ЗАЩИТА КАНАЛОВ СВЯЗИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЭБ

Для подразделений связи и БПЛА

ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Что такое РЭБ (EW)
- EME и EW
- ESM, ECM и ECCM
- Взаимодействие подразделений РЭБ (EW) в современном театре боевых действий
- Разновидности средств РЭБ
- Основные принципы РЭБ
- Комплексы РЭБ Украины и НАТО
- Комплексы РЭБ ВС РФ
- Виды препятствий
- Сравнение методов формирования сигнала помехи
- Меры противодействия РЭБ
  - ПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ
  - КООРДИНАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ
  - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОСТИ
  - ПРЕИМУЩЕСТВО В ВОЗДУХЕ
  - ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТ И РЕЗЕРВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ
  - ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ
  - ЦИФРОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ / ПАКЕТЫ ДАННЫХ
  - ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ
  - RSSI и LQI
  - SNR и Squelch
  - ППРЧ
  - ОПТИМИЗАЦИЯ СТАНДАРТА DMR
  - ЭКРАНИРОВАНИЕ И КЛЕТКА ФАРАДЕЯ
  - РАСЧЁТ МОЩНОСТИ
  - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК
  - ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА STARLINK
  - GPS, GNSS и CRPA
  - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНЫХ СРЕДСТВ РЕР
- Полезные ссылки

Что такое РЭБ (EW)

- **РЭБ - радиоэлектронная борьба** это часть согласованных по целям, задачам, месту и времени действий по получению информации о местонахождении радиоэлектронных средств, систем управления войсками и оружием противника и их уничтожение или вывод из строя всеми имеющимися средствами поражения, а также защита собственных **радиоэлектронных средств - РЭС** и систем управления от действий противника **(контр-радиоэлектронное противодействие).**
- **Цель РЭБ** - дезорганизовать управление войсками противника, снизить эффективность его разведки, использовать ВВТ и обеспечить устойчивость работы собственных систем

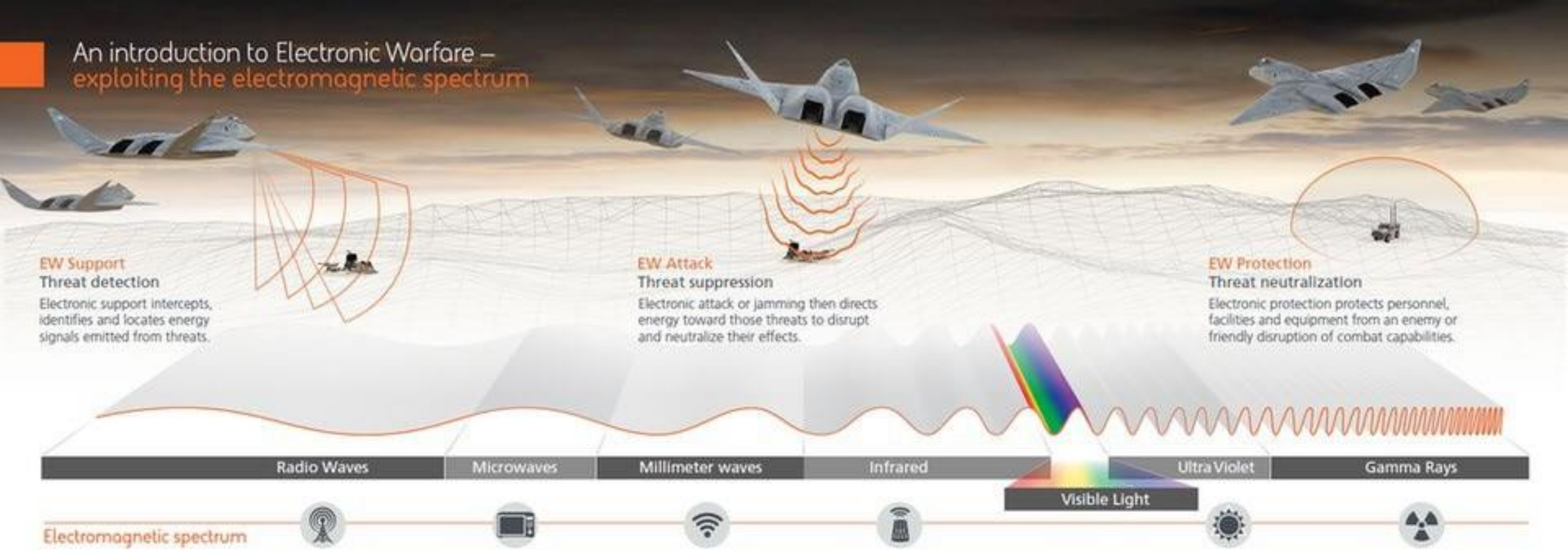


EME и EW


Electromagnetic-Spectrum
Electronic Warfare
Spectrum-Management
Jamming
MEWGA
CESMO
EMO
NAVWAR
SIGINT
SEAD
Communications
Electromagnetic-Operations
Electronic-Support
Electromagnetic
Electronic-Attack
Electronic-Defence
Operational
Satellite
Antenna
X-Band
Radiated
EO/IR
EMS
NEWWG
VHF
EHF
EbNo
Propagation
Signals
Telecomm
Watts
Attack
PNT
Gamma
Protect
Radio
mmW
Deny
HPMW
Intelligence
Battlespace
Integrated
Power
Band
Gain
Loss
Awareness
Hertz
MilimeterWave
ResilienceSAR
MILSATCOM
Decision
Array
AESA
ECM
Deceive
Fragility
Multi-Links
LPI
Proximity-Sensor
Speed-of-Light
Congestion
Contested
MILDEC
AEA
EMP
dBW
Waveform
Transponder
OTHR
Space
UHF
Ku-band
Spectrum
Bi-static
C4I
Electro-Optical
BFT
Manoeuvre
Decibels
Sense
EMI
TDL
IFF
ESM
Domain
Laser
EIRP
RADAR
GPS
Weather
Surveillance
WiFi
ISR
Isotropic
C-band
Transmitting
Response
Frequency
JEWCS
Advantage
Interference
Infrared
Line-of-Bearing
Fourier-series
GHz
Modulation
HEMP
FFT


Manfrotto

An introduction to Electronic Warfare – exploiting the electromagnetic spectrum



EW Support
Threat detection

Electronic support intercepts, identifies and locates energy signals emitted from threats.

EW Attack
Threat suppression

Electronic attack or jamming then directs energy toward those threats to disrupt and neutralize their effects.

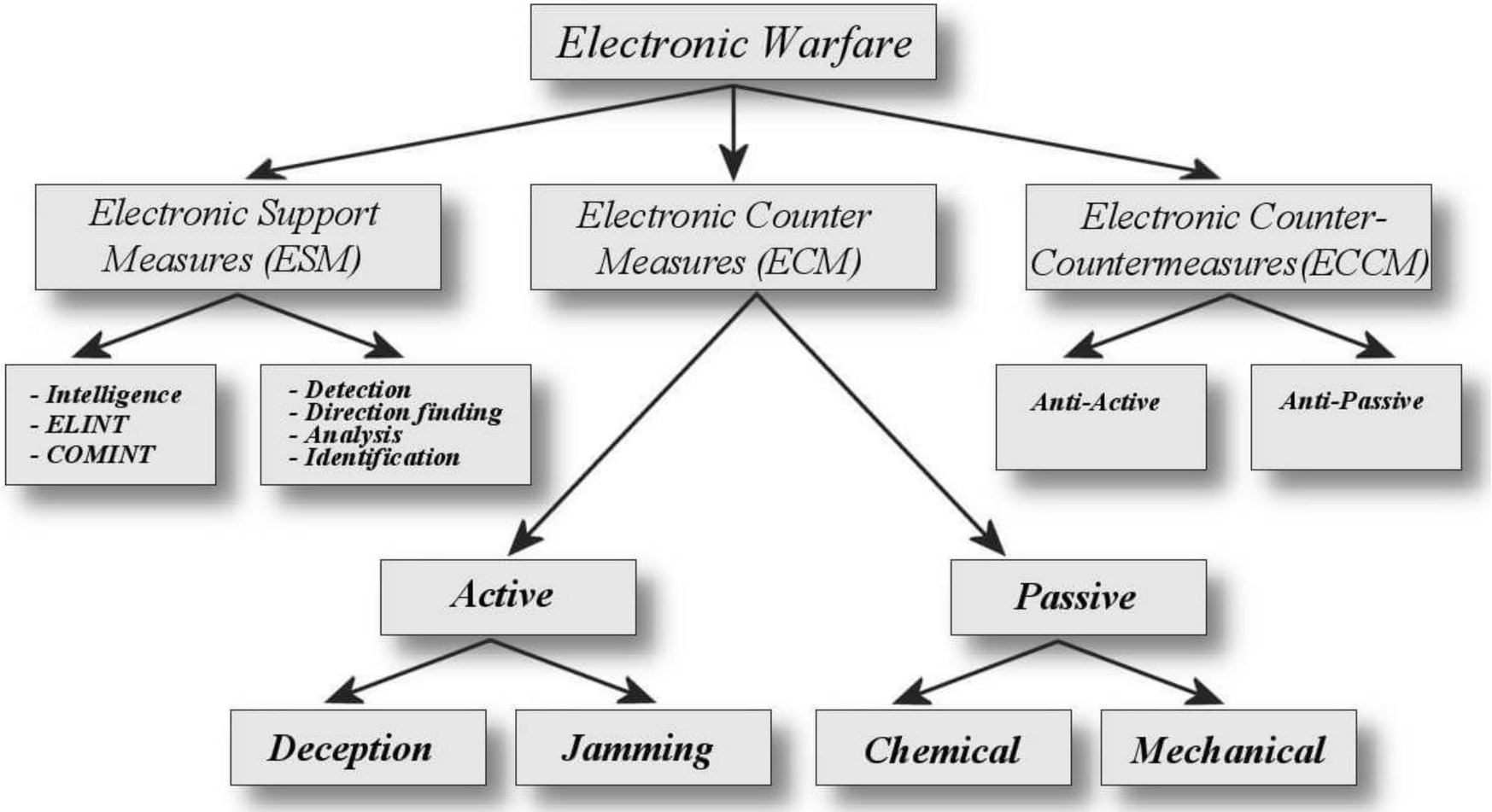
EW Protection
Threat neutralization

Electronic protection protects personnel, facilities and equipment from an enemy or friendly disruption of combat capabilities.

EME и EW

- Военные действия ведутся в информационной среде, все более усложненной электромагнитным спектром. Часть электромагнитного спектра информационной среды называется **электромагнитной средой (EME).** Потребность вооруженных сил иметь беспрепятственный доступ к электромагнитной среде и использовать ее создает уязвимости и одновременно дает возможность для электронной войны в поддержку военных операций.
- **EW - electromagnetic warfare** или **electronic warfare -** боевые действия, предусматривающие использование электромагнитного спектра (EM спектр) или направленной энергии для контроля спектра, нападения на врага или препятствования вражеским операциям. **Цель электромагнитной войны состоит** в том, чтобы лишить противника преимущества и обеспечить дружественным подразделениям беспрепятственный доступ к ЭМ-спектру. Электромагнитная война может применяться с воздуха, моря, земли или космоса системами с экипажем и без экипажа, а также может быть направлена на связь, радары или другие военные и гражданские средства.

ESM, ECM и ECCM



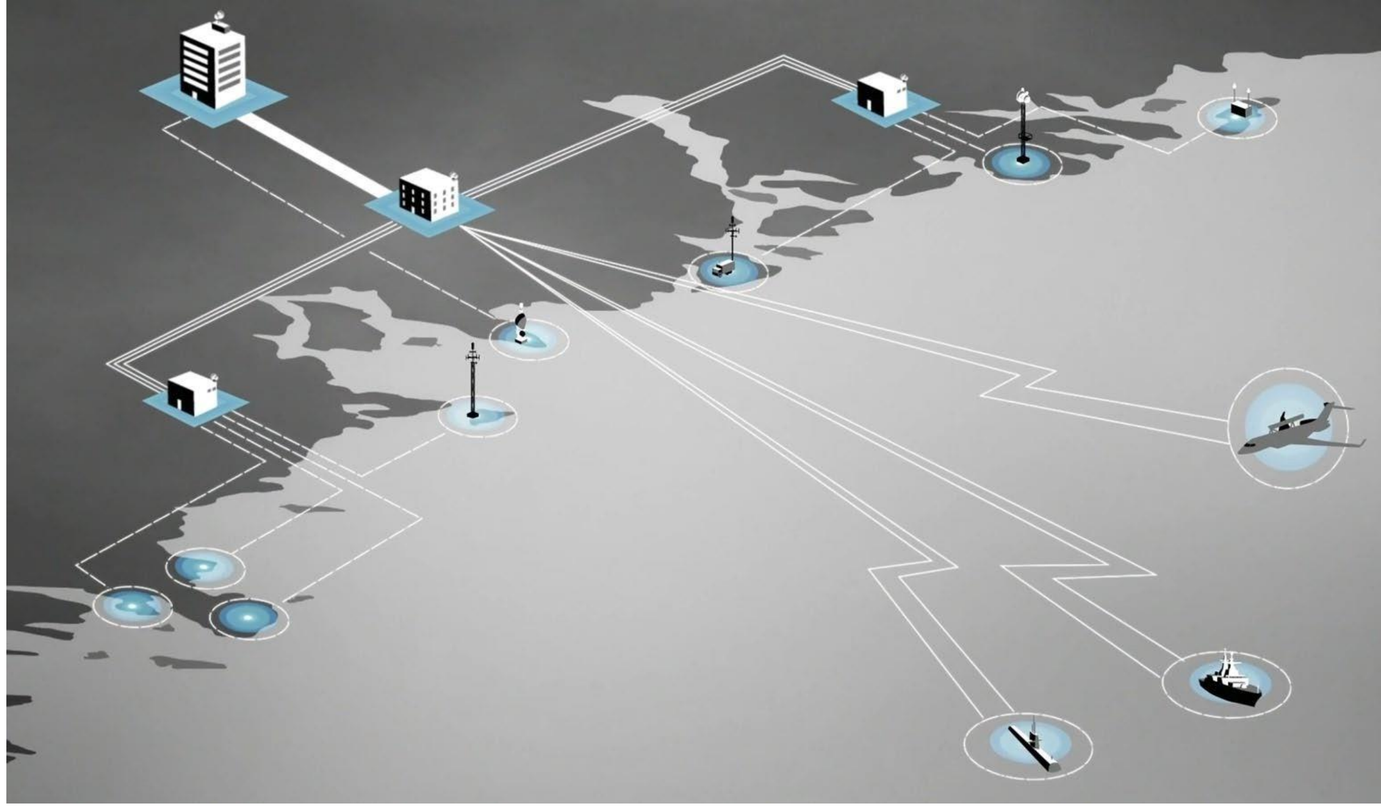
ESM, ECM и ECCM

- **ESM - electronic support measures,** включает в себя средства обнаружения, пеленгации, анализа и идентификации радиосигналов и включает в себя:
  - **SIGINT - signal intelligence** сигнальная разведка, которая в свою очередь включает подкатегории **COMINT - communications intelligence** и **ELINT - electronic intelligence** обеспечивает выявление, идентификацию и пеленгацию источников радиосигналов и внесение их в **базу данных SIGINT** для использования на тактическом уровне для создания априорных данных для электронного порядка поля боя (**electronic order of battle - EOB**).
    - **ELINT** - обнаружение излучения вражеских радаров, комплексов РЭБ, РЛС, систем вооружения, БПЛА и определение направления на радиолокационный передатчик. Результаты используются для построения ЕОВ радаров.
    - **COMINT** - перехват информации из систем связи, определение направления на излучатель, что позволяет контролировать и записывать полученную информацию. Результаты используются для построения ЕОВ сетей связи.
- **ECM - electronic countermeasures** - средства противодействия которые включают включает активное противодействие такое как маскировка или подавление радиосигналов и пассивные, такие как химические или механические средства электромагнитного противодействия
  - **COMJAM - Подавление радиоканалов коуникации** которые используются как для управления техникой и вооружением так и для управления войском и взаимодействия между его звеньями
- **ECCM - electronic countermeasures** - активное и пассивное противодействие средствам ECM (защита от РЭБ)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

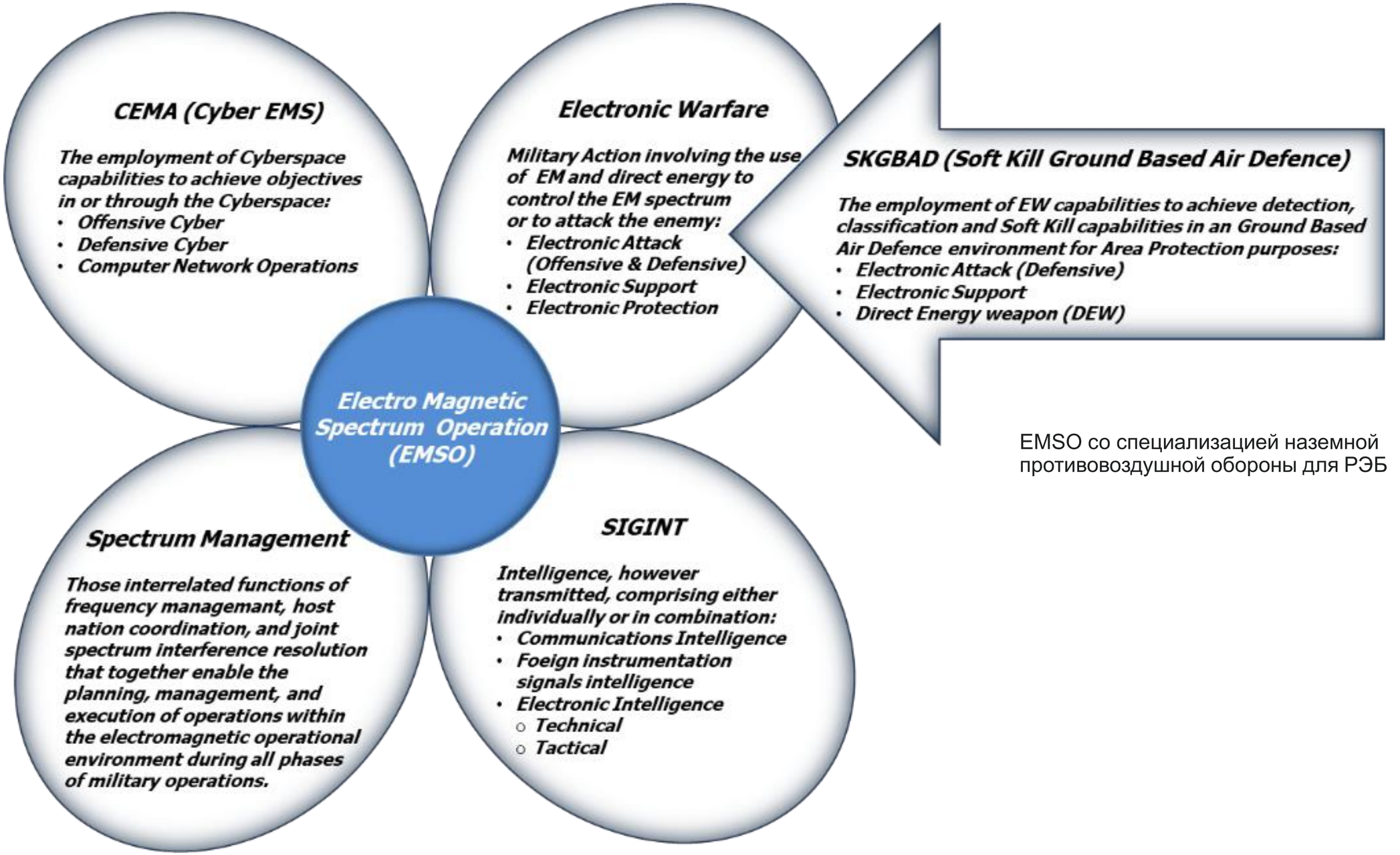
- **EOB - Electronic Order of Battle** представляет лучшее и быстрое знание поля боя с точки зрения электромагнитного спектра и его изменения со временем. EOB включает обнаружение, идентификацию, классификацию, локализацию, анализ и сбор всех возможных излучений врага, разделенных на:
  - Боевой порядок связи (**Communication Order of Battle - COB**)
  - Боевой порядок радиолокации (**Radar Order of Battle - ROB**)
- **C4ISR** - система, объединяющая средства и процессы командования и управления, связи, компьютеров, разведки и наблюдения. Система C4ISR обеспечивает эффективную военную осведомленность, принятие решений и действия.
- **CCC - Командные и контрольные центры** (включая станции оператора, станции подготовки разрешений и станции анализа после выполнения задачи): обеспечивают местное командование и контроль всеми укрытиями и строят EOB. Командно-контрольные центры также получают запросы от внешних клиентов разведки и отправляют им соответствующие отчеты.
- **НЕКОНТРОЛИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЭБ** на поле боя может привести к срыву выполнения боевых задач собственных подразделений за счет потери связи, каналов управления оборудованием и вывода из строя этого оборудования, а также к выявлению собственных позиций за счет пеленгования врагом электромагнитного излучения этих средств.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ



Современные операции РЭБ предусматривают контроль потока информации на основе электромагнитного спектра, чтобы обеспечить дружественную свободу действий и уменьшить или лишить противника способности действовать и переходят от РЭБ к так называемым EMSO (операции электромагнитного спектра) и становятся основой C4ISR.



