

КЦПН

Аналитический
центр

К

Ц

П

Н

БПЛА "ХОРNET"

Аналитический бюллетень



МАЙ 2026

Оглавление

Общие сведения о БПЛА «Хорнет» («Марсианин 2»)	3
Расширенная техническая справка о БПЛА «Хорнет»	5
Тактико-Технические Характеристики БПЛА «Хорнет»	10
Основные технические особенности БПЛА «Hornet»	11
Подробное расположение блоков:.....	13
Боевые части БПЛА «Хорнет»	20
Пусковая установка БПЛА «Hornet»	26
Спутниковая навигация.....	34
Радиочастотная часть	37
Антенны.....	50
Про дрон-детекторы.....	78
Обобщённые данные и рекомендации по противодействию БПЛА «Hornet».....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ "ТРОФЕЙНАЯ ИНСТРУКЦИЯ К СИСТЕМЕ ИНИЦИАЦИИ VIVA 1.0 ДЛЯ БПЛА "ХОРНЕТ"	81



Общие сведения о БПЛА «Хорнет» («Марсианин 2»)



Беспилотный летательный аппарат «Хорнет» — ударный БПЛА самолётного типа, относящийся к классу барражирующих боеприпасов с автономной навигацией и элементами искусственного интеллекта. В российских войсках получил условное прозвище «Марсианин-2»; обозначение «Марсианин-1» используется для квадрокоптерного БПЛА Bumblebee того же производителя, с которым «Хорнет» объединяет общая архитектура бортовой электроники и наведения.

Ключевая особенность «Хорнет» — сочетание спутниковой навигации с инерциально-оптической одометрией, продвинутой оптико-электронной системой захвата и распознавания цели на базе ИИ, а также использование нестандартных зашифрованных частот передачи данных. В результате БПЛА способен выполнять полет по маршруту автономно, минимизируя потребность в постоянном канале связи с оператором и резко снижая эффективность типовых средств РЭБ и радиодетекторов. Разработан американской компанией Swift Beat, принадлежащей бывшему генеральному директору Google Эрику Шмидту. Система создана в рамках более широкой инициативы "Project Eagle", направленной на разработку автономных дронов с ИИ для современной войны.





Роль Эрика Шмидта в разработке новых дронов для украинской армии и армий западных государств заслуживает отдельного упоминания. Начиная с 2022–2023 годов Шмидт неоднократно посещал Украину, встречался с командирами бригад и операторами БПЛА. В сентябре 2022 года он обсуждал «технологические решения» для ВСУ с главой Офиса президента Андреем Ермаком. Шмидт лично наблюдал за работой 14-го отдельного полка ВСУ, специализирующегося на разведывательных и ударных дронах. По итогам одного из визитов он написал колонку для *Wall Street Journal*, в которой заявил: «Будущее войны будут диктовать и вести беспилотники».

Шмидт создал и профинансировал ряд структур, связанных с военными БПЛА:

- White Stork / Swift Beat LLC — его основная компания. Специализируется на дронах-перехватчиках, ударных БПЛА средней дальности и FPV-камикадзе, интегрированных с ИИ;
- Volya Robotics — зарегистрирована в Эстонии через инвестиционный фонд Hillspire, связанный со Шмидтом;
- Aurelian Industries — ещё одна структура, связанная с проектом;
- D3 — украинский военно-технологический акселератор, куда Шмидт вложил \$10 млн вместе с другими инвесторами.

По схеме применения «Хорнет» ближе к высокоскоростному дрону-камикадзе самолётного типа: аппарат набирает скорость и атакует цель с заходом сверху, что



затрудняет как визуальное обнаружение, так и поражение обычным стрелковым оружием на конечном участке траектории. Масса боевой части около 4 кг при общей полезной нагрузке до 5 кг, чего достаточно для поражения транспорта и иных объектов.

Стоимость системы оценивается ниже €5,000, что значительно дешевле сопоставимых западных платформ. Это делает «Хорнет» экономически эффективным решением для массового применения в боевых условиях.

Расширенная техническая справка о БПЛА «Хорнет»

Безусловно, нельзя рассматривать и разобрать один тип дрона, имея целую общемировую концепцию и систему. Вначале вникнем в основу перспективного подхода применения БПЛА, создающих сложные и многозадачные контуры, с взаимной поддержкой разведывательно-ударных контуров. Такие решения не новы и давно описывались, в том числе в России, но практическая реализация случилась в Украине, странах НАТО и Китае и стало основой современных войн. Создание понятия «Килл-Зоны» - периметра, где невозможно произвести накопление и развёртывание средств и сил для организации наступательных и эффективных оборонительных действий, имеющей глубину больше дальности размещения и стрельбы существующих артиллерийских вооружений и даже реактивной артиллерии, мест накопления техники и личного состава, логистических путей обеспечения топливом и боепитанием. Если до СВО тыловой зоной считалась глубина 15км, то на сегодня на глубине 50км противник имеет беспрепятственный доступ разведывательных и ударных БПЛА.

