством. Но мы твёрдо верим в торжество справедливости и знаем, что победим!

El pueblo unido jamás será vencido! - Единый народ никогда не будет побеждён!



ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ, РЕМОНТ, ОБУЧЕНИЕ РЭБ