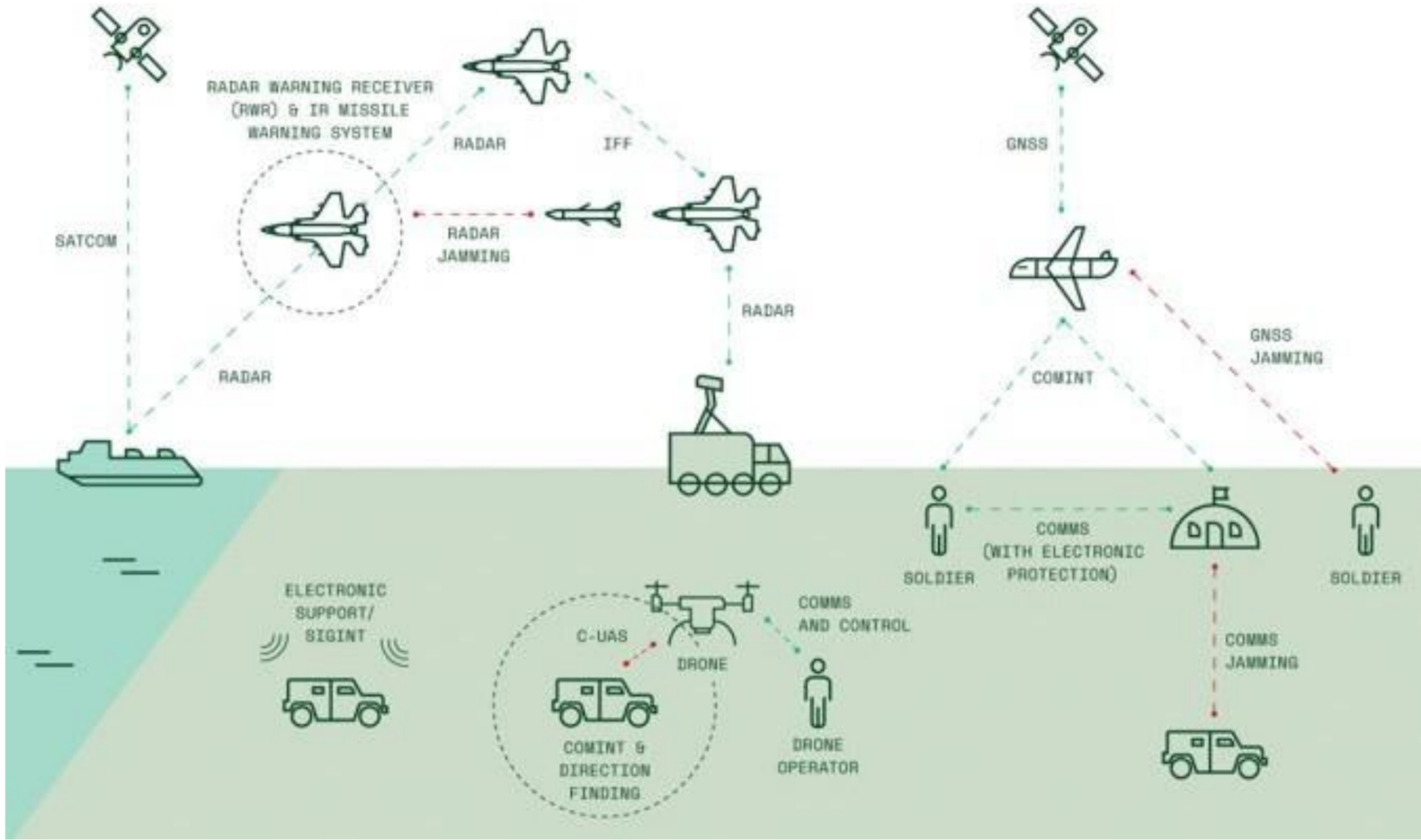


EMSO со специализацией наземной противовоздушной обороны для РЭБ

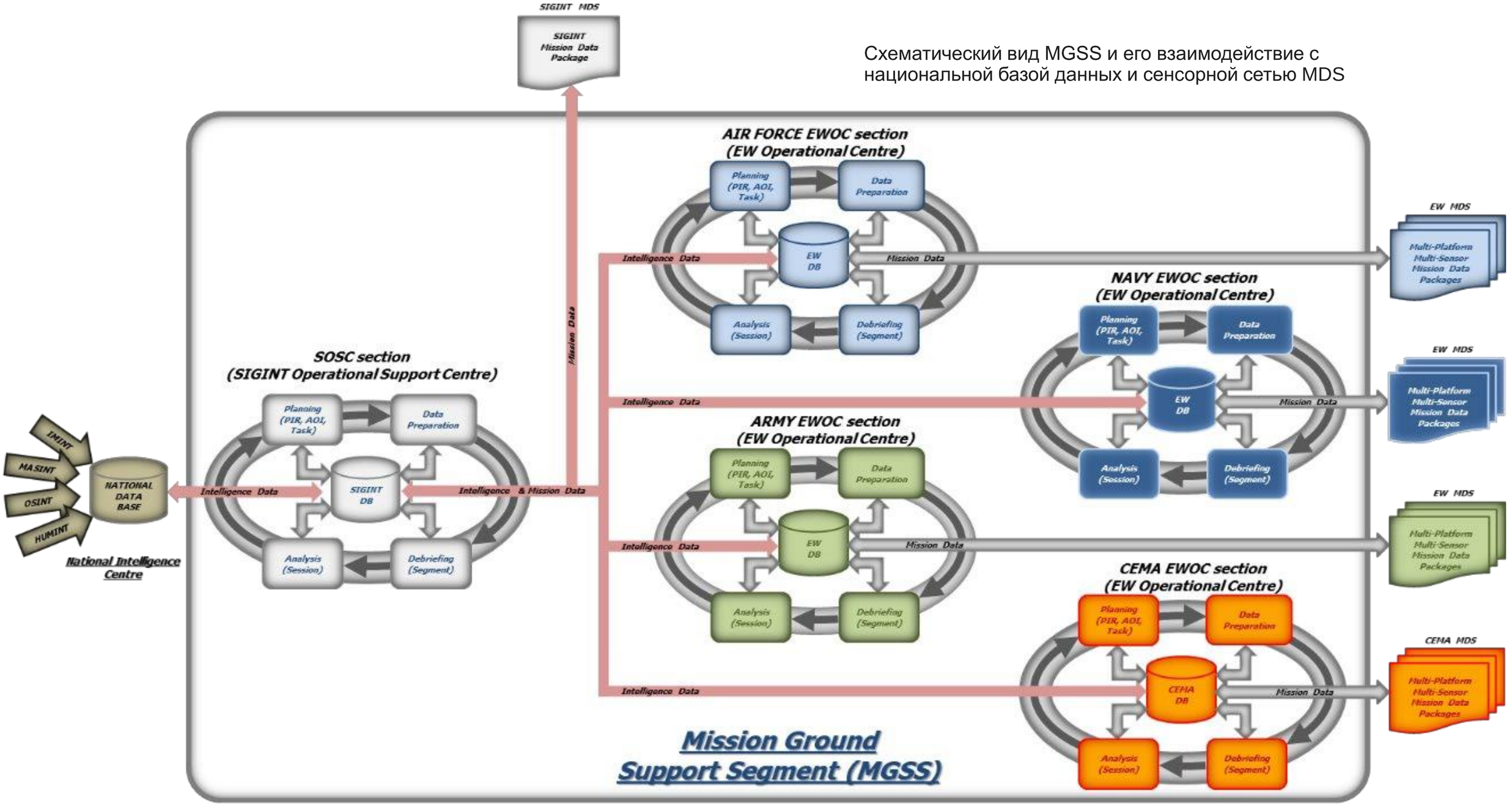
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Центр оперативной поддержки SIGINT (SOSC) является частью **Сегмента наземной поддержки миссии - Mission Ground Support Segment (MGSS),** облака возможностей поддержки миссии, включая также специальную оперативную поддержку РЭБ (**EWOC, EW Operational Centre (Оперативный центр РЭБ**) для Вооруженных сил и **кибер-электронной борьбы - Cyber EW (CEMA),**

Он является гибким и адаптированным к потребностям конечного пользователя и предоставляет возможности взаимодействия с национальными разведывательными центрами.



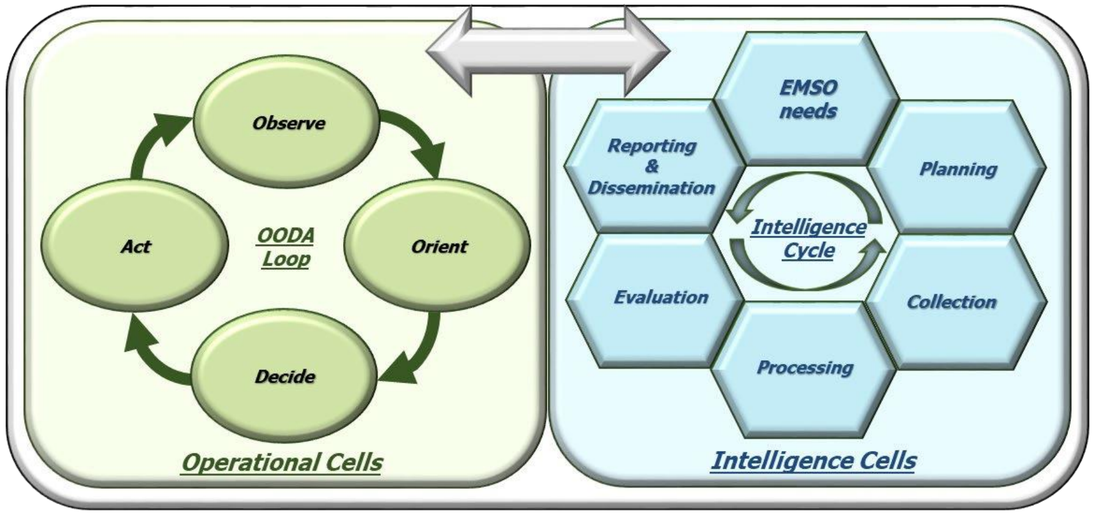
Схематический вид MGSS и его взаимодействие с национальной базой данных и сенсорной сетью MDS



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Рабочий процесс внутри MGSS организован в два цикла:

- **Цикл наблюдать, ориентироваться, решать и действовать - Observe, Orient, Decide and Act (OODA),** который имеет задачи определения, планирования, назначения задач, проведения и синхронизации миссий путем подготовки MDS для платформ SIGINT (разведка) и для RESM/CESM, RWR, RECM/CECM (операция).
- **Цикл разведки - Intelligence Cycle** задачей которого является сбор, обработка, оценка и распространение данных, который поддерживается инструментами специального программного обеспечения для **COMINT** и **ELINT** (для загрузки данных, поступающих с платформ **SIGINT**, и для выполнения технического и тактического анализа), для данных разведки из национальной базы данных и для анализа больших данных.



Цикл УОДА и цикл разведки



Структура оперативной поддержки SIGINT

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Оперативная поддержка SIGINT состоит из следующих частей:

- **Управление и поддержка базы данных SIGINT**, которая является хранилищем технических, тактических данных и данных всех задач.
- **Деятельность SIGINT перед миссией:**
  - Планирование миссии оператором для выполнения поставленной оперативной задачи и обеспечения требования командующего миссии относительно приоритетных разведывательных данных.
  - Генерация пакетов данных для библиотеки SIGINT для миссии.
- **Деятельность SIGINT после миссии:**
  - Подбор итогов миссии, обработка данных записанных во время миссий.
  - Анализ, обработка технических и тактических параметров, обнаруженных оборудованием SIGINT, сравнение и привязка их к известным параметрам конкретной радиолокационной системы, извлекая важные факты из массы необработанных данных, собранных ELINT/COMINT. Создание запросов на обновление в базу данных SIGINT.
  - Передача результатов анализа внутрь SOSC путем обновления базы данных SIGINT или извне через форматированные отчеты в стандартном представлении MS Office в виде данных Power Point, Word и Excel
  - Обновление базы данных базы данных по техническим и тактическим элементам на основе итогов миссии
  - Распространение результатов анализа внутри Центра оперативной поддержки SIGINT или наружу через форматированные отчеты.



Интегрированный рабочий процесс миссии SIGINT

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Шаги, которые выполняет Центр оперативной поддержки SIGINT в случае миссии ELINT:

- Управление базой данных ELINT
- Управление сбором, контроль конфигурации, запросы и отчеты
- Обновление и распространение результата анализа
- Импорт/экспорт на внешний интерфейс
- Поддержка и обновление CONOPS и требований

Модель базы данных ELINT базируется на таких основных разделах:

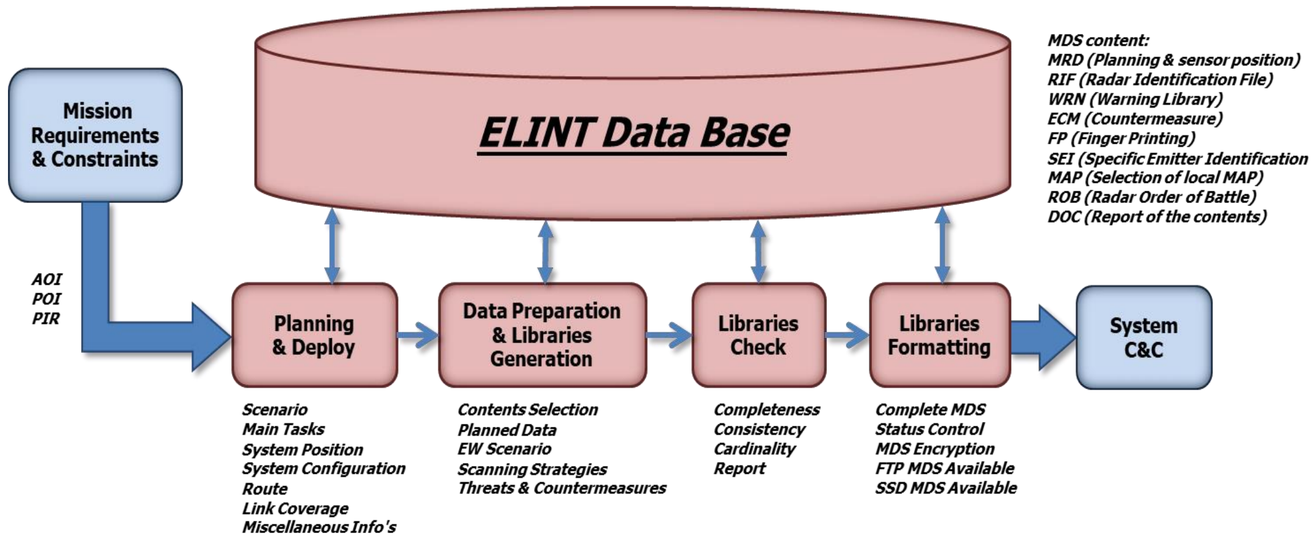
- Технические характеристики - платформа, оружие, радиочастотный излучатель, отпечаток пальца, идентификация конкретного излучателя (SEI) и средства противодействия
- Тактический (ROB): подразделение, установка, РАДАР и перехват
- Данные перед миссией - MDS библиотеки и планирование
- Данные после миссии - контактные данные, данные анализа и отчет о состоянии

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Подготовка к миссии ELINT:

- Планирование миссии основано на требованиях и экологических ограничениях.
- Развертывание активов внутри зоны с поддержкой видимости и соединения (радиосвязь и FON).
- Подготовка маршрута, требований и задачи планирования для воздушных, наземных и морских платформ.
- Подготовка данных в соответствии с запланированной миссией
- Библиотеки проверяются на полноту и согласованность, чтобы оптимизировать результаты миссии.
- Форматирование и шифрование данных миссии для целевого оборудования с помощью SSD или сервера SFTP