На сайте КЦПН <https://kcpn.info> и в Телеграмм канале @kcpn2014 собран огромный массив важной информации, помогающей заранее понимать ходы противника.

Для целостного понимания есть знаковые публикации КЦПН, которые глубже и яснее показывают общую тенденцию:

1. Рой дронов: будущее современной войны или фантастика? Правильное понимание. Взгляд врага <https://t.me/kcpn2014/3865>
2. Беспилотные летательные аппараты на Украине. От двенадцати мифов к реальности. Александра Маллой <https://t.me/kcpn2014/3896>
3. Танки в современной войне. Пушки, снаряды, защита, kill-зоны, будущее. Мысли врага <https://t.me/kcpn2014/3932>
4. Politico: Kill-zone на Украине. Как беспилотники положили конец окопной войне <https://t.me/kcpn2014/3577>



5. Война и победа в мертвой зоне. Вступительная лекция руководителя КЦПН Александра Любимова и руководителя НПЦ «Ушкуйник» Алексея Чадаева <https://t.me/kcprn2014/3451>

Огромный вклад в анализ БПЛА, поиск и объединение информации внесли Российские тематические Телеграмм-каналы:

- «ПОЛЕЗНАЯ НАГРУЗКА» <https://t.me/payloadUAV> ;
- «Инженеры фронту» https://t.me/INFRONT_Z ;
- Разработчик БПЛА <https://t.me/UAVDEV> ;
- «Одна нога здесь, другая там!» https://t.me/combat_engineer;
- «Квадро код» https://t.me/quadro_code
- «БПЛА Информ» https://t.me/bpla_inform и множество специализированных Телеграмм-каналов и групп.
- Полезные публикации в <https://dzen.ru/a/adfo332eH2a0gKlQ>.

Отдельная огромная благодарность Специалисту по самолёту и двигателю М.Н.Р., 55 дивизии МП, Лаборатории СпН «Ахмат», и множеству неравнодушных людей, защищающих нашу Страну.

Сразу условимся, что про БПЛА «Hornet» было много сомнительной специально вбрасываемой информации. Но и сам БПЛА – это тестовый «конструктор», на котором постоянно проверяют в боевых условиях технические и тактические решения и конечно, реакцию Российских военных и средств противодействия на атаки. Изменения происходят по мере накопления боевого опыта. БПЛА летает ещё с весны 2025 года и довольно часто попадался в видео со сбитиями от "Рубикон" и в виде трофеев в разных состояниях сначала на Запорожском, Донецком и Белгородском направлениях, а сейчас массово распространившись по всем участкам ЛБС.

Изначальное тех. задание на дроны предполагало выбор диапазонов радиоканала, типа камер и дальности полёта и автозахвата цели, в первую очередь, с учётом российских средств РЭБ, тактической радиосвязи, возможности поражения. Например: канал управления БПЛА на LoRa протоколе по диапазону частот находится в диапазоне основной российской радиосвязи на СВО в стандарте DMR VHF и UHF диапазона и в том числе, некоторых популярных диапазонов тактических радиостанций «Азарт». Сделано это, чтобы спрятаться за российским радиоканалом и привести к внутреннему конфликту интересов при попытках глушения средствами РЭБ «боялись БПЛА и сами себе заглушили свою основную военную связь». Поляризация антенн БПЛА выбрана именно так, что минимизирует обнаружительную возможность и воздействие российских средств РЭБ уровня Р-934, Р-330ж и др.



Видеокамеры и объективы выбраны в минимально необходимых параметрах для захвата цели с дистанции в среднем до 300...500м, что даёт возможность автономного пикирования на цель с высоты до 200...300м, или, летя невысоко над землёй захватить цель, с этого-же расстояния, уже не реагируя ни на какие средства РЭБ применявшиеся на ЛБС российской стороной.

Попытки выскочить за 15км дальности наземной радиосвязи из-за расширения глубины килл-зоны сначала были в подключении MESH-MANET модемов Radionor CRE2 как качественного и амбициозного европейского конкурента Silvus Technology. Но цена модемов намного выше, чем терминал Starlink и естественно терминал Starlink mini прикрутили к БПЛА «Hornet».

Отдельно рассказано про особенности БПЛА <https://t.me/UAVDEV/10020> и высказана логичная мысль:

Однако, я не согласен с выводом о взаимодействии укров с американцами. Речь идёт об взаимодействии одной конкретной компании США с украинцами. Также, как взаимодействуют поляки, итальянцы и прочие.

Просто это вторая (после AeroVironment) вражеская частная контора с системным подходом к дроностроению, которая поняла, что для армии надо делать мавик, но с нюансами. Поэтому, мы видим одноплатное решение all-in, наиболее технологичное в производстве. И мы видим распознавалку в базе. И упор на аэродинамику и тишину во всех изделиях.