Деятельность ELINT
перед миссией

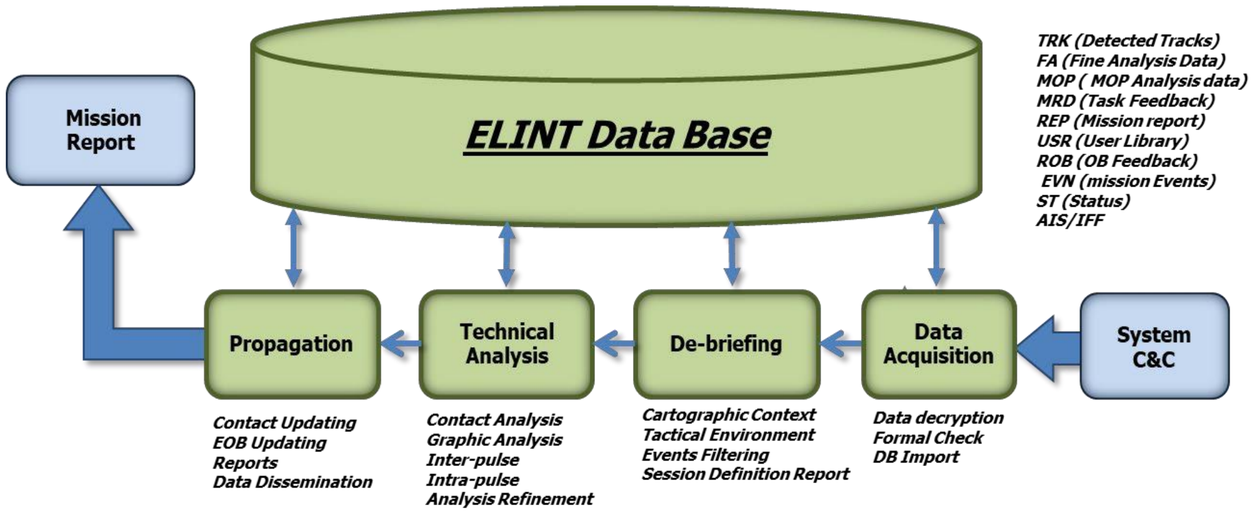


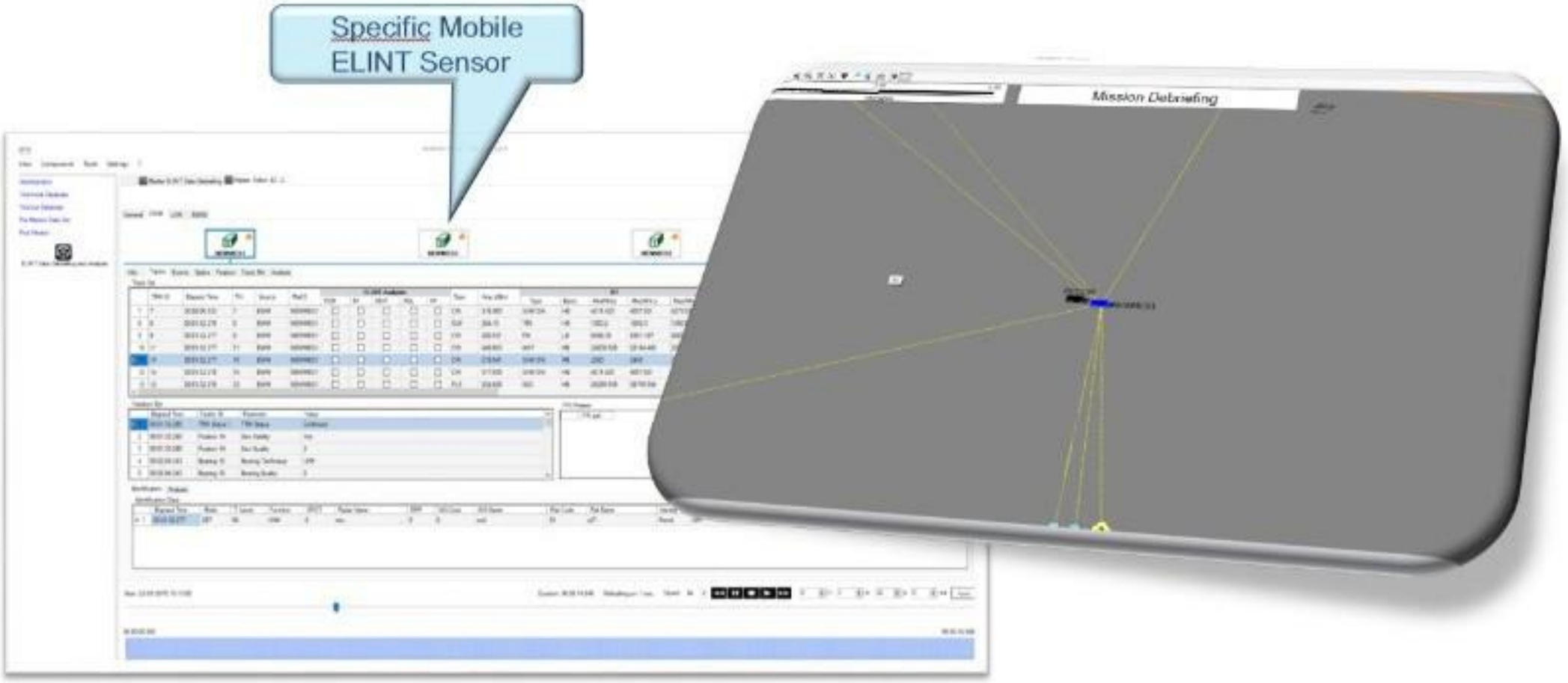
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ (EW) В СОВРЕМЕННОМ ТЕАТРЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Деятельность после миссии:

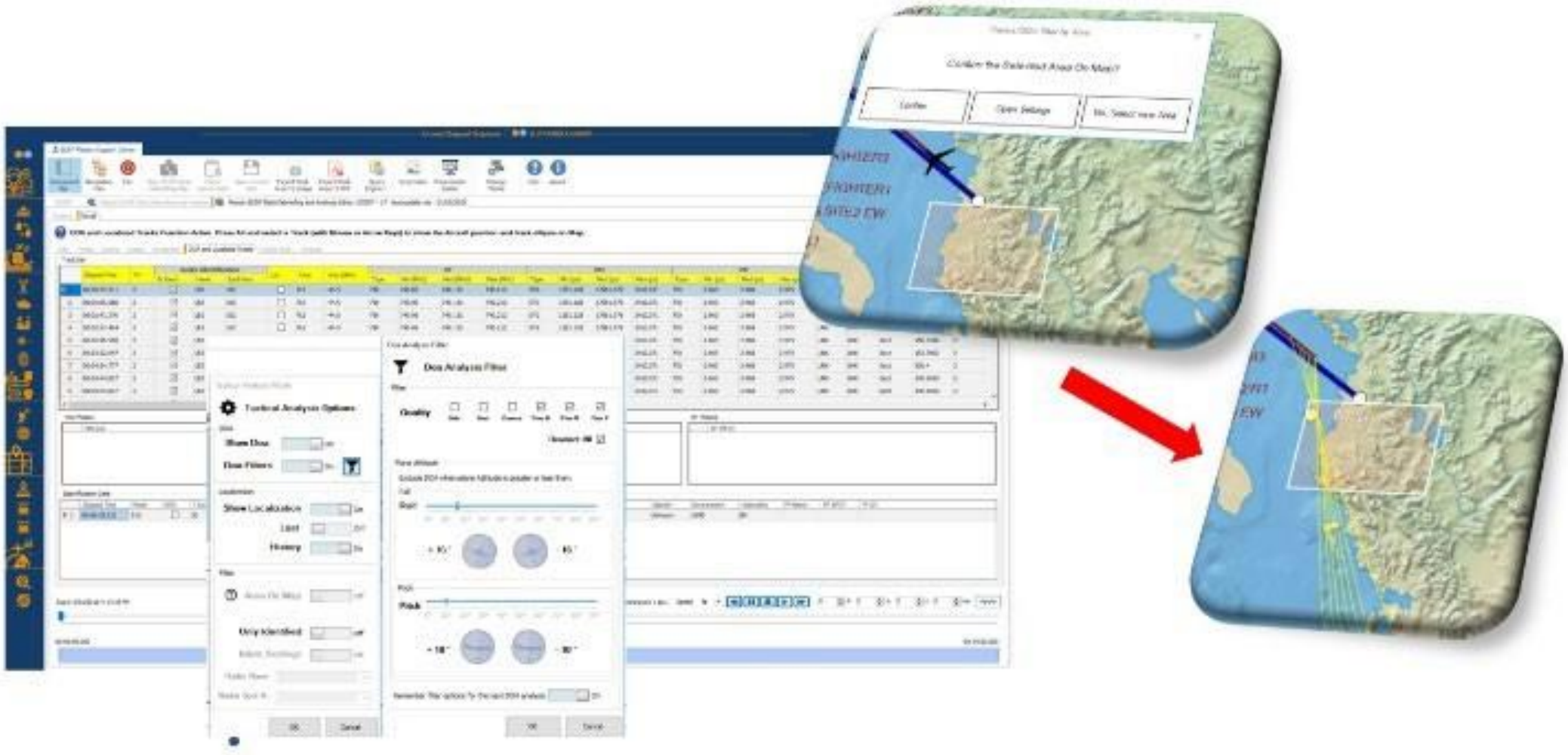
- Сбор записанных данных и загрузка в базу данных ELINT после проверки и дешифровки:
- Расшифровка и проверка автоматически записанных данных миссии перед любой дальнейшей обработкой.
- Сбор записанных данных и сохранение в соответствии со структурой базы.
- Автоматическое создание статистического отчета о содержании данных. Он содержит заголовок миссии с определенной статистической информацией: количество событий, количество обнаруженных излучателей, количество анализов ELINT, количество системных сбоев и т.д.

Деятельность после миссии

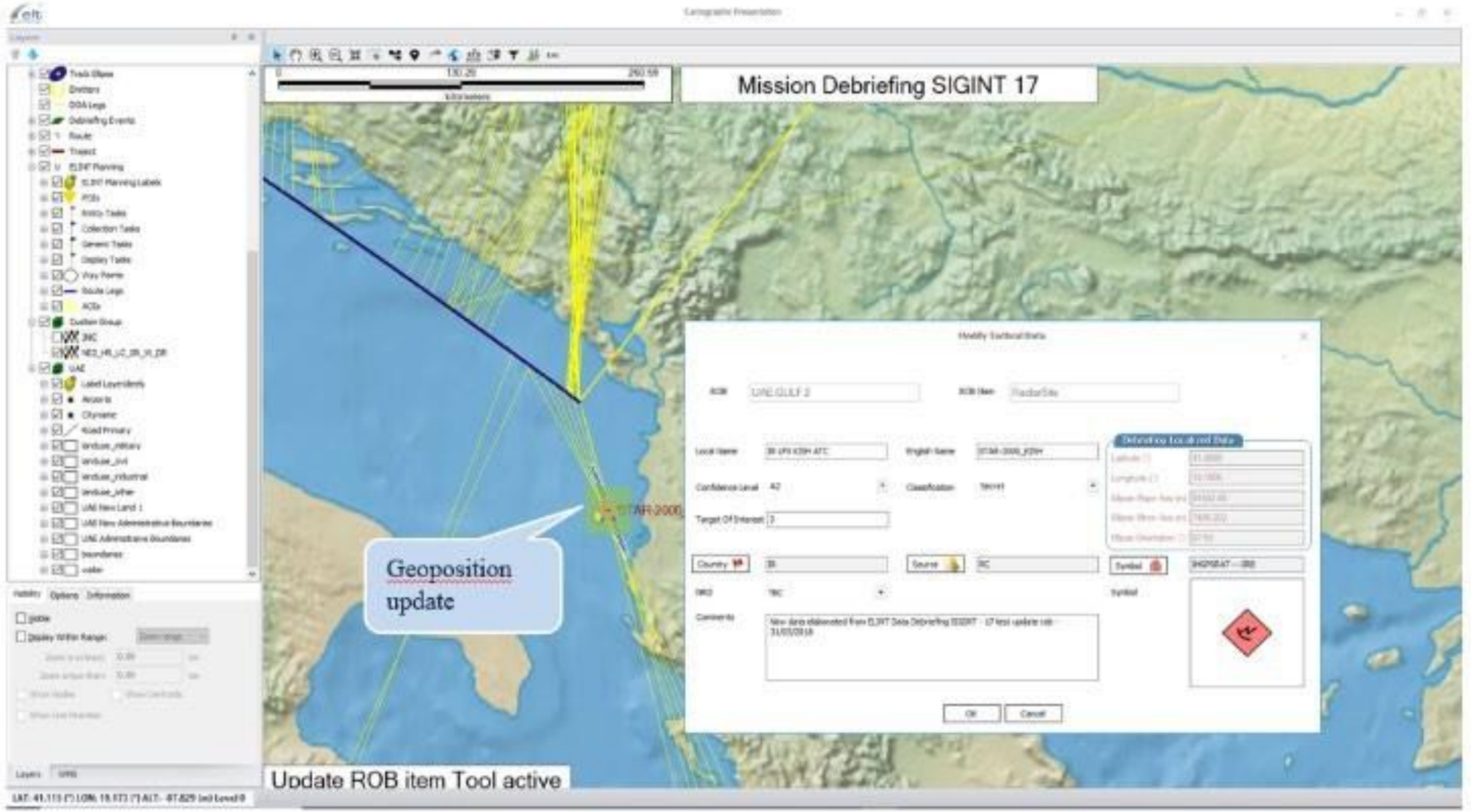




Процесс дебрифинга ELINT наземной миссии



Процесс тактического анализа ELINT воздушной миссии



Процесс обновления базы данных EW



РАЗНОВИДНОСТИ СРЕДСТВ РЭБ

- По базированию
  - Наземного базирования
  - Воздушного базирования
  - Морского базирования
  - Портативные
- По использованию
  - Для подавления средств радиосвязи
  - Для подавления сигналов управления БПЛА
  - Для обнаружения и нейтрализации радаров
  - Для подавления спутниковой связи и спутниковой навигации
  - Для выявления и нейтрализации сигналов удаленного управления детонаторов
  - Для защиты техники и личного состава от управляемых боеприпасов
  - Смешанного использования
- По командному звену
  - Ротно-батальонного звена
  - Бригадного звена
  - Выше бригадного звена
  - Специального прихначения

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЭБ

- Подавление каналов связи
- Подавление спутниковой навигации
- Подавление РЛС и обзорных радаров










FRONT
TOW/
TIE
DOWN
TOW/
TIE
DOWN
WINCH BRAKE
T-CASE NEUTRAL

КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

РОТНО-БАТАЛЬОННОЕ ЗВЕНО

АУДС

Относится к контр беспилотным авиационным системам C-UAS

Подавление каналов связи БПЛА и операторов и радиостанций

Дистанция подавления 2-4 км по малым БПЛА и до 8 км по средним

М-ЛИДС

Мобильная маломобильная беспилотная авиационная система Интегрированная система поражения

Имеет интегрированную систему РЭБ и противодроновую 30 мм пушку, а также БПЛА камикадзе Coyote для уничтожения других дронов











КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

РОТНО-БАТАЛЬОННОЕ ЗВЕНО



Леер 2

Подавление каналов связи БПЛА

Дистанция подавления 4 км по малым БПЛА
и до 8 км по средним

Силок

Аналог Леер-2 на камазе.

Дистанция подавления 3-4 км











КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

РОТНО-БАТАЛЬОННОЕ ЗВЕНО



Леер 3

Мониторинг и подавление каналов сотовой связи

Дистанция работы 6 км

Поставляется в комплексе с БПЛА "Орлан-10"

935-960 МГц, 1805-1880 МГц, 890-915 МГц, 1710-1785 МГц

Лорандит

Подавление VHF и UHF радиосвязи Дистанция подавления до 2 км











КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

БРИГАДНОЕ ЗВЕНО

TEWS - Tactical Electronic Warfare System та

Подавление каналов радиосвязи

Дистанция подавления до 20 км

TEWS-I Система тактической электронной борьбы пехоты TEWS-I

Подавление каналов радиосвязи

Дистанция подавления до 20 км

Оборудован системами искусственного интеллекта и средствами киберборьбы

AN/MLQ-44A Пророк

Подавление каналов радиосвязи

Дистанция варьируется

Модульная мульти-платформенная система с портативными и автомобильными модулями







КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

БРИГАДНОЕ ЗВЕНО

TLS-BCT - Боевая бригадная группа системы наземного уровня

Подавление каналов радиосвязи и спутниковой навигации. Для применения против наземных целей и БПЛА.

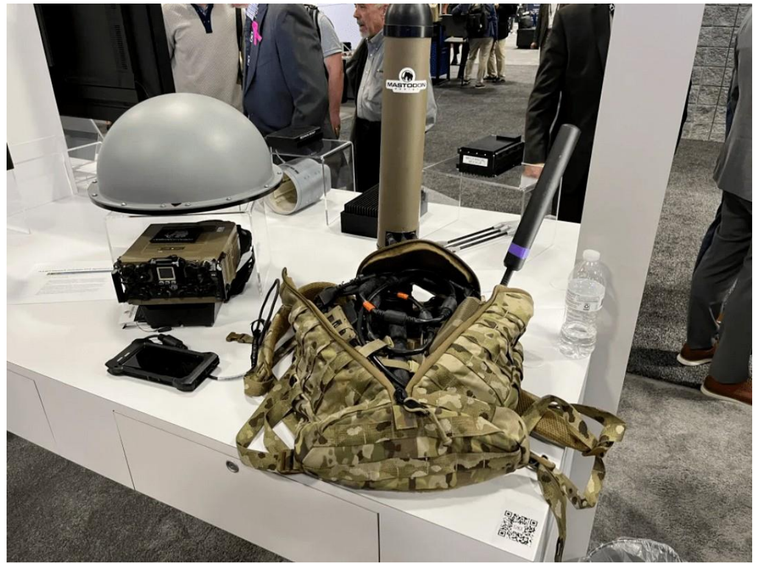
Дистанция подавления 30 км

Модульная мульти-платформенная система с портативными и автомобильными модулями

Оборудован системами искусственного интеллекта и средствами киберборьбы









КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

БРИГАДНОЕ ЗВЕНО

Thales TRC 274 SDJ V/UHF глушитель

Широкополосное подавление каналов радиосвязи от 20 до 6000 МГц

Дистанция подавления 25 км

Полоса одновременно сканирования 80 МГц

Полоса образования помехи МГц

Создание умных помех с идентификацией и спуфингом сигналов









КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

БРИГАДНОЕ ЗВЕНО

Буковель

Обнаружение и подавление каналов радиосвязи и спутниковой навигации. Для применения против наземных целей и БПЛА.

Дистанция подавления 15-20 км

Радиус обнаружения БПЛА 70-100 км

НОТА

Обнаружение и подавление каналов радиосвязи и спутниковой навигации. Для применения против наземных целей и БПЛА.

Дистанция подавления 15 км

Радиус обнаружения БПЛА 20 км









КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

БРИГАДНОЕ ЗВЕНО



Борисоглебск 2

Усовершенствованная модификация комплекса РЭБ советской разработки Р-330 "Мандат"

Подавляет каналы радиосвязи

Дистанция работы 20-40 км

Репеллент 1

Подавление каналов связи и спутниковой навигации БПЛА

Диапазон частот 200-600 МГц

Дистанция подавления до 30 км








BMC
BMC

КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

ЗВЕНО ВЫШЕ БИГАДЫ

TLS-EAB - Система наземного уровня - Эшелоны над бригадой

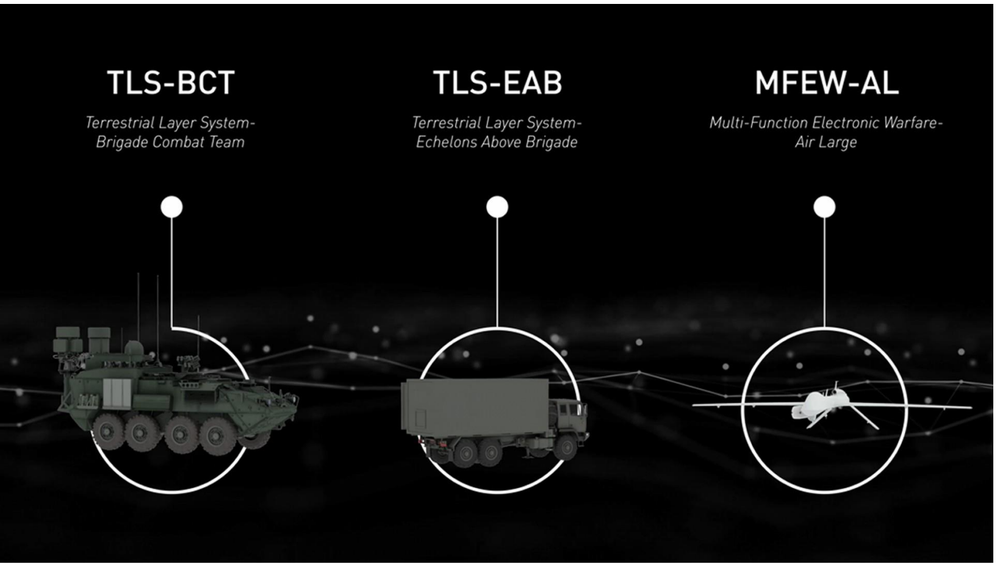
Подавление каналов радиосвязи, спутниковой связи и РЛС

Дистанция подавления не разглашается

Р330У Мандат Б1 Е

Подавление каналов радиосвязи на частотах от 1.5 до 1000 МГц

Дистанция подавления до 60 км Состоит из нескольких авто на шасси КРАЗ











КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

ЗВЕНО ВЫШЕ БИГАДЫ

Милкар 3а3 Ильгар

Производитель Aselsan

Подавление каналов наземной радиосвязи и БПЛА

Дистанция подавления не разглашается

Милкар 4А2 Санчак

Производитель Aselsan

Подавление стратегических каналов радиосвязи на больших расстояниях

Дистанция подавления не разглашается







КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

ЗВЕНО ВЫШЕ БИГАДЫ

Р-340РП "Поле-21"

Подавление каналов спутниковой навигации

Дистанция работы до 50 км

Р-330Ж "Житель"

Подавление каналов радио, мобильной и спутниковой связи

Диапазон частот 100-2000 МГц

Дистанция подавления до 25 км по наземным и 50 км по воздушным целям









КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

ЗВЕНО ВЫШЕ БИГАДЫ

РБ-109А "Былина"

Система объединяет в одну сеть различные средства РЭБ, такими как "Леер-2" и "Леер-3", Р-330 "Житель", "Тирада-2", "Лорандит", "Диабазол", "Палантин" и позволяет управлять ими в автоматическом режиме без участия человека







КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ

КОРАЛ

Производитель Aselsan

Автоматическое обнаружение и распознавание сигнала радаров и постановка помех

Дистанция подавления 150 км





КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ

Красуха 2

Предназначена для прикрытия командных пунктов, группировок войск, средств ПВО, важных объектов от обнаружения радиолокационными средствами воздушного базирования

Дальность до 250 км

Диапазон частот 2,9-3,2 ГГц

Красуха С4

Предназначена для прикрытия стационарных объектов от обнаружения бортовыми РЛС самолетов разведчиков. Автоматическое обнаружение и распознавание сигнала и постановка помех

Дальность 300 км

Диапазон частот 8-20 ГГц









КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ

РБ-531Б "Инфауна"

Российский батальонный комплекс радиоразведки и радиоэлектронной борьбы для защиты бронированной и автомобильной техники от минно-взрывных устройств с радиоразрывателем, обнаружения и подавления средств оптической и радиосвязи

Дистанция работы 150 м

Частота создания помех 25-2500 МГц





КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ

Шиповник-АЭРО

Комплекс радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Предназначен для борьбы с БПЛА.

Комплекс может создавать помехи сигналам управления и трансмиссии и может проникать к бортовым системам БПЛА перехватывать контроль над ними. Он также способен фиксировать координаты станции управления полетом аппаратов.

Частота создания помех 25-2500 МГц










503
VAQ-136
LT LOGAN BRIERY
SLINGBLADE
IRONCLAW

КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ

Самолет EA18G Grawler

На базе истребителя F18 Superhornet

Подавляет радио и спутниковую связь и РЛС противника

С модулем AN/ALQ-99 дистанция постановки помехи 150-200 км а с модулем AN/ALQ-249 NGJ 370 км

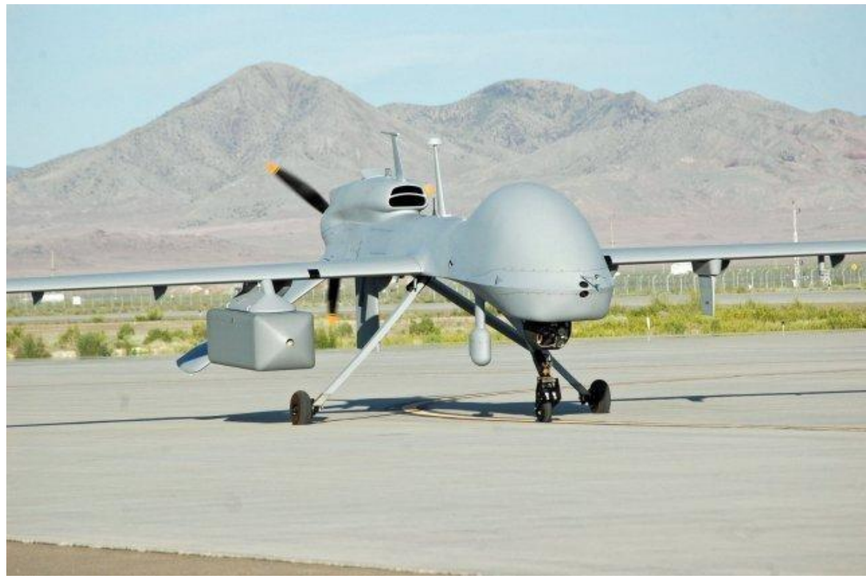
Система INCANS (INterference CANcellation System), обеспечивающая устойчивую УКВ связь экипажа при включенной аппаратуре постановки помех

MFEW-AL

На БПЛА MQ-1C Gray Eagle

Дальность обнаружения 390 км

Дальность подавления 250 км











КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ

VROD и VMAX

Носимая в рюкзаке система анализа электромагнитного фона, обработки информации и создания помех

Ориентирован на противодействие БПЛА и управляемым боеприпасам

Использует систему быстрой обработки информации и реагирования Raven Claw

КОРВУС

Разработчик L3 Harris

Комплексное программируемое персональное средство обнаружения сигналов и электромагнитной защиты

Легкий до 2 кг









КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ

ШАТРО UNWAVE

Портативная, носимая и мобильная версии в свою очередь для персональной защиты личного состава, позиций и колесного и броне-транспорта

Ориентирован на противодействие БПЛА и управляемым боеприпасам в радиусе 50-100 м

Диапазон частот 850 - 930 МГц



UNWAVE BOOMBOX

Ориентирован на направленное и всенаправленное противодействие БПЛА и управляемых боеприпасов в радиусах соответственно 500м и 100м

Диапазоны частот 850 - 930 МГц, 1550 – 1620 МГц, 2400 - 2480 МГц, 5725 - 5850 МГц



ЮНВАВИЭ СПЕКА

РЭБ направленного действия против БПЛА в радиусе 500-2000м

Диапазоны частот 1550 - 1620 МГц, 2400 - 2480 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 - 5850 МГц









КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ

КВЕРТУС АД ХАОС

Ориентирован на направленное и всенаправленное противодействие БПЛА в радиусах соответственно 500м и 100м

Диапазоны частот 850 - 940 МГц, 2400 – 2500 МГц, 5700 - 5900 МГц



КВЕРТУС АД КРАКЕН Е

Система для защиты от дронов важных объектов и мест дислокации подразделений.

Угол действия 360 градусов

Диапазоны частот 850 - 930 МГц, 1550 – 1620 МГц, 2400 - 2480 МГц, 5725 - 5850 МГц



КВЕРТУС АД ВАРЛОК

Портативное дистанционно управляемое устройство, предназначенное для подавления каналов управления БПЛА.

Направленное действие до 2500м

Диапазоны частот 433 - 434 МГц, 860 - 930 МГц, 1150 - 1250 МГц, 1550 - 1620 МГц, 2400 – 2500 МГц, 5150 - 5250 МГц, 5700 - 5900 МГц



КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ

КВЕРТУС АД ХАОС

РЭБ направленного действия против БПЛА

действует до 3,5 км Диапазоны частот 1550 - 1620 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 - 5850 МГц



СКАЙВАЙПЕР - ОМНИ

Система предназначена для вывода из строя малых и средних БПЛА

Угол действия 360 градусов

Диапазоны частот 400-470 МГц,850 - 930 МГц, 1550 - 1620 МГц, 2400 - 2480 МГц, 5725 – 5850 МГц



КУЛЬБАБА 150

Против БПЛА и управляемых боеприпасов в радиусе 200м

Диапазоны частот 710 - 840 МГц, 840 - 950 МГц, 950 - 1100 МГц



КОМПЛЕКСЫ РЭБ УКРАИНЫ и НАТО

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ

Пиранья - 3 РАдК

Антидронный мобильный трех диапазонный переносной комплекс направленной защиты.

Мощность >= 90 Вт
Каналы подавления: 860-960МГц 2400-2500МГц 5150-5850 МГц

Пиранья - 5 РадК

Антидронный мобильный пяти диапазонный переносной комплекс по купольной и направленной защите.

Мощность >= 150 Вт
Каналы подавления: 860-960MHz 1160-1300MHz (GPS L2,L5 GLONAS G2,G3) BAIDOW B2,B3 GALILEO E5,E6) 1550-1630МГц (GPS L1 GLONAS G1 BAIDOW B1 GALILEO E1) 2400-2500МГц 5150-5850МГц

Пиранья - Купол

Мощность >= 200 Вт
Каналы подавления: 860-960MHz 1160-1300MHz (GPS L2,L5 GLONAS G2,G3 BAIDOW B2,B3 GALILEO E5,E6) 1550-1630MHz (GPS L1 GLONAS G1 BAIDOW B1 GALILEO E1) 2400-2500MHz 5150-5850MHz

Пиранья - 15 БСП

Стационарно - мобильная анти БПЛА и антидронная система постановки радиопомех на большом расстоянии

Мощность >= 1,5 кВт

14 каналов подавления
Постановки радиопомехи на частотах сигналов от 200 МГц до 6000мГц









КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ

РП-377 "Лесок"

Предназначен для защиты бронированной и автомобильной техники, а также личного состава от радиоуправляемых мин и самодельных взрывных устройств аналогичного принципа действия.

Дальность до 150 м

Диапазон частот 25-2500 МГц

Волнорез

Российский комплекс радиоэлектронной борьбы, который предназначен для защиты бронетехники от бпла, путем подавления связи беспилотников

Комплекс РЭБ представлен несколькими всенаправленными антеннами, которые способны создавать помехи мощностью до 30 Вт на частотах 0,3-6 ГГц.









КОМПЛЕКСЫ РЭБ ВС РФ

МАЛОГАБАРИТНЫЕ, МОДУЛЬНЫЕ и НОСИМЫЕ



Серп-ВС5

Комплекс способен подавлять управление дронами на расстоянии до 5 км. Оборудование позволяет "глушить" одновременно несколько каналов, что обеспечивает защиту объектов от атак одновременно нескольких БПЛА

Диапазон частот от 900 МГц до 5,8 ГГц

РОСК-1

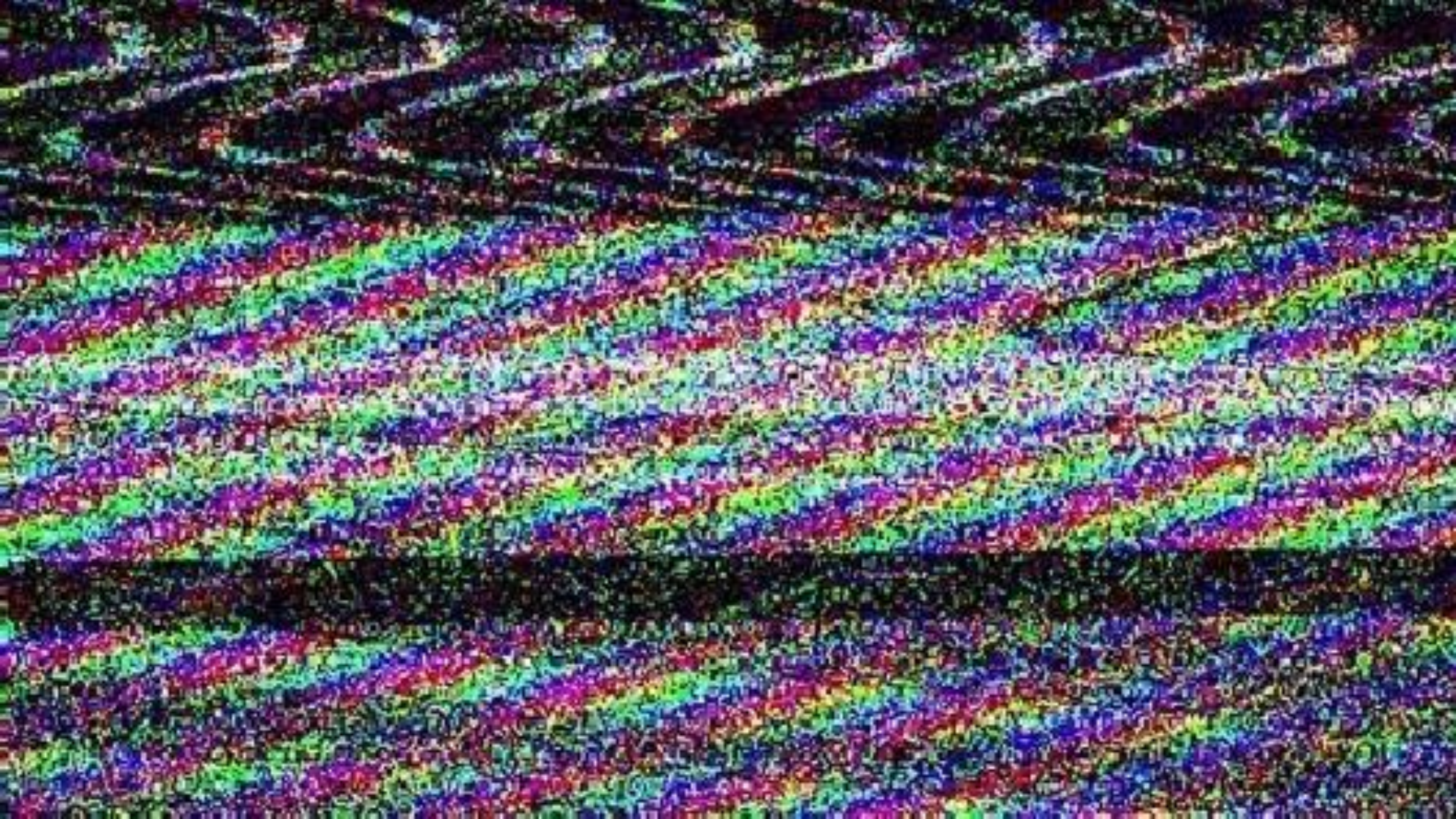
Предназначен для обнаружения именно малоразмерных дронов типа Mavic. Но система также обнаруживает и более крупные медленные дроны, например RQ-11B Raven.

Важной особенностью ROSC-1 является возможность присоединить несколько комплексов в одну сеть, тем самым создав своеобразный РЭБ-купол









ВИДЫ ПРЕПЯТСТВИЙ
ТОЧЕЧНАЯ ПОМЕХА

- **Точечная помеха** - это тип сосредоточенной мощности, используемый для атаки на определенный канал или частоту. Обычно его трудно отследить, поскольку сложно определить, какая конкретная частота затрагивается во время атаки точечной помехи. Недостатком является то, что сигналы с ППРЧ не уязвимы к такому способу.
- Простейшим образцом такого глушения может быть аналоговая или DMR радиостанция, подключенная через усилитель к направленной антенне и направленная в сторону вражеского ретранслятора.

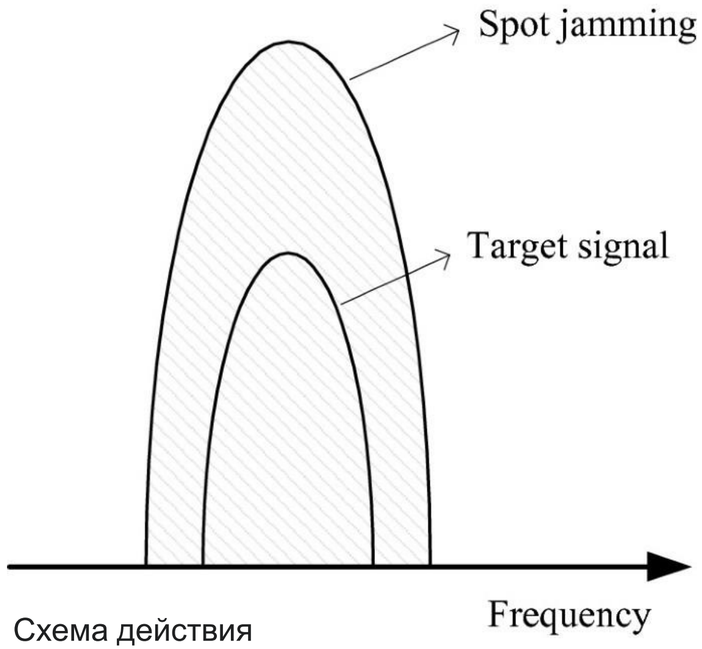
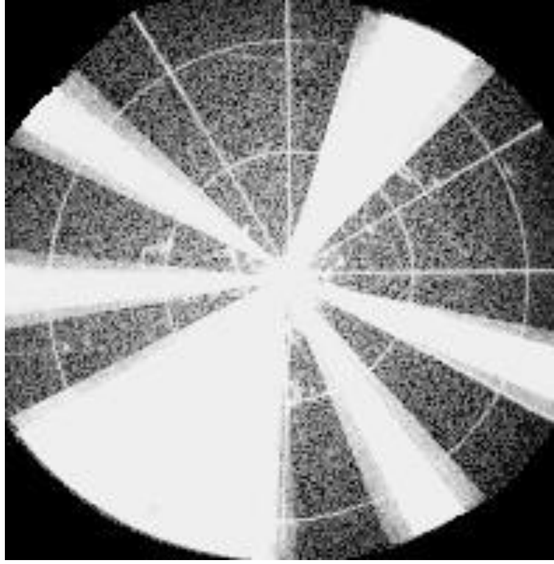


Схема действия точечной помехи

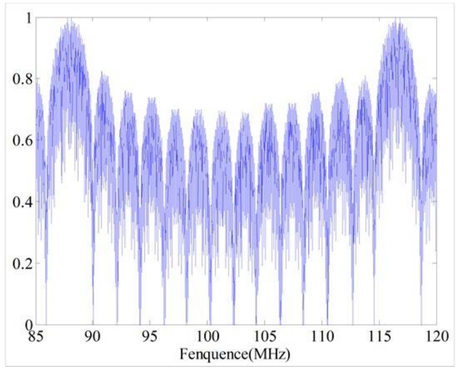


Визуализация действия точечного препятствия на радар

ВИДЫ ПРЕПЯТСТВИЙ

ПЛАВАЮЩАЯ ПРЕГРАДА

- **Плавающая помеха** меняет частоту со временем пробегая коротким импульсами по определенной части спектра. К этой категории относятся все сигналы на базе **ГКН - Генератора, управляемого напряжением (VCO - Voltage controlled oscilator)** может иметь модуляцию в виде пилы или синусоиды и управляется напряжением, которое подается на него. Большинство модулей РЭБ ГУН имеют сигнал в виде пилы. ГКН - простой и дешевый способ создания помехи но имеет недостатки. Помеха идет быстрыми импульсами через промежуток времени, поэтому сигнал ППРЧ может пролезть через сетку импульсов. То есть поток импульсов должен быть плотнее, чем ППРЧ.