Что важно сразу зафиксировать:

1. Молодые американские и европейские технологические компании готовы уверенно перетянуть на себя полное производство высокоэффективной и дешёвой беспилотной техники. Это порождает внутренние конкурентные войны за заказ и создание информационной мишуры и волшебных способностей, чтобы дороже себя продать.

На сегодняшний день внутри БПЛА Bumblebee, Merops, Hornet установлен производительный одноплатный компьютер и реализованы несложные задачи ИИ в компьютерном зрении (CV, от англ. Computer Vision), которые в изображении находят похожее с заложенными сигнатурами, классифицируя и сегментируя увиденное. Основная задача – максимально упростить задачу пилота, показывая ему подсвеченные квадратики на изображении с названием опознанной цели (военная или легковая машина, танк, бмп, человек в камуфляже и т.д.). Но принимает решение о выборе цели из множества «квадратиков» – оператор. Когда оператор указал, что нужно



поразить цель в нужном квадратике – происходит автозахват цели и БПЛА уже автоматически пикирует без участия оператора. То есть, без команды оператора БПЛА не принимает решение о выборе цели и атаке! Для сравнения – Ваш смартфон тоже распознаёт лица, но за вас и без вас никому не звонит и не пишет!

Рекламные обещания о всемогуществе БПЛА и военная пропаганда противника сделали из БПЛА всемогущих роботов, самих летающих на 100+ км и ищущих цели противника, «future is here». Это проявляется в интернет-вбросах об абсолютной автономности, неподавляемости и огромных дальностях. Причём, доходит до подделки видео, превращая чужие поражения в заслугу именно «Hornet».

Но по факту – это очень эффективные, максимально упрощающие оператору задачу дроны, которые оператор или доводит до цели вручную или указывает какую цель выбрать. На том железе, которое сейчас внутри БПЛА Bumblebee, Merops, Hornet успешно развить полную автономность принятия решений, роевые_стайные техники атаки и прочее очень маловероятно, потому что тупо не хватит производительности процессоров и памяти.

2. Вся история с компанией Swift Beat LLC и её продуктами Bumblebee, Merops, Hornet весьма качественно контролируется американцами, а украинцы в технической части отставлены на третий план. Им позволяют запускать БПЛА и восхищаться, но к разработкам и серьёзным доработкам не подпускают. Яркий пример – за много лет ни разу полноценно не показана и не описана наземная часть системы «Bumblebee» и «Hornet». Все доработки дронов для боевой работы выполнялись полуофициально, не имея типового технического решения и в лучшем случае, методом «тыка» подключались платы инициации БЧ, невзирая на риски личного состава. Платы инициации и печатная рамка крепления БЧ и даже выбор БЧ – украинские доработки. Изображения с экрана наземной станции управления (НСУ) для БПЛА Bumblebee, а потом Hornet «как-бы случайно» появились к проходившим выставкам, на которых БПЛА представили. И сейчас, вслед за рекламой конкурента Helsing HX-2, понеслись публикации зрелищных прилётов «Hornet».
3. Военнослужащие армии США овладевают проверенными на Украине дронами-камикадзе «Hornet» с элементами искусственного интеллекта.

Об использовании этих беспилотников на учениях в Европе сообщает [«Defence Blog»](#).

В частности, в начале мая солдаты 2-й эскадрильи 2-го кавалерийского полка армии США провели запуски на полигоне Пабраде в Литве. Одновременно с этим Hornet задействовали на полигоне Бемово Песке в Польше во время учений Saber Strike 2026, а также в марте на базе Графенвер в Германии.



Дроны будут использовать также в рамках более широкой серии учений, которые продлятся до конца мая в Европе. Развертывание сразу в нескольких странах в пределах одного периода учений свидетельствует о расширении использования дронов-камикадзе «Hornet», а не отдельных испытаниях. *Но и в течение 2025-2026г в Украине организацией и подготовкой полётов, и технической эксплуатацией занимались совместные группы.