Визуализация помехи на основе ГКН на спектре на основе спектра

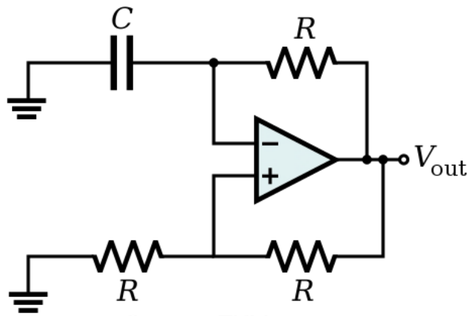
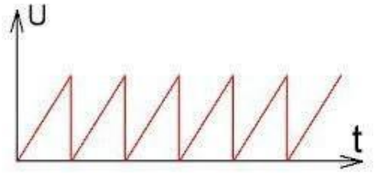


Схема ГКН



Визуализация пылеподобного сигнала ГКН

Устройства на основе ГКН



ВИДЫ ПРЕПЯТСТВИЙ
СПЛОШНАЯ ПРЕГРАДА

- **Сплошная помеха** предполагает блокировку многих частот одновременно. Такая помеха более эффективна чем плавающая или точечная, однако использует много ресурсов и мощности поэтому эффект может быть ограниченным. Один из методов создания такой помехи является **DDS - Direct Digital Sinthesis** или **прямой цифровой синтез**. Он гораздо эффективнее метода ГУН, потому что дает более плотную помеху через которую почти невозможно прорваться полезному сигналу.



Устройства глушения на основе DDS

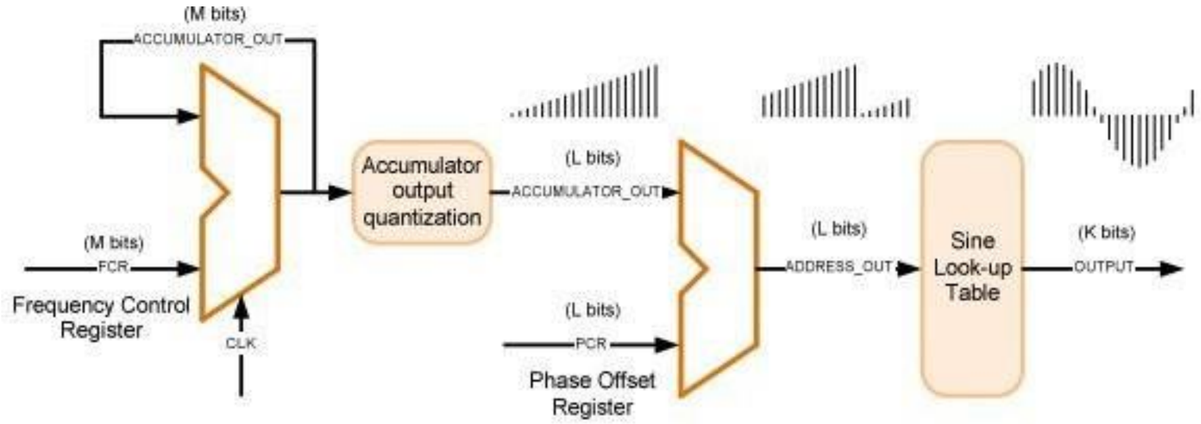


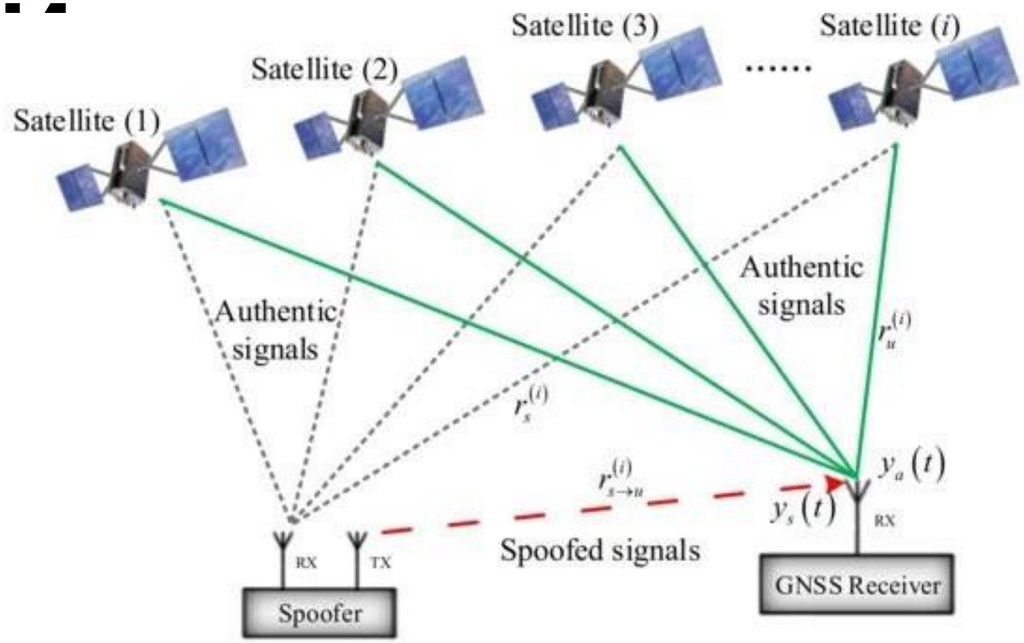
Схема DDS

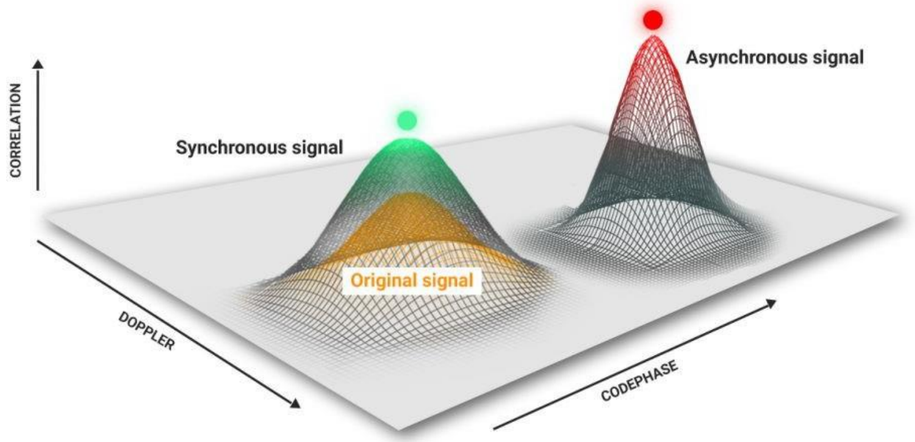


ВИДЫ ПРЕПЯТСТВИЙ

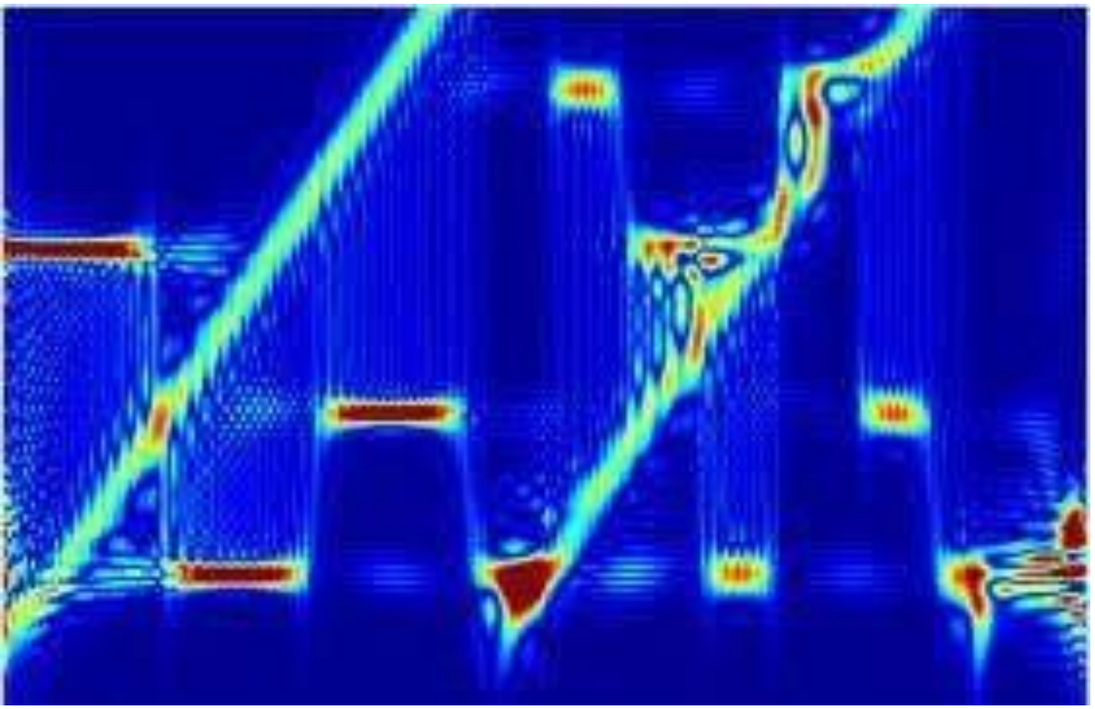
УМНАЯ ПОМЕХА

- Отдельным типом помехи является **умная помеха**. Наиболее высококачественное оборудование использует именно этот метод. Он заключается в том, чтобы анализировать источник сигнала и подменять его более мощным ложным сигналом. К примерам таких помех относятся все так называемые **"спуферы".** Влияние такой помехи можно иногда увидеть на подмене сигнала GPS в результате которого системы навигации получают ложное позиционирование.
- С помощью такого метода можно маскировать силуэты объектов на радаре, сбивать бортовые навигационные системы и выводить из строя системы коммуникаций.
- Такие препятствия наиболее сложно обнаружить а результаты их работы на начальном этапе можно даже не заметить.



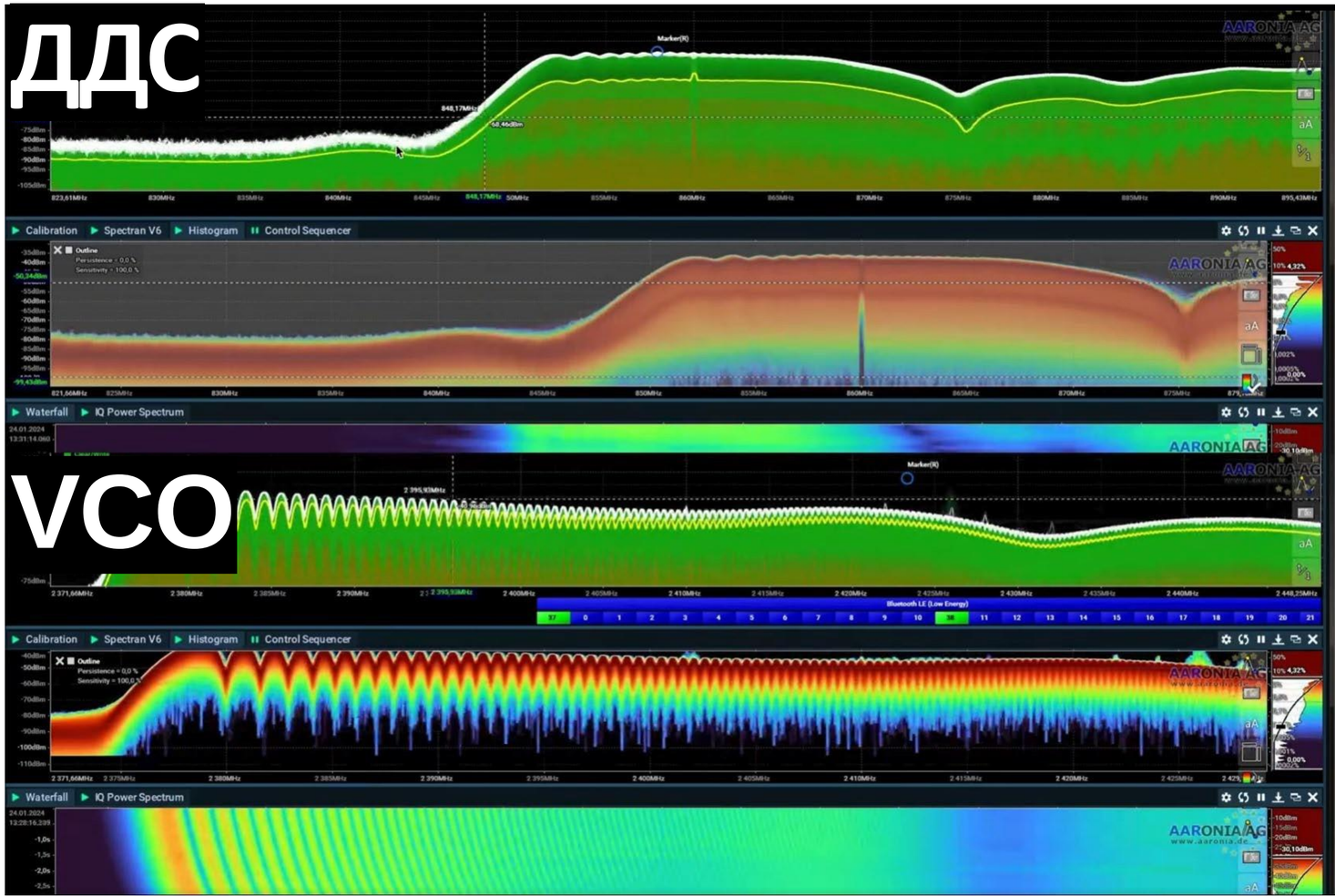


СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛА ПОМЕХИ



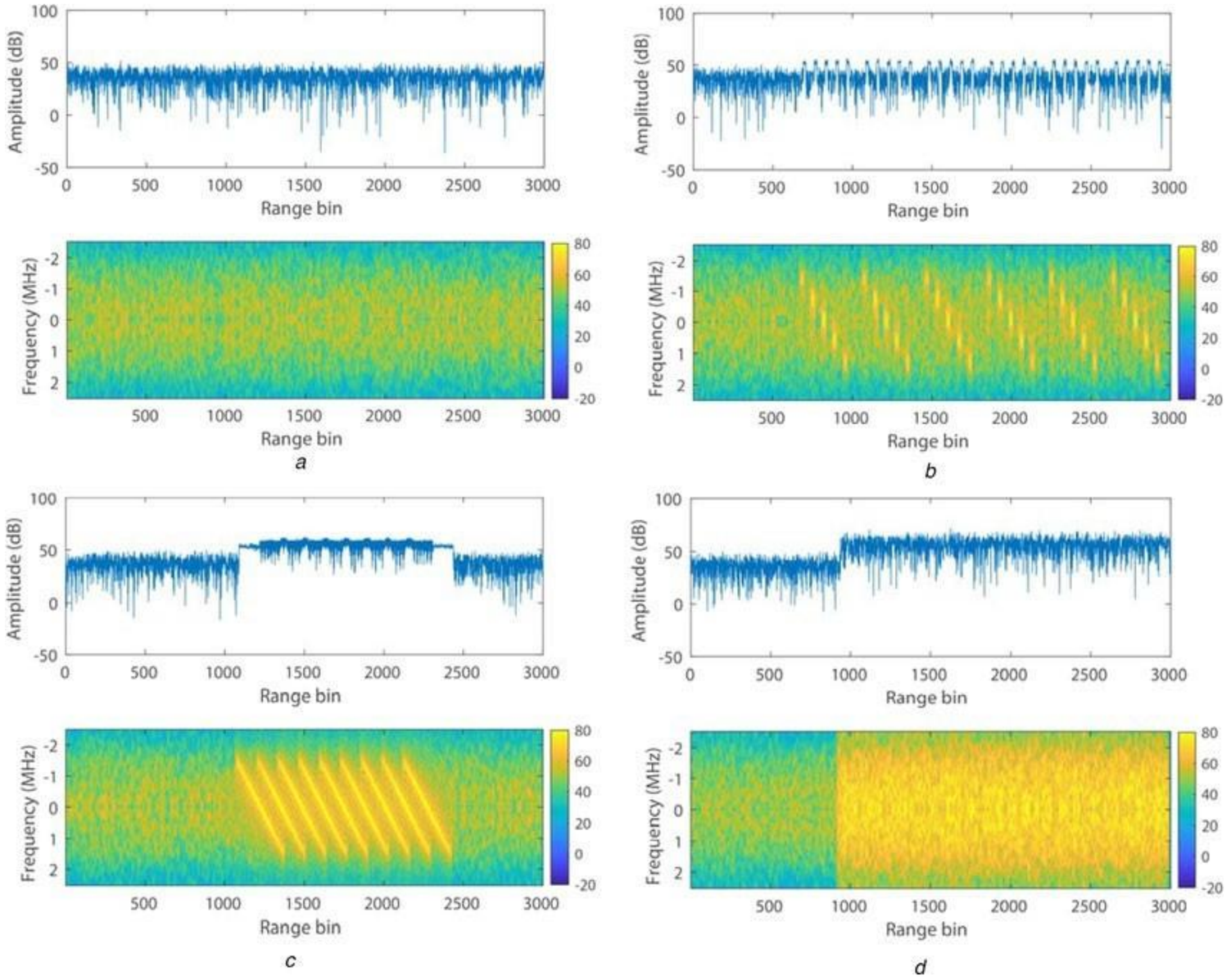
Визуализация прохождения сигналов ппрч сквозь плавающую помеху ^^^

Сравнение помех сгенерированных DDS и VCO на спектре >>>



ПРИМЕРЫ ПОМЕХ РАДАРА НА ВОДОПАДЕ

Образцы четырех видов сигналов (вверх: во временной области, вниз: в частотно-временной области) (a) помеха отстна, (b) узкоимпульсная помеха, (c) помеха подменой цели, (d) сплошная помеха





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

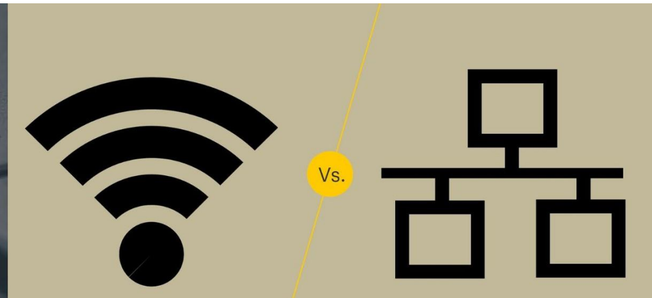
ПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ





- **НЕ ИСПОЛЬЗУЙТЕ РАДИОВОЛНЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, КОТОРУЮ МОЖНО ПЕРЕДАТЬ С ПОМОЩЬЮ ПРОВОДОВ**
- Не устанавливайте радиостанции, ретрансляторы и антенны в уязвимых к РЭБ местах, вместо этого используйте радио-выносы к проводным телефонам и подключение радиостанций по IP сети или через полевой кабель с помощью powerline.
- Не полагайтесь на WIFI точки доступа, вместо этого используйте ETHERNET и USB адаптеры для устройств без ETHERNET выходов.

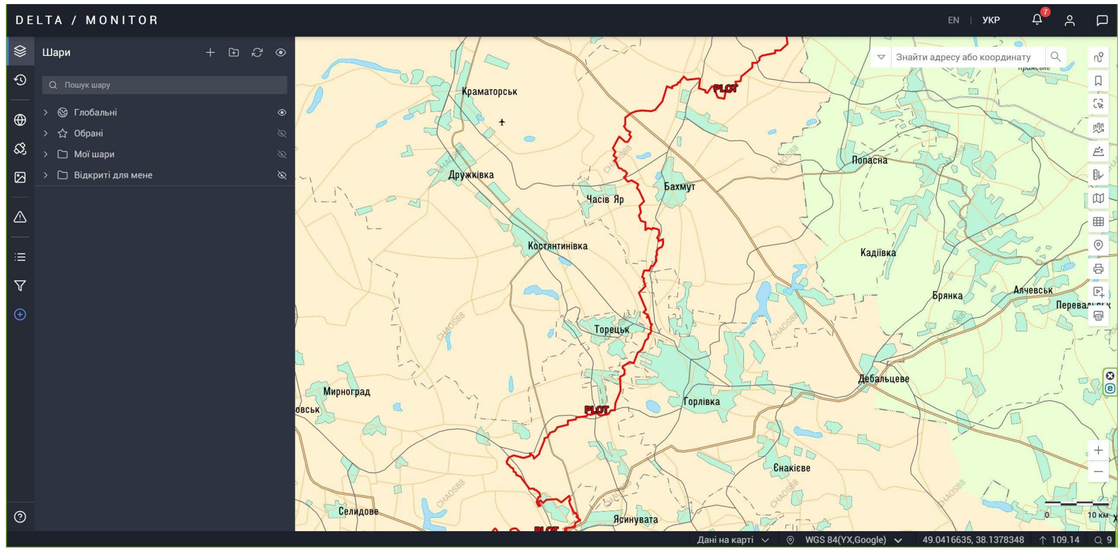




МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

КООРДИНАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ

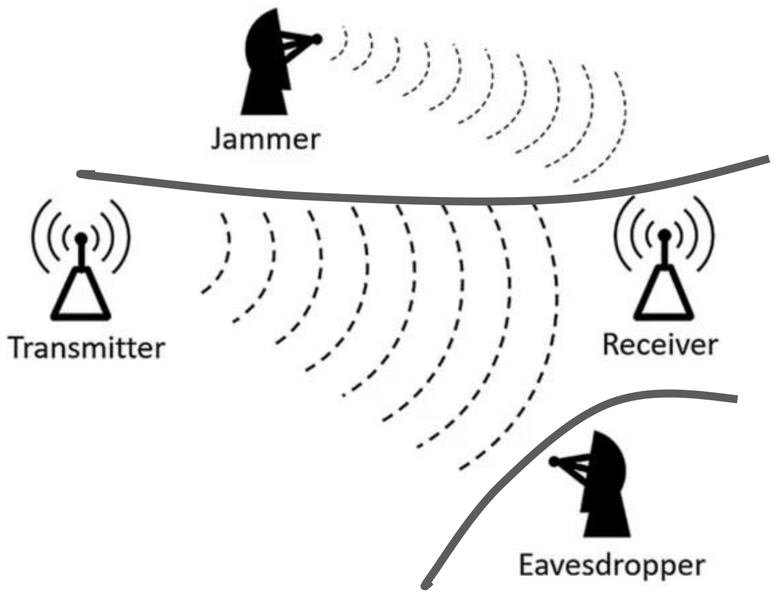
- Использование средств РЭБ в зоне боевых действий должно быть четко скоординировано и **учитывать как действия врага так и действия смежных подразделений**. Для этого используются такие средства, как **C4ISR**, **Delta, Крапива, Вежа и Графит**
- Подразделениями РЭБ ВСУ выполняется **постоянный мониторинг и обработка информации об электромагнитной обстановке на линии соприкосновения**. После обработки эта информация, включая потенциальные районы применения средств РЭБ противника, появляется в соответствующих слоях на DELTA, к которым можно получить доступ по запросу в соответствии с ОТУВ.
- На основе такой информации можно принять решение о применении того или иного оборудования и средств связи, а также о мерах, которые можно применить для нейтрализации воздействия РЭБ противника.





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОСТИ



- Еще один способ защиты от РЭБ - использование **естественной и искусственной геометрии местности** для ограничения видимости приемо-передающих устройств со стороны потенциального действия средств РЭБ противника.
- Располагайте УКВ антенны в середине зданий или за перепадами рельефа таким образом, чтобы со стороны, с которой потенциально может действовать РЭБ или работать радиоразведка противника они были прикрыты.
- Направляйте антенну таким образом, чтобы самые большие лучи на диаграмме направленности перекрывали именно необходимый вам сектор фронта.



МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ПРЕИМУЩЕСТВО В ВОЗДУХЕ

- Поскольку у ВС РФ почти отсутствуют воздушные средства РЭБ, то им чрезвычайно трудно подавить узконаправленные сигналы, направленные вверх.
- Спутниковая связь по типу STARLINK очень устойчива к воздействию наземного РЭБ, потому, что антенная решетка абонентских терминалов создает очень узкий луч направленный на один из тысяч ретрансляционных спутников. Именно поэтому этот вид связи нашел применение как основное средство коммуникаций с БПЛА, наземными и надводными дронами, которые используют в зоне активного глушения других видов навигации противником.
- Поднятые на достаточную высоту ретрансляторы с помощью аэростатов или БПЛА могут обеспечить стабильную связь с абонентами ближе к земле, но следует помнить, что такие объекты становятся очень уязвимы к обнаружению и подавлению наземным РЭБ направленного действия.





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТ И РЕЗЕРВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ

- При выявлении влияния РЭБ на ваши системы связи и проанализировав спектр работы помехи и характер помехи, можно принять решение об **изменении рабочих частот**.
- Для этого заблаговременно программируются **РЕЗЕРВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ** на радиостанциях иК проводятся учения по оперативному переходу на резервные частоты.
- Процедуру изменения частот необходимо максимально упростить для конечного пользователя и в идеале автоматизировать.
- При использовании **ретранслятора** в комплексе с дуплексером, желательно обеспечить наличиеК **второго и даже третьего дуплексера**, настроенного на другие частоты.
- В идеале при планировании связи в подразделении нужно обеспечить резервные каналы, такиеК например как радиостанции на других диапазонах частот и дополнительные ретрансляторы,К развернутые в скрытых локациях, которые активизируются в случае подавления или уничтожениеК основного.
- Также связь различных звеньев управления нужно диверсифицировать отдавая предпочтениеКболее устойчивой и надежной связи но и обеспечив более универасльными и стандартнымиКсредствами.

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТ И РЕЗЕРВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ

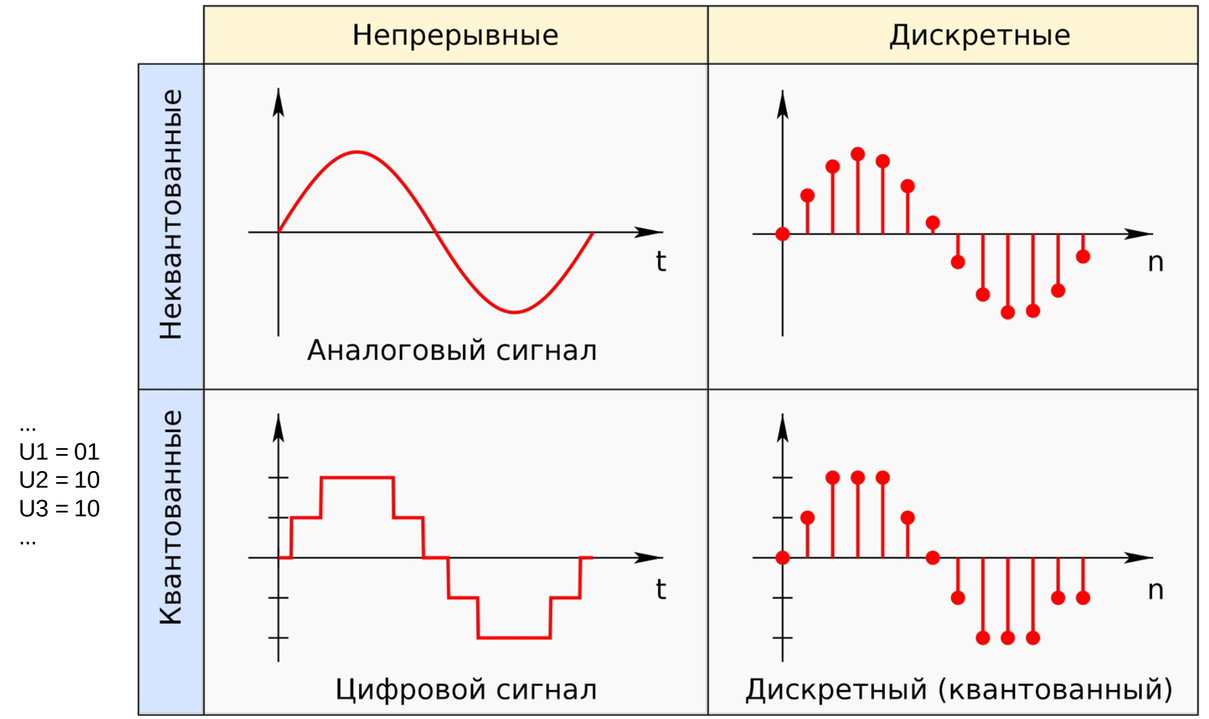
- Новый БПЛА **Leleka LR** использует нестандартные частоты. Вражеские РЭБ еще не научились с ними работать
- Резервирование основных систем предусматривает не один канал связи, а несколько, которые разнесены очень далеко друг от друга по частотам, и имеют все сверхважные алгоритмы шифрования.
- Помогают работать под действием РЭБ также навигационные системы антиджеминга на основе CRP-антенн и не только.



МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

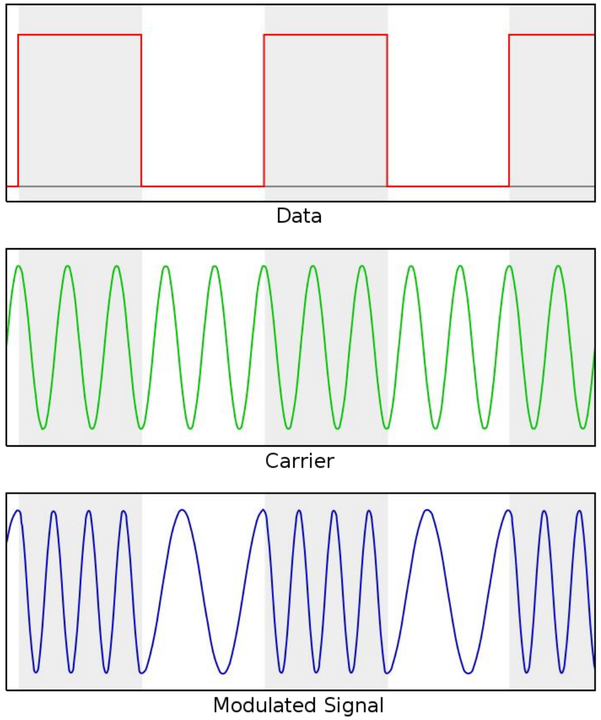
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ

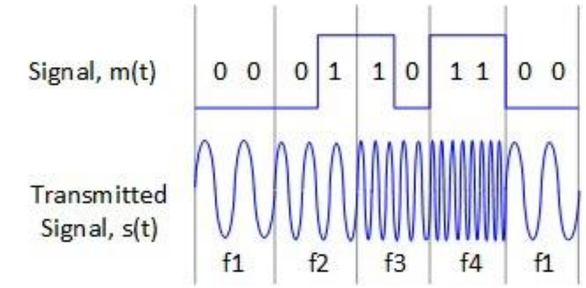
- **АНАЛОГОВАЯ СВЯЗЬ** передает постоянную модулированную радиоволну под действием РЭБ после демодуляции ухудшается эффектом шума но при качественной фильтрации шума может быть частично восстановлена.
- **ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ** кодирует информацию и передает информацию пакетами. При потере достаточного количества таких пакетов за счет плохого сигнала, декодер на приемнике уже не сможет ее восстановить.
- Минусы аналоговой связи в легкости ее перехвата, но данные, которые не требуют шифрования и не повредят при перехвате можно передавать аналоговым способом. При отсутствии РЭБ или важности безопасности передачи предпочтение всегда надо отдавать цифровой связи.

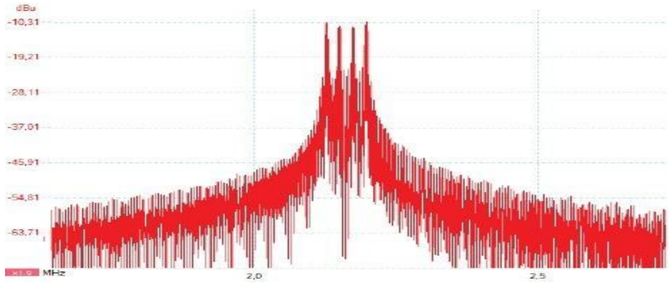


МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ЦИФРОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ / ПАКЕТЫ ДАННЫХ







TCP/IP Packet

32 bits

0	4	8	16	19	31
IPv4 Header	Version	Length	Type of Service	Total Length	
	Identification		Flags	Fragment Offset	
	Time to Live	Protocol	Header Checksum		
	Source Address				
	Destination Address				
	Options				
	Data				

TCP	Source Port		Destination Port	
	Sequence Number			
	Acknowledgment Number			
	Offset	Reserved	TCP Flags C E U A P R S F	Window
	Checksum		Urgent Pointer	
	TCP Options			

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ

- **Видеоканал связи с FPV дроном** благодаря отсутствию необходимости кодирования- декодирования передается намного быстрее чем цифровой и более устойчив к воздействию РЭБ. Для обесшумления сигнала используются шумовые фильтры а также умные приемники типа Clearview.
- **На радиостанциях** обязательно оставляйте запрограммированными несколько аналоговых каналов, которые могут быть полезными при взаимодействии с нестандартной аппаратурой смежных подразделений, а также при полной потере защищенной цифровой связи, но предупреждайте подразделения о правилах безопасности пользования такими каналами. На ретрансляторах для одновременной возможности передачи аналоговых и цифровых данных существуют так называемые аналогово-цифровые каналы.



МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

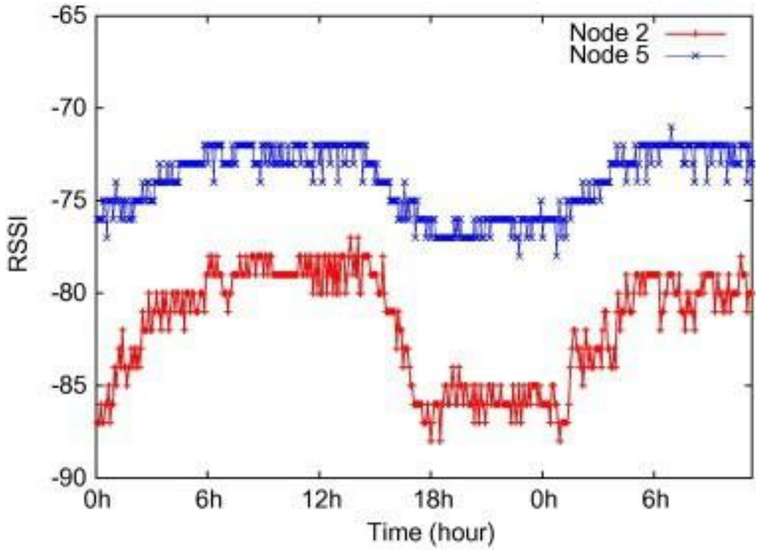
RSSI и LQI

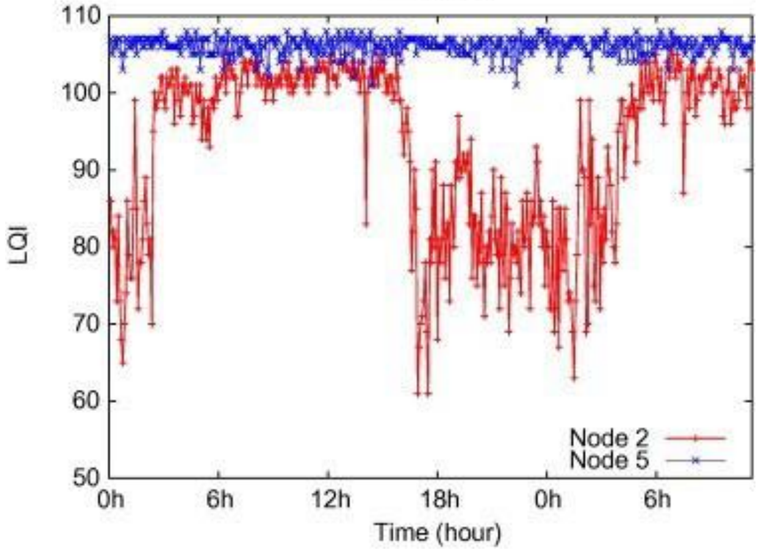
Существует два основных типа информации о сигналах: **RSSI и LQI**

RSSI или Received Signal Strength Indicator -индикатор мощности полученного сигнала, это значение указывает на то, насколько громким является прием. RSSI должно быть выше уровня чувствительности, чтобы понять.
Единицами являются дБм, они начинаются с 0 и снижаются, когда громкость становится ниже (жесткий предел -130 дБм).

LQI или Link Quality Indicator - индикатор качества связи, это значение указывает на то, сколько разговора понятно, и в конечном итоге все, что имеет значение.
Единицами являются проценты, где 100% означает, что каждый пакет получен, а 0% означает, что пакеты не получены.