4. В конструкционных и схмотехнических особенностях ФПВ Archer и в каналах связи Wiy Drones и в дронах Bumblebee, Merops, Hornet имеются специфичные общности, указывающие на единую команду разработчиков.
5. В БПЛА достаточно высокотехнологичных компонентов китайского производства и в дальнейшем оно ожидаемо заменится на американские и европейские компоненты, но самое главное – алгоритмы и инженерные подходы уже созданы и никуда не денутся.
6. Если конструкция БПЛА «Bumblebee» была бесполезная и полуживая по применению. Дрон не разведывательный, камеры плохие, неподвижные и летает до примерно 15км, что естественно вытаскивает пилотов на передний край ЛБС, но на себе много не тащит и нет продуманных механизмов под сброс БЧ или управление инициатором – всё доработано на месте украинцами. «Вещь в себе» на которой проверяли иностранные концепции и алгоритмы, но таскать что-то больше 600гр. БЧ он не мог. Их благополучно потратили и принялись за более реалистичную задачу – «Hornet», который мог лететь дальше, лучше скрывать места запуска, нести до 4,5кг БЧ и развивать большую скорость как раз был нужен для преодоления своей килл-зоны и её расширения в нашу сторону. Эксперименты с модемами и терминалами Starlink дали успех и появились летающие ретрансляторы. Линия радиогоризонта (25-30км) была преодолена и дальше начали пробовать ударные дроны переводить на Starlink. При этом радиомодем убирается из БПЛА. Это решение снизило манёвренность и вес БЧ, но скрыло от РЭР характерные сигналы цифрового видео и стало наиболее стойким к воздействию РЭБ. БПЛА «Hornet» применяли со Starlink только по защищённым объектам на новых территориях РФ.
7. БПЛА Bumblebee и Hornet внутри имеют почти одинаковую электронную начинку и различаются разными винтомоторными группами - квадрокоптер с четырьмя моторами или планер с одним толкающим винтом, блоком сервопривода двигателя (ESC) и мелкими добавлениями внешнего управляемого стабилизатора напряжения, подогрева трубки Пито (ПВД). Когда обсуждаются возможности навигации, опознавания, связи – это всё сделано на одинаковом железе и отличается программным обеспечением под квадрокоптер или самолёт. Про дрон Bumblebee «Марсианин» лучше всего прочитать тут:



ТРОФЕЙНЫЙ ПРОГРАММНО ПИЛОТИРУЕМЫЙ ДРОН «МАРСИАНИН»
https://t.me/platforma_fpv/1526/2841

Рассказывать о сложной технике без технических подробностей и специальных терминов невозможно и придётся стойко терпеть, внимательно читать и разбираться!

Тактико-Технические Характеристики БПЛА «Хорнет»

Параметр	Значение / Описание
Тип БПЛА	Ударный БПЛА самолётного типа, барражирующий боеприпас-камикадзе
Материал планера	Вспененный полипропилен (EPP). Мелкие детали из литого пластика. Каркас крепления БЧ выполнен 3-D печатью для быстрой адаптации под разные типы БЧ.
Взлётная масса	около 15кг
Размах крыла	2.2 м
Длина планера	1.4 м
Масса дрона без БЧ и АКБ	около 5 кг
Дальность полёта	Заявленная - 130-145км. Фактически зафиксированная дальность полёта с БЧ 4кг 60-70км
Полезная нагрузка (макс.)	До 5 кг
Масса боевой части	До 4,5 кг
Способ запуска	Пневмо-катапульта
Мотор	SE4720 300kv
Скорость	100-120км/ч, в пикировании на цель может развивать скорость до 200км/ч (не подтверждённая информация)
Батарея аккумуляторов	12S2p
Габариты батареи	180x70x70мм
Вес батареи	1.9кг



Аккумуляторы	Samsung INR21700-50S
Навигация	Спутниковая навигация + инерциально-оптическая одометрия
Ёмкость батареи	10 000 мА/ч
Система наведения	Электронно-оптическая система с ИИ-распознаванием и захватом цели
Варианты канала передачи видео	<ol style="list-style-type: none"> 1. Двухсторонний радиообмен в диапазонах 1800-1900МГц, 2000-2300МГц, 3300-3800МГц. 2. Терминал Starlink mini. 3. MESH – модем Radionor_Cordis Array II _CRE2-144-LW
Варианты передачи канала управления	<p>Двунаправленный обмен данными:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модули HopeRF с протоколом LoRa, диапазон 159-175МГц и 450-490МГц. Канал связи двунаправленный. 2. *В составе отдельного потока данных канала передачи видео 3. Терминал Starlink mini. 4. MESH – модем Radionor Cordis Array II _CRE2-144-LW
Производитель (по обломкам)	Американская компания Swift Beat LLC

Основные технические особенности БПЛА «Hornet»

Эксплуатационный люк разбит на три отсека поперечными диафрагмами, выполненными методом FDM, замки крышки выполнены в носовой части двумя шпильками с гайками-барашками, предполагается что секция, закрывающая отсек БРЭО редко требует доступа в процессе работ и подготовок изделия, остальные секции фиксируются неодимовыми магнитами к саморезам ответных частей бимсов по обе стороны фюзеляжа, обеспечивая надёжное закрывание по полёту и удобный доступ к основным отсекам. Дно отсеков БЧ и АКБ заклеено текстильными липучками типа «велкро», обеспечивая надёжную и быструю фиксацию основных масс изделия, влияющих на центровку и возможность быстрой переделки.



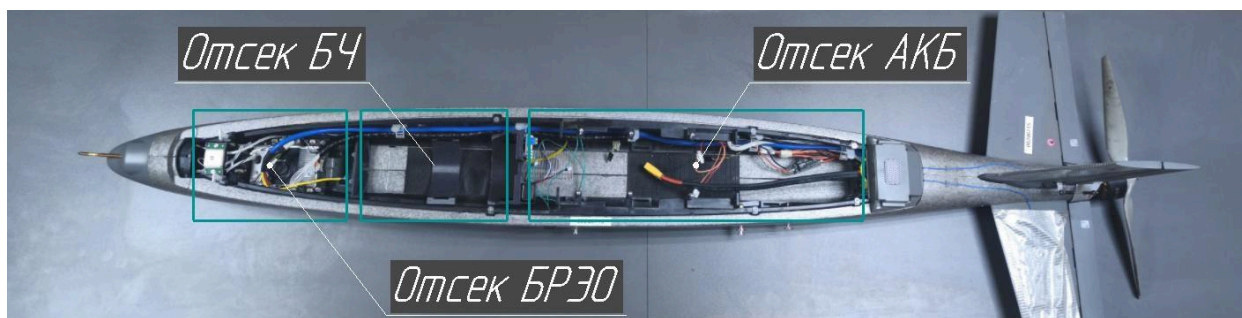


Рисунок 1 Общий вид отсеков эксплуатационного люка БПЛА "Хорнет"

В отсеке Бортового Радио Электронного Оборудования (БРЭО) располагается одноплатный микрокомпьютер и плата полётного контроллера. На плате полётного контроллера закреплены навигационные блоки: дифференциальный приёмник воздушного давления, видеочамера направленная вниз для оптической одометрии (ориентации на местности, поддержания высоты, выбора алгоритма атаки), вынесенная отдельно плата магнитометра, а также внешний блок спутниковой навигации с активной антенной диапазона L1. Предположительно, навигация обеспечивается в первую очередь оптической одометрией, а также ИНС + ПВД, а слабо защищённый от средств подавления модуль спутниковой навигации используется лишь для корректировки дрейфа при наличии устойчивой или периодически появляющейся спутниковой связи.

Также в отсеке расположена дневная курсовая камера со светодиодом неизвестного предназначения. Отдельно отметим, что в начале весны 2026г начали пробовать применение тепловизионной ходовой камеры, MIPI интерфейс это легко позволяет, но на сейчас это в стадии эксперимента. То, что было продемонстрировано на март 2026г, имело ручное управление без автозахвата и стабилизации БПЛА. Продолжают приходить сведения о ночных атаках, что свидетельствует о развитии темы с тепловизорами.

Система обогрева приёмника воздушного давления (сокращённо ПВД или трубка Пито) с помощью электрического плёночного нагревателя для всепогодности применения. Отметим, что он принимает в ПВД лишь полное давление, а статическое давление снимается с внутренних объёмов люка, сообщаемыми с атмосферой. Общая конструкция и ТЗ подразумевает применение в условиях холодного климата и в дальнейшем может иметь доработки, эта явная перестраховка и в том числе глубокий задел под Арктическую/ северную тематику применения!



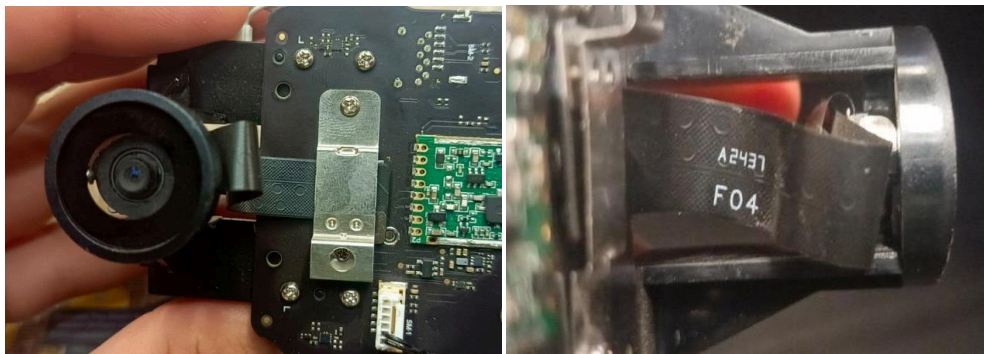
Подробное расположение блоков:



Рисунок 2 Отсек БР90 эксплуатационного люка БПЛА «Хорнет».



Шлейфы к камеры имеют вначале букву FXX, XX.



Нижняя камера, используемая для ориентации на местности, стабилизации по высоте. *Различимость наземных объектов для привязки менее 300м.

Магнитометр на отдельной выносной плате. Унаследован из БПЛА «Bumblebee».



Рисунок 4 Маркировка микросхемы 3460

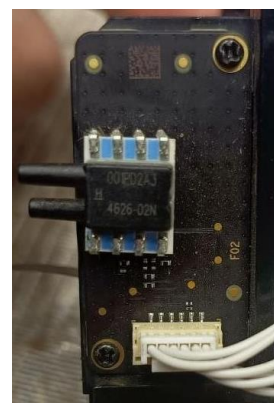


Рисунок 3 Дифференциальный датчик давления выполнен как отдельная плата и модуль.

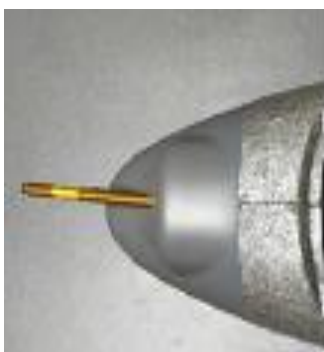
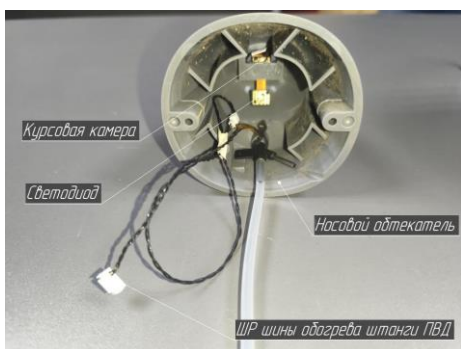


Рисунок 5 Носовая часть фюзеляжа со стороны отсека БРЭО эксплуатационного люка БПЛА «Hornet» (Вид по направлению полёта), трубка ПВД и дифференциальный датчик давления.

Снаружи, в нижней части фюзеляжа, под отсеком АКБ находится ШР ни с чем не связанный, вероятно это короткозамкнутый ШР для работы с катапультной установкой, защищающий от холостого запуска, замыкающий пусковую цепь. По бокам фюзеляжа расположены штыри направляющих пусковой установки, выполненные в виде трёх пар болтов одна тяговая, две направляющих.





Рисунок 6 Нижняя часть фюзеляжа отсека АКБ эксплуатационного люка БПЛА "Хорнет"

Конструкция несущих поверхностей и фюзеляжа изделия выполнены по схеме монокок из EPS методом отливки с усилением литым пластиком и карбоновыми трубками. Фюзеляж изготавливается склейкой двух отливок, в носовой части находится литой пластиковый обтекатель, в хвостовой – моторная рама, тянутая из алюминия. Продольный силовой набор – 4 клеенных бимса, литых из пластика, попарно соединённых вертикальными стойками. Предназначен для демпфирования перегрузок при пуске, восприятия подъемной силы крыла, восприятия нагрузки от моторной рамы, крепления БРЭО и блоков систем. Поперечный выполнен в виде диафрагм, выполненных из пластика методом FDM. Предназначен для восприятия нагрузки на кручение, замыкая контур эксплуатационного люка, разорванного крышкой, разделения отсеков эксплуатационного люка.

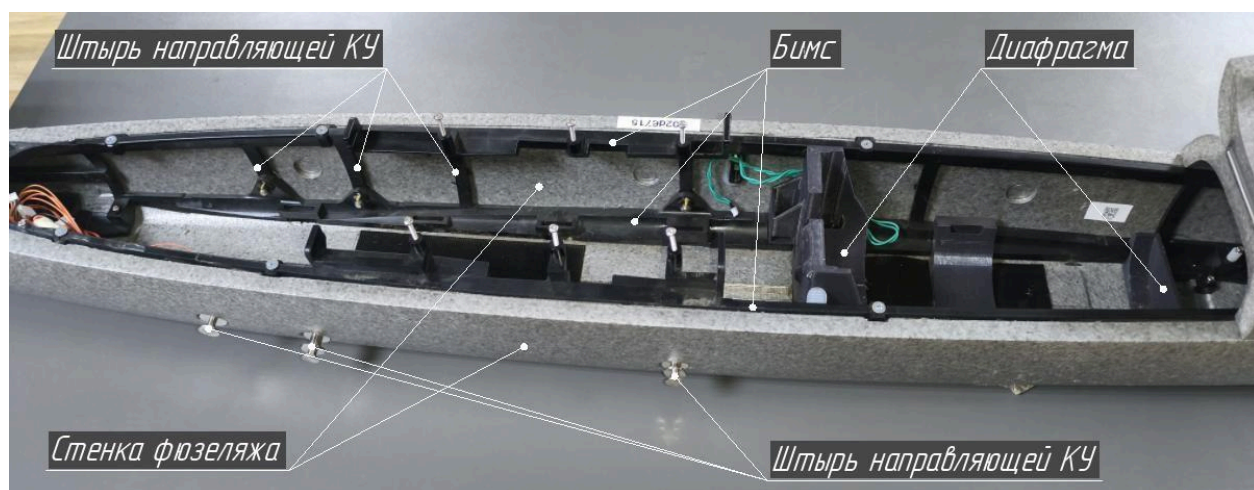


Рисунок 7 Эксплуатационный люк БПЛА «Хорнет» (Вид справа)



Крыло прямое, высокоплан, эллипсовидной формы в плане, угол поперечного V отсутствует. Профили крыла несимметричные, присутствует аэродинамическая крутка. Поперечный набор отсутствует, передача всех усилий с Отсеченной Части Крыла (ОЧК) на фюзеляж производится тремя моментными узлами на разрывных болтах, втулки проушин пластиковые, установлены на этапе отливки, замыкание контура кручения фюзеляжа в сечении крыла производится с помощью муфт в виде металлических трубок снаружи и карбоновых трубок внутри лонжеронов. Отклоняемые поверхности – элероны, расположены начиная с 50% размаха, собственным размером порядка 30%...40% размаха ОЧК и 75% местной хорды ОЧК.

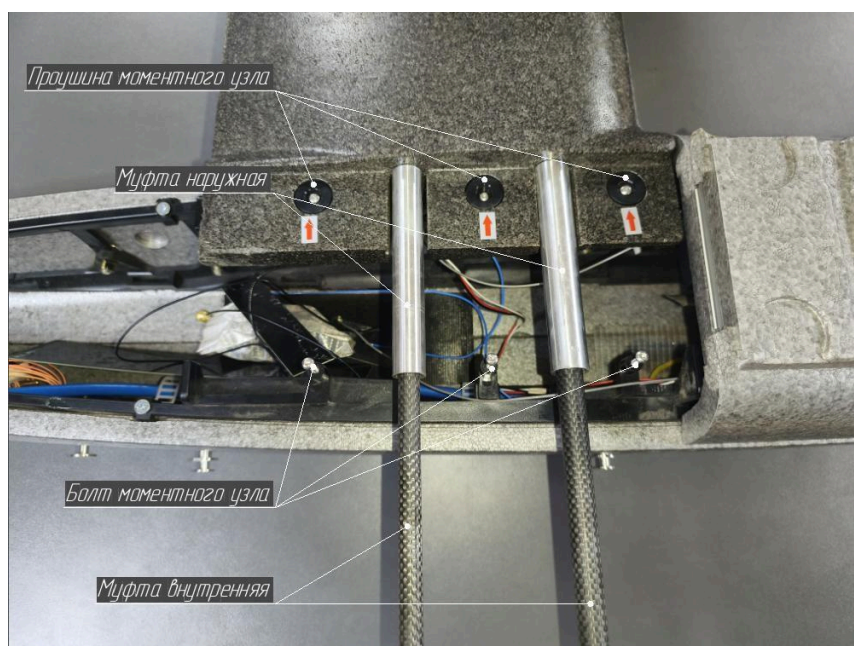


Рисунок 8 Эксплуатационный люк БПЛА «Хорнет» (Вид справа)

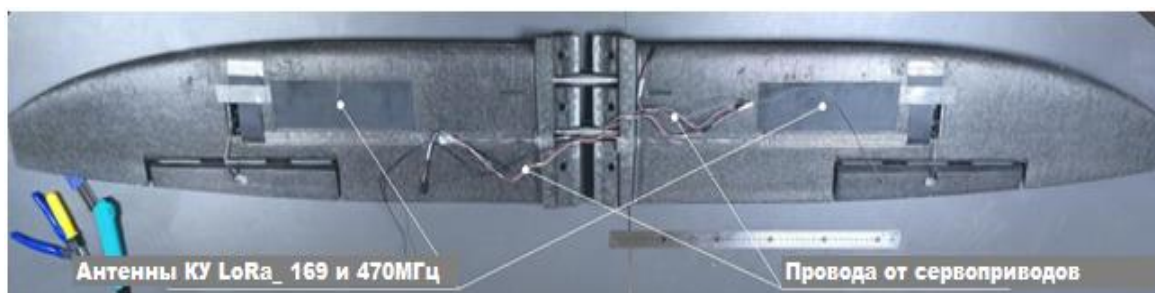


Рисунок 9 Крыло БПЛА «Хорнет» в плане (Вид снизу).

Хвостовое оперение представлено стабилизатором с рулём высоты и килем с рулём направления, свободонесущие, трапецевидной формы в плане, стреловидность по передней кромке порядка 20 градусов. Стабилизатор и киль выполнены единой деталью отливкой из пластика. Фюзеляж сигарообразной формы длиной 1400 мм, диаметр в миделе 180 мм, удлинением 8,3. Крыло размахом 2200 мм, САХ ориентировочно 250 мм, удлинением так же 8,3. Аэродинамическое качество планера ориентировочно не ниже 10...12 за счёт больших значений удлинения и общей аэродинамической чистоты поверхностей.



Винтомоторная Группа (ВМГ) толкающая, представлена мотором SE4720 300KV, вал 5 мм, правого вращения, резьба вала - левая. Пропеллер 16x12x2 от компании APC также правого вращения. Тяга ориентировочно от 7 до 9 кгс, судя по соотношению диаметр/шаг, крейсерская скорость до 120 км/ч, максимальная до 200 км/ч в пологом пикировании, однако в виду прочного и жёсткого планера, ограничение по флаттеру вероятно значительно выше.

Особо отметим высокую манёвренность и скорость, отмечены неоднократные прорывы на высотах не более 5 метров, а также отсутствие утяжеления рулей при пикировании на цель, что позволяет противнику низковысотный прорыв и поражение малоразмерных подвижных целей в пикировании. Но нужно помнить, что сами алгоритмы пикирования различаются и далеко не всегда происходит автоматическое пикирование под углом 45*. Борт вполне может навестись на цель вручную.

При автоматическом пикировании известны промахи - автозахват цели не учитывает мелкие преграды и более жёсткий в манёвренности. Но это уже программные ограничения, и они будут изменяться и совершенствоваться, являясь очень гибкой системой, учитывающей свои прошлые ошибки.



Рисунок 10 Пример автоматического пикирования под углом 45* на цель.

Электронные и электрические узлы БПЛА «Hornet»

Аккумуляторная батарея 12S2P с максимальным напряжением цепи +50,4В. Повышение напряжения выгоднее для регулятора и мотора, но в БПЛА «Hornet» потребовалось ставить отдельный понижающий стабилизатор для питания всего оборудования, кроме регулятора мотора (ESC). Разъём балансировки АКБ типа Molex - 16pin является нестандартным для основной массы техники БПЛА.



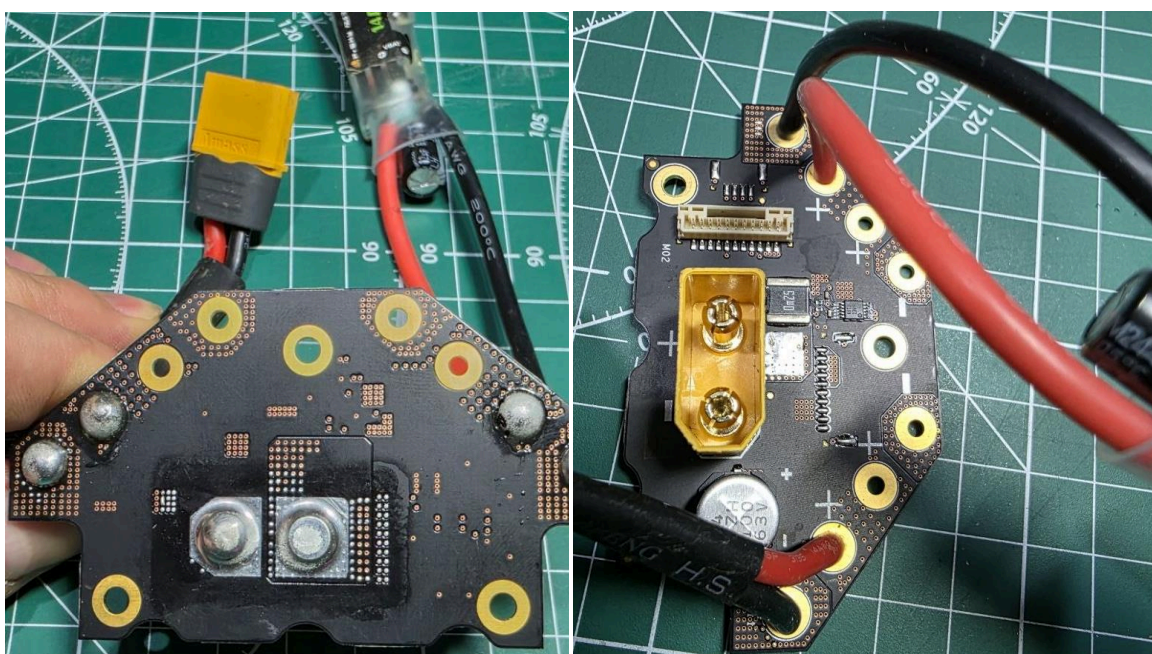
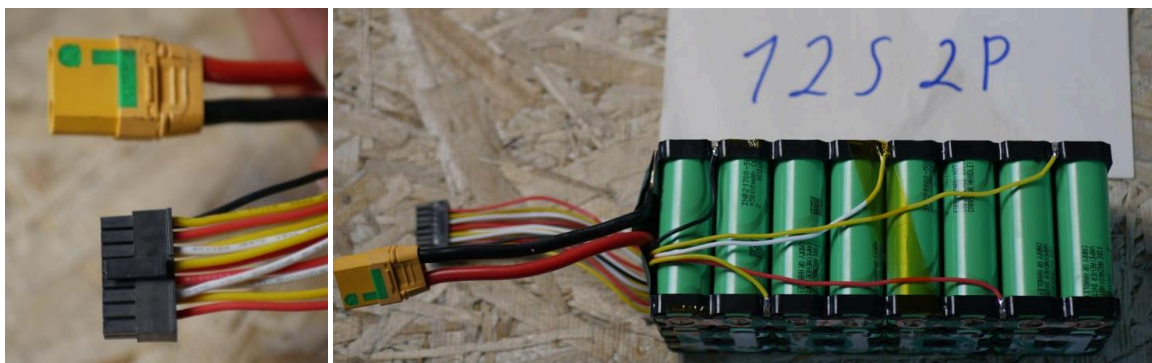