Абстрактную оценку именно этой величины у величины, у вас спрашивают второй половиной враза - "Как слышите и разбираете"





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

RSSI и LQI

Представьте, что вы разговариваете в тихой комнате. Ваш партнер говорит достаточно громко, чтобы вы могли услышать, потому RSSI его голоса превышает чувствительность ваших ушей. Вы поймете разговор, потому что вы слышите каждое слово. Это 100% LQI - вы получаете 100% слов. А теперь представьте, что кто-то трубит в сирену прямо посреди предложения. RSSI все еще тот же уровень, вы все еще слышите то, что можете разобрать при той же громкости, вы пропустили слово, поэтому LQI ниже. Чем ближе громкость разговора к уровню фонового шума в комнате, тем больше вероятность того, что вы пропустите слово из-за того, что оно смешивается с фоновым шумом и снижает ваш LQI. Помните, LQI - это все, что имеет значение.

Ваш партнер может кричать сколько угодно громко, но если вы все равно слышите каждое слово, громкость не имеет значения, вы всегда слышите каждое слово.

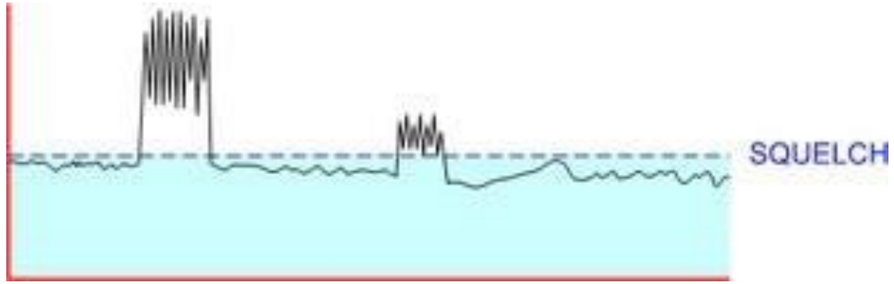
Предел чувствительности RSSI или RSSI Sensitivity Limit

Это самое низкое теоретическое значение RSSI, которое может различить радиоприемник. Поскольку разные скорости пакетов и диапазоны частот имеют разные пределы чувствительности. Более низкие частоты более чувствительны, -123 дБм для 25 Гц 915 МГц до -105 дБм для 500 Гц 2400 МГц. Это дает вам предел, ниже которого вы не можете летать.

Для полетов на ELRS Разумное значение предупреждения об уровне сигнала на 5-10 дБм выше предела чувствительности, указанного в индексах радиочастотного режима (например, 250 Гц=-108 дБм, следовательно, от -103 дБм до -98 дБм для тревоги).

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

SNR и Squelch

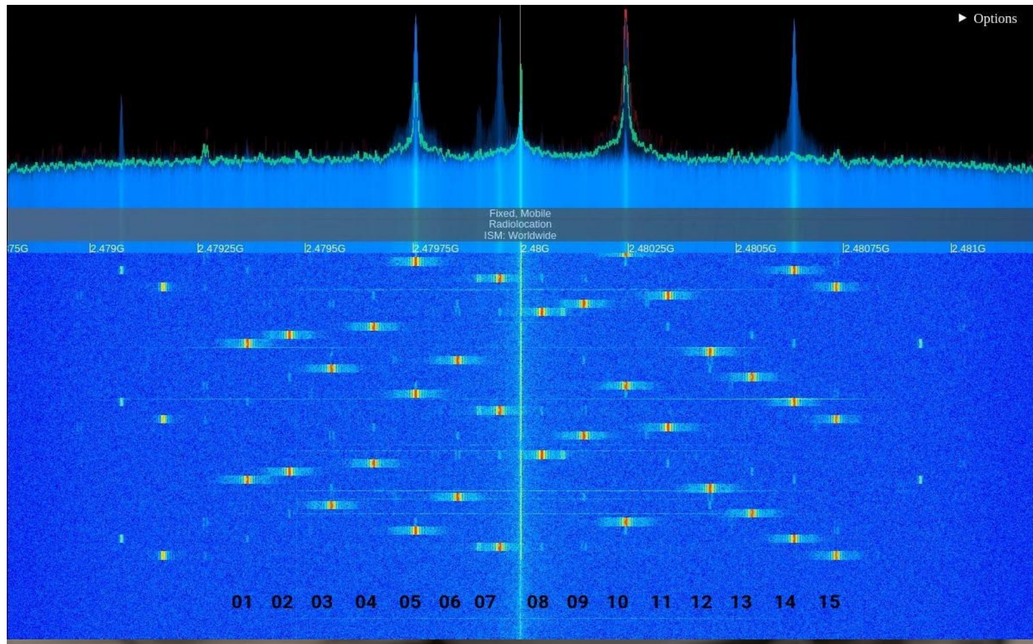


- **SNR или Signal-to-noise ratio - означает соотношение сигнал/шум** и сравнивает **RSSI дБм** с уровнем радиочастотного фонового шума и выражается в единицах дБ (не дБм), чем выше, тем лучше. Обратите внимание, что оно сравнивает уровень фонового шума, а не предел чувствительности.
- В телекоммуникациях **шумоподавление**, англ, **Squelch** - это функция, которая подавляет аудио (или видео) на выходе приемника при отсутствии сильного входного сигнала. По сути, **Squelch** - это специальный тип шумоподавления, предназначенный для подавления слабых сигналов. Squelch используется в радиостанциях двусторонней связи и радиосканерах VHF/UHF для устранения звука шума, когда радио не получает нужной передачи.
- С помощью установления пороговых значений этих величин на приемнике, можно игнорировать шум созданный средствами РЭБ и выделять на фоне него полезные сигналы или наоборот снизить качество полученного сигнала и все же не потерять его полностью

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ППРЧ

- **ППРЧ** - Псевдослучайная перестройка рабочей частоты, англ. Frequency Hopping Spectrum Spreading, FHSS это технология передачи сигнала с быстрой псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. Метод заключается в периодическом скачкообразном изменении частоты носителя по определенному алгоритму, известному для приемника и передатчика
- Стандарт **IEEE 802.11** предусматривает 79 возможных алгоритмов, к тому же длительность посыла составляет 20 мс.
- Большинство **military grade** станций таких как **Harris** и **Aselsan** использует эту технологию.
- В Украине есть собственная разработка для связи ротного уровня - радиостанция **HIMERA**, которая тоже применяет ППРЧ. Еще одно преимущество этих станций в использовании нестандартного диапазона частот 900 МГц, что уменьшает риски подавления стандартными средствами. Также эти станции могут работать в качестве ретранслятора, что позволяет быстро расширить покрытие радиосети без использования дорогих средств транкинговой связи.





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ОПТИМИЗАЦИЯ СТАНДАРТА DMR

- Большинство средств связи, которые используются на линии соприкосновения, являются портативные и автомобильные радиостанции стандарта **DMR**. Эти станции обычно не имеют встроенных функций преодоления радиопомех, но их работу все равно можно оптимизировать.
- Заголовки пакетов под действием РЭБ часто могут не дойти до конечного абонента что может привести к полной потере сообщения или неразборчивого голоса за счет потери части шифрованных данных. Для противодействия этому можно изменить параметр **TX Preamble Duration,** который добавляет цепь данных перед сообщением, и увеличивает таким образом шанс получения этого сообщения.
- Еще одним полезным параметром является **SIT или Subscriber Inactivity Timer**. Этот параметр изменяет время, которое ретранслятор очикует нового сообщения после завершения предыдущего, таким образом не давая ему перейти в режим сна.
- **При использовании роуминга**, можно увеличить длину и уменьшить интервал так называемого Beacon, что увеличит шанс его получения радиостанцией. Надо помнить, что эта функция демаскирует ретранслятор так как легко пеленгуется.
- Очень сильно на прием цифрового сигнала влияет **сканирование**. Чем больше каналов в сканировании, тем меньше шансов принять каждый из них. Скорость сканирования в среднем составляет 0.5 - 1 сек/канал. Старайтесь оставлять не более 3 каналов в сканировании для работы в зоне боевых действий, и инструктируйте подразделения выдерживать паузу в 1.5-2 секунды после нажатия тангенты.
- **Симметричное шифрование 128 и 256 бит** более сложное и требует больше пакетов данных чем короткие 40 битные. В некоторых случаях стоит оставить несколько каналов на ключах 40 бит или вообще открытыми на случай РЭБ.

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ОПТИМИЗАЦИЯ СТАНДАРТА DMR

Number of Digital Scan List Members	Number of Analogue Scan List Members																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	-	-	480	480	480	720	720	720	960	960	960	960	1200	1200	1200	1440	1440
1	-	-	720	720	720	960	960	960	960	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1440	-
2	480	720	720	960	960	960	960	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	-	-
3	720	960	960	960	1200	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	-	-	-
4	960	960	1200	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	-	-	-	-
5	960	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1920	-	-	-	-	-
6	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1920	1920	-	-	-	-	-	-
7	1200	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1920	1920	1920	-	-	-	-	-	-	-
8	1440	1680	1680	1680	1920	1920	1920	1920	2160	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1680	1680	1920	1920	1920	1920	2160	2160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1680	1920	1920	1920	2160	2160	2160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	1920	1920	2160	2160	2160	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1920	2160	2160	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	2160	2400	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	2400	2400	2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	2400	2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица рекомендуемых значений длины преамбулы относительно количества каналов в сканировании

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ЭКРАНИРОВАНИЕ И КЛЕТКА ФАРАДЕЯ

- **Экранирование** - Защита аппаратов, приборов, машин от внешних воздействий (чаще всего электрического, магнитного и электромагнитного полей с помощью клетки Фарадея).

- **Клетка Фарадея** (также известна как **экран Фарадея**) – замкнутое в пространстве ограждение, сформированное из электропроводящего материала (в виде сплошных элементов или сетки). Такое ограждение нейтрализует внешние статические и динамические электрические полня внутри себя.

- Задача **экранирования антенны** заключается в радио-изоляции антенны в определенном направлении.



МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ЭКРАНИРОВАНИЕ И КЛЕТКА ФАРАДЕЯ

Эффективность экранирующего действия (в децибелах, дБ) сеточных и металлических материалов [3]:149						
Вид экрана	Материал экрана	Частота электромагнитной волны, кГц				
		10	100	1000	10 000	100 000
Металлические листы толщина 0,5 мм	сталь	64	87	120	120	120
	Медь	67	70	88	120	120
	Алюминий	65	66	80	120	120
Металлические сетки	Медная проволока 0,1 мм, ячейки 1×1 мм	65	55	50	42	32
	Стальная проволока 0,1 мм, ячейки 1×1 мм	48	47	42	36	29,5



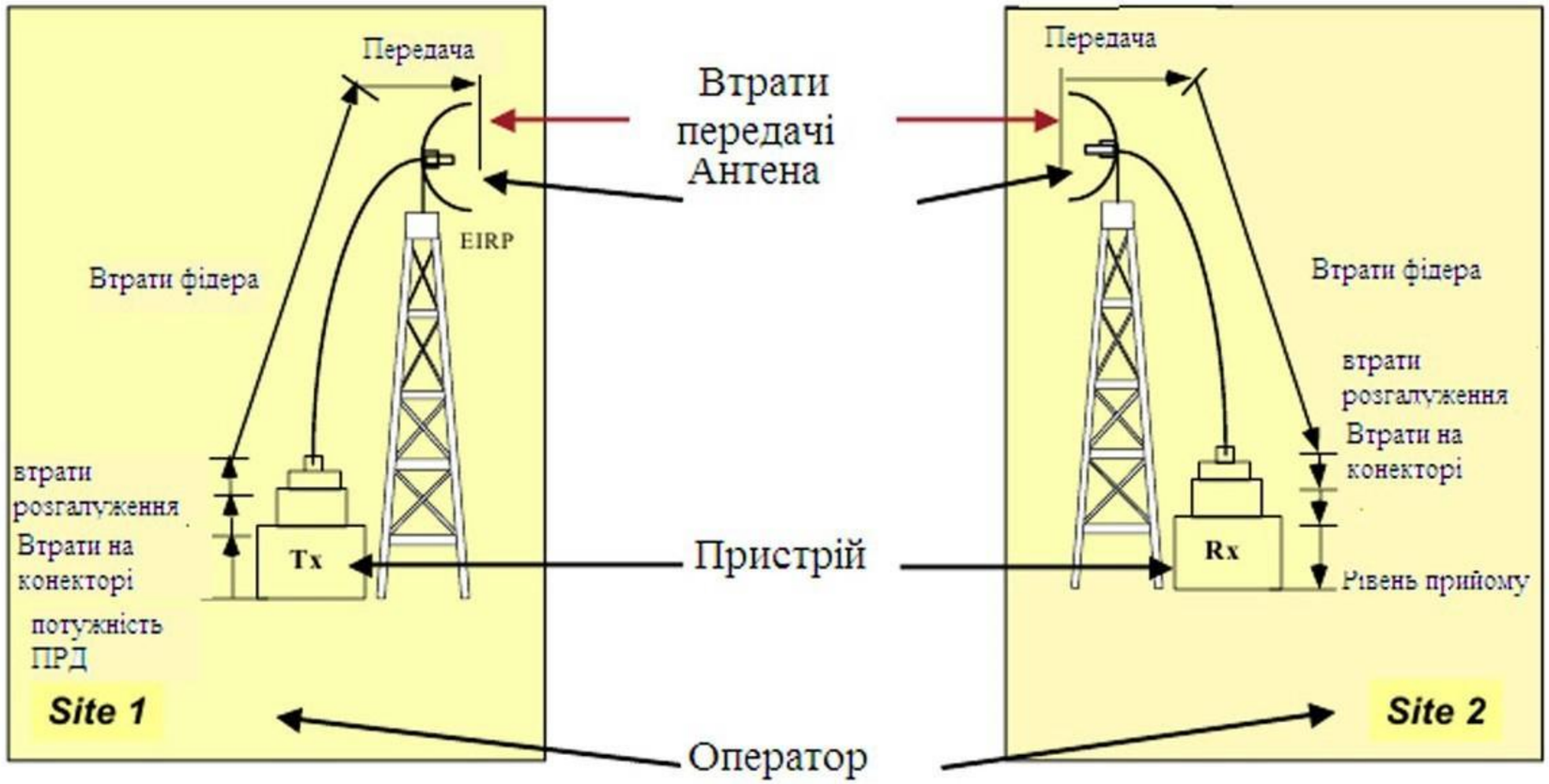
МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ

- Важной составляющей для достижения стабильной связи даже в условиях РЭБ, является **расчет мощности сигнала** на передатчике относительно расстояния на которое его надо передать. При этом должны учитываться потери антенно-фидерном тракте передатчика и приемника, усиление антенны, частота, среда и тому подобное.
- Чтобы спрогнозировать охват, нам сначала нужно знать **ERP - эффективную излучаемую мощность** всей передающей системы.
- **Формула ERP** такова: ERP = мощность передатчика в ваттах x 10^((коэффициент усиления антенной системы в кабеле с расшатыванием дБ)/10)
- Пример: мощность FM-передатчика = 1000 Вт, тип антенны = 4-значная вертикальная поляризация диполя, коэффициент усиления 8 дБ, тип кабеля = низкий ход ½, длина кабеля = 30 метров, затухание кабеля = 0,69 дБ
- ERP = 1000 Вт x 10^(8 дБ-0,69 дБ)/10 = 3715 Вт
- Таким образом, система, описанная в формуле, будет эффективно обеспечивать примерно в 3 раза большую мощность передатчика для ERP 3715 Вт с зоной покрытия 152 километра. Следует отметить, что это только теоретический расчет. Чтобы войти в дом и пройти сквозь препятствия, требуется больше силы, чтобы преодолеть это расстояние. Для полного расчета используется комплексный анализ на основе моделей потерь с учетом всех факторов среды

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ



МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ

Watts in ERP	Kilometers Rural area
10	8
30	13
50	17
100	24
300	42
500	54
1000	76
2000	108
4000	152
6000	187
10000	241

Приблизительный километровый пробег сельских территорий с различными значениями ERP для частоты волны 100 МГц

Height (meters)	Distance (km)
3	6
10	11
20	16
30	20
60	28
100	36
300	62
500	80
1000	113
2000	160
3000	196

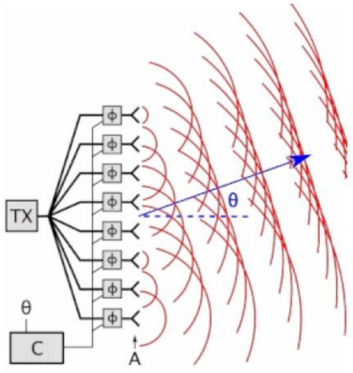
Расстояние, учитывая кривую земли, которое преодолевает антенная система на разных высотах для частоты волны 100 МГц

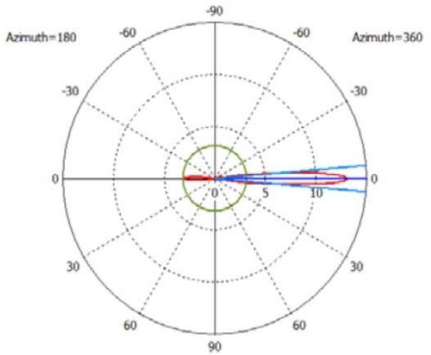
МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

- **Антенная решетка (АР)** - составная антенна, содержащая совокупность излучающих элементов (отдельных антенн или групп антенн), расположенных в пространстве в определенном порядке, ориентированных и возбуждаемых так, чтобы получить заданную диаграмму направленности.
- Антенная решетка позволяет получить необходимые радиотехнические показатели (направление, форму и ширину луча, коэффициент направленного действия, уровень боковых лепестков и т.д.) путем формирования определенного распределения амплитуд и фаз токов или полей, которые возбуждают излучающие элементы (амплитудно-фазового распределения, АФР), в отличие от единичных антенн (например, рупорных, зеркальных), в которых эта задача решается выбором формы, размеров, материалов, конструкции. В антенной решетке **АФР фиксирован**, возможность управления АФР в рабочем режиме отсутствует.
- Более сложная антенна - **фазированная антенная решетка (ФАР)** позволяет произвольно изменять АФР или осуществлять последовательно во времени или одновременно несколько фиксированных вариантов АФР. Отличительным признаком антенной решетки является объединение входов излучающих элементов в один единственный вход



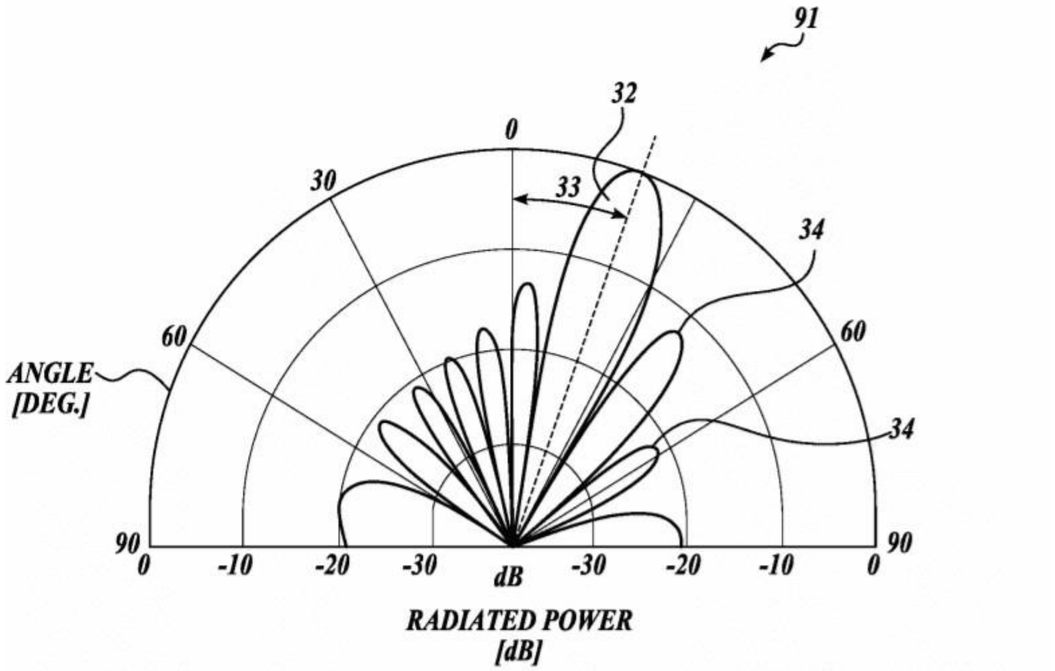


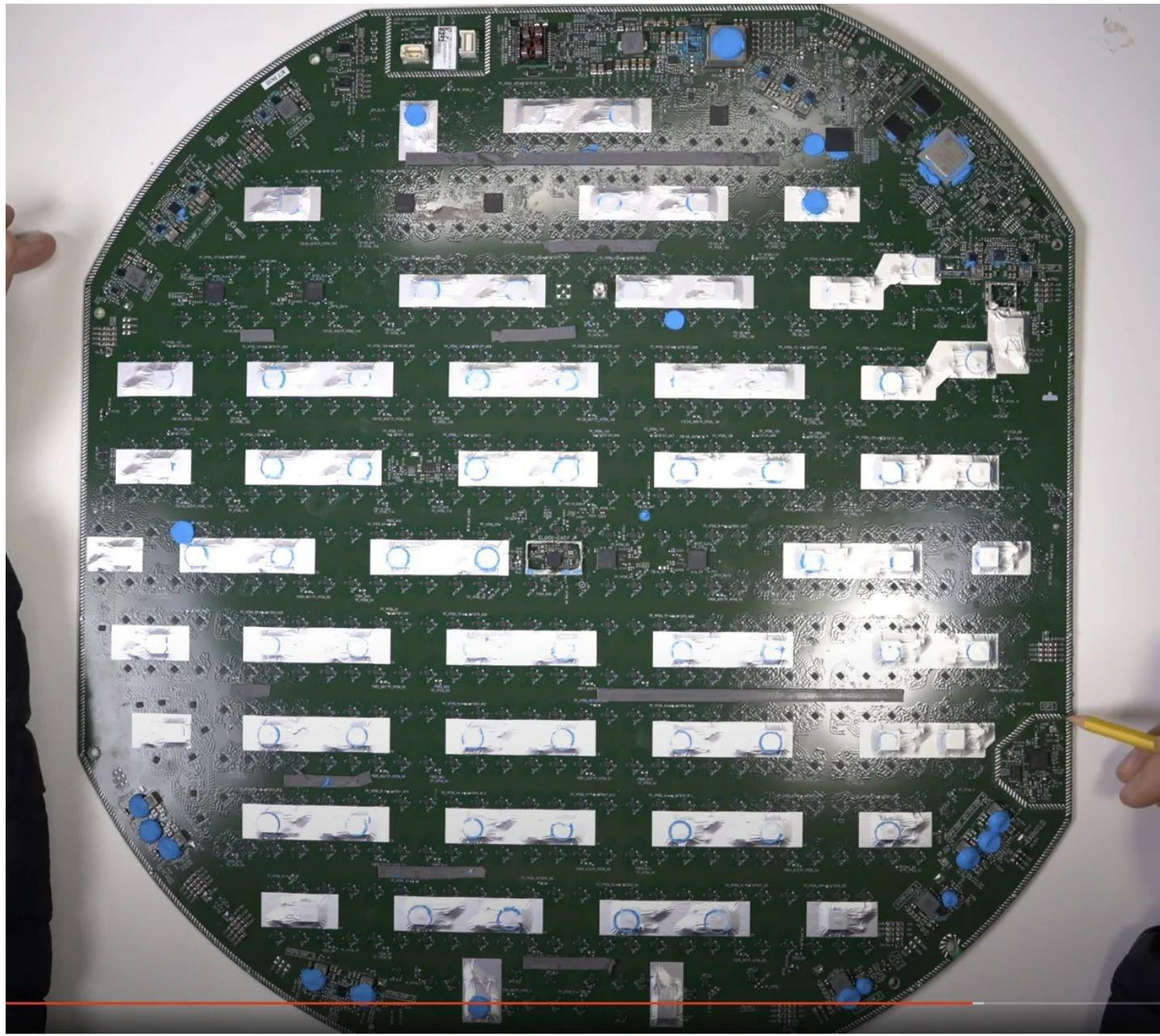




МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА STARLINK



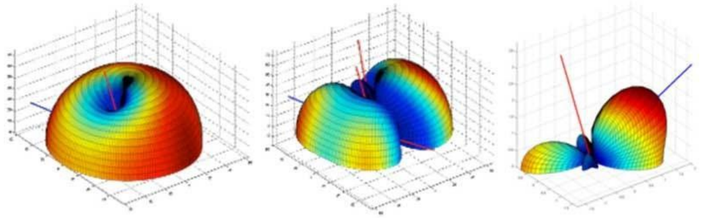


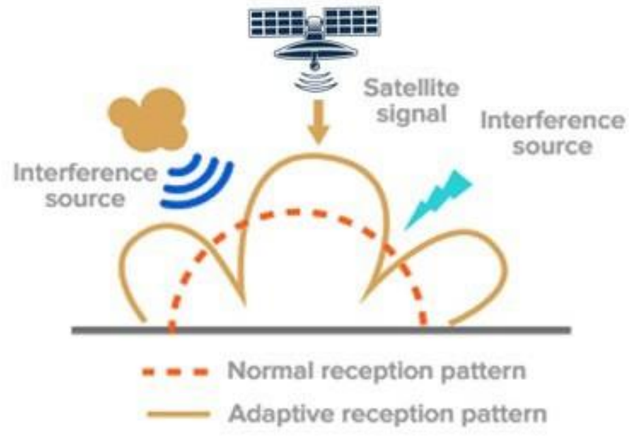
МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

GPS, GNSS и CRPA



- Одним из примеров использования Антенных решеток являются антенны **CRPA**, которые используются для борьбы с глушением и подменой GPS сигналов.
- **Технология предотвращения помех GPS** берет свое начало в холодной войне, а именно в радиолокационных технологиях, где инженеры разработали разумные способы обеспечить работу своих радаров при наличии помех. Устранение боковых лепестков (SLC) это процесс, когда принятый сигнал помех можно было "отменить", объединив выходные сигналы нескольких антенн правильным образом. Так родились **CRPA** антенны.
- **Антенны с контролируемой диаграммой направленности или CRPA** - это антенны с адаптивным управлением лучом, диаграмму направленности которых можно регулировать для создания нулевых сообщений в направлении сигналов помех.

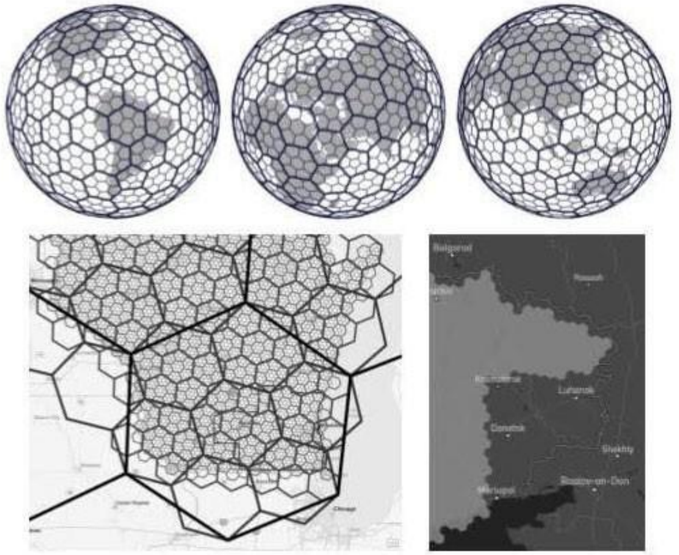




МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

H3 И ЗАЩИТА ТЕРМИНАЛОВ STARLINK ОТ ПОМЕХ GNSS

- **H3 (h3geo.org)** - это система гео-пространственной индексации, которая разделяет поверхность планеты на шестиугольные соты (или ячейки), где каждая ячейка может быть разделена на определенное количество меньших ячеек. Компания SpaceX использует H3 для процессов обработки данных в системе Starlink.
- До определенного времени терминалы Starlink использовали исключительно позиционирование по спутникам GPS, Galileo и т.п., но с апреля 2023 г. пользователям даже без аккаунта доступна функция позиционирования по **Локации Starlink**. Таким образом сигнал от системы GNSS игнорируется и вместо этого используется собственная система позиционирования относительно спутников на основе H3.
- Для того, чтобы сделать свой Starlink неуязвимым, нужно лишь включить режим **"Use Starlink Positioning Exclusively" в разделен Settings -> Advanced -> Debug data**, тем самым активировав режим игнорирования системой терминала сигналов собственного GPS-приемника.





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

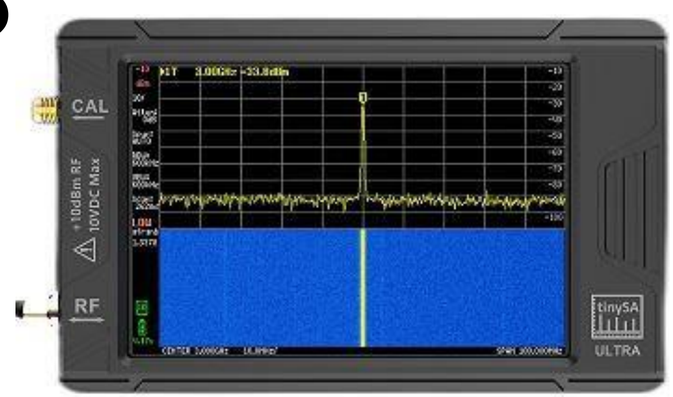
НЗ И ЗАЩИТА ТЕРМИНАЛОВ STARLINK ОТ ПОМЕХ GNSS

- Для того, чтобы эффективно распределять ресурсы спутников, каждая локация в каждый момент времени имеет зарезервированный для всех терминалов в локации основной спутник. То есть каждый терминал в этой локации должен работать только с ним.
- Поэтому пользователям Sterlink на линии соприкосновения часто приходится сталкиваться с **перегруженностью сети** за счет того, что в одной ячейке НЗ зарегистрировано очень много терминалов и все они пытаются подключиться к одному спутнику.
- Эту проблему частично решает **тарифный пакет MOBILE REGIONAL** стоимостью 95 долл/мес, который позволяет терминалу пользоваться дополнительными спутниками при перемещении. Этот пакет работает в пределах всего Европейского континента за исключением зон где работа терминалов запрещена.



МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНЫХ СРЕДСТВ РЕР



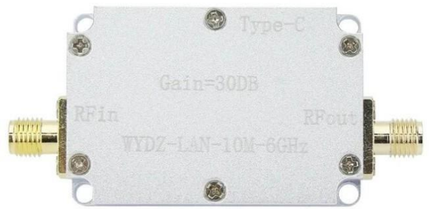
- **ПОРТАТИВНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА** и другие средства РЭР позволяют выявить как преднамеренные так и непреднамеренные препятствия. Организации связи на местности должна предшествовать разведка и выявление этих препятствий и принятие соответствующих мер для их избежания.
- Одними из удобных и доступных портативных анализаторов спектра являются **TinySA** и **TinySA Ultra** и **SA6**. В комбинации с качественным набором направленных антенн можно получить достаточно четкое понимание электромагнитного фона в определенном секторе фронта. Специальную прошивку для военных на это устройство можно получить по ссылке указанной в полезных ссылках этой презентации.
- Еще одним портативным средством РЭР является **SDR приемник** по типу **Airspy** и программа для анализа спектра по типу **SDR Sharp** и аналогов.





МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РЭБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНЫХ СРЕДСТВ РЕР












admin@th6-srv-svc1:~
Fichier Édition Affichage Rechercher Terminal

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

Общие обсуждения

Интервью Сергея Флеша о РЭБ - https://youtu.be/w4-08dACFPI?si=QSPMWnyBz3Gbz5iI

Рекомендации по РЭБ - https://youtu.be/JeYwQtV3Kco?si=-oTZNuKkSqKeiDGN

Образцы РЭБ Нато

Ведение EW - https://www.youtube.com/watch?v=GLDMskBhdW4 и https://www.youtube.com/watch?v=S3He29voq6E

Самолет Гроулер - https://mil.in.ua/uk/articles/litak-reb-ea-18g-grouler/ и MFEW AL - https://www.youtube.com/watch?v=kkCKaXbNZbE

Микроволновое оружие - https://youtu.be/QjHGxKb6W1c?si=3iCn-ndCN_xtabS7 и https://youtu.be/hlmf032NmHU?si=HJg19xjdEC6aSDDW и https://www.youtube.com/watch?v=zfmZkM7GXxA

AUDS - https://mil.in.ua/uk/news/ukrayini-peredaly-antydronovi-systemy-auds/ и https://www.youtube.com/watch?v=P8aZ0zWX3SA M-

LIDS - https://mil.in.ua/uk/news/ssha-zamovyly-systemy-m-lids-proty-droniv/ и https://www.youtube.com/watch?v=pSa_4UONRs0

TEWS - https://www.youtube.com/watch?v=dTqDF9lHDfc

TLS-BCT - https://mil.in.ua/uk/news/lockheed-martin-stvoryt-dlya-armiyi-ssha-prototypy-reb-za-programoyu-tls-bct/ и https://www.youtube.com/watch?v=9A8LA tPmo

MILKAR SANCAK - https://www.youtube.com/watch?v=gnOXXJH3Dhw и ILGAR - https://www.youtube.com/watch?v=bl-aPkN-fqg

ASELSAN KORAL - https://www.youtube.com/watch?v=SuAfRWkZg6E

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

Украинский РЭБ

До полномасштабной - https://defence-ua.com/weapon_and_tech/oslipiti_voroga-5857.html

Старые - https://youtu.be/yuvsK9yRM4A?si=JsHVsDC1jkYlrIBl Актуальные разработки -

https://youtu.be/Ux6W1OQxnxw?si=KYJem53gtJw5Kn9I

Буковель - https://www.youtube.com/watch?v=se8PxfgZQMg

Нота- https://www.youtube.com/watch?v=MOsQRxMDEqM

Kvertus - https://youtu.be/L9mr0CBTcio?si=GBJQ5qbaGRFaXvsb

Unwave - https://unwave.com.ua/?fbclid=IwAR3gVmxm89yN9u_6xqvLaphY0YWtvikQydi3sNflujYy613HUSzHdXIskWM

Пиранья тех - https://ukraine.piranha-tech.net/

Antidrone Ukraine - https://telegra.ph/Antidrone-Ukraine--Protid%D1%96ya-BPLA-11-29

Роман Рубан - https://www.facebook.com/MD.Ruban.Roman

Советы для выбора окопного РЭБ - https://youtu.be/E__xsPwjmhM?si=p839SpwhI3amzAmh

Израиль

ELI-4030 Пассивная антидронная система COMJAM (ESM) - https://www.youtube.com/watch?v=bRRdkt3c1BA ELTA-ELL-8251SB Эскорт-Джаммер Система - https://www.youtube.com/watch?v=srV70Y5adSM

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

Российский РЭБ

Анализ арсенала РЭБ РФ - https://defence-ua.com/weapon_and_tech/radioelektronna_borotba_jak_i_chim_rosija_vojuje_proti_ukrajini-708.html

Трофейный РЭБ РФ - https://war.novyny.live/trofeina-zbroia-chim-zsu-posilili-svoiu-mits-zasobi-rozvidki-ta-pereshkod-94885.html

Недостатки РЭБ России - https://www.youtube.com/watch?v=Cl7aAAz0Cuc

Леер 2 - https://mil.in.ua/uk/news/zsu-znyshhyly-rosijskyj-reb-leer-2/ и https://www.youtube.com/watch?v=QnwPWih3kms

Леер 3 - https://www.youtube.com/watch?v=riECQezGzuM и https://www.youtube.com/watch?v=Zq11HBOygiE

Лорандит - https://armyinform.com.ua/2023/06/13/zahysnyky-ukrayiny-znyshhyly-rosijskyj-kompleks-reb-lorandyt/

Житель - https://www.youtube.com/watch?v=0YWPEXns0e8 и https://www.youtube.com/watch?v=-FSjkfsf15Q

Красуха С4 - https://youtu.be/NPr4SEvrr3c?si=SvddFT0dMb2yzsfE

Красуха (2, 2О,С4)- https://youtu.be/QGLiTH-1bGA?si=6YmUfZH7up5rx29G

Спектр вооружения - https://youtu.be/sLpu-QAAOf8?si=Kp_mjZeNDdKKEBBG

Работа комплекса Поле-21 - https://youtu.be/hx1aEko3j7Q?si=K68c5W7aUnMSuzzh

Работа комплекса Волнорез https://youtu.be/xx3miCTLCJ4?si=mDLAz10baXsgkS95

Литература - https://sprotyvg7.com.ua/lesson/zasobi-radioelektronnoi-borotbi-voroga

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

Борьба с РЭБ

Новая Аист - https://youtu.be/Oh7uXPUmfXc?si=hTmTmhX3tFBS0V

Радиостанция Химера - https://www.youtube.com/watch?v=3fixvCrH_fI

Аэростаты - https://www.youtube.com/watch?si=h-T66ezJBBBxSXA7&v=23JtbyoJv8M&feature=youtu.be

Корпус и держатель для TinySA и TinySA Ultra - https://www.facebook.com/profile.php?id=100008203117816

ПО для TinySA и TinySA Ultra - https://www.facebook.com/bkmit

Системы связи с ППРЧ - https://sprotyvg7.com.ua/lesson/sistemi-radiozvyazku-z-pprch

Как летать под РЭБ – https://youtu.be/BwmAi_F-RZc?si=OxEDG037R4w6nA3h

Надводные дроны - https://mil.in.ua/uk/articles/udarni-morski-drony/#google_vignette

CRPA антенны - https://www.gpsworld.com/anti-jam-technology-demystifying-the-crpa/

Центр оперативной поддержки миссий SIGINT - https://www.emsopedia.org/entries/operational-support-centre-for-sigint-missions/

Качество сигнала при полетах на ELRS - https://www.expresslrs.org/info/signal-health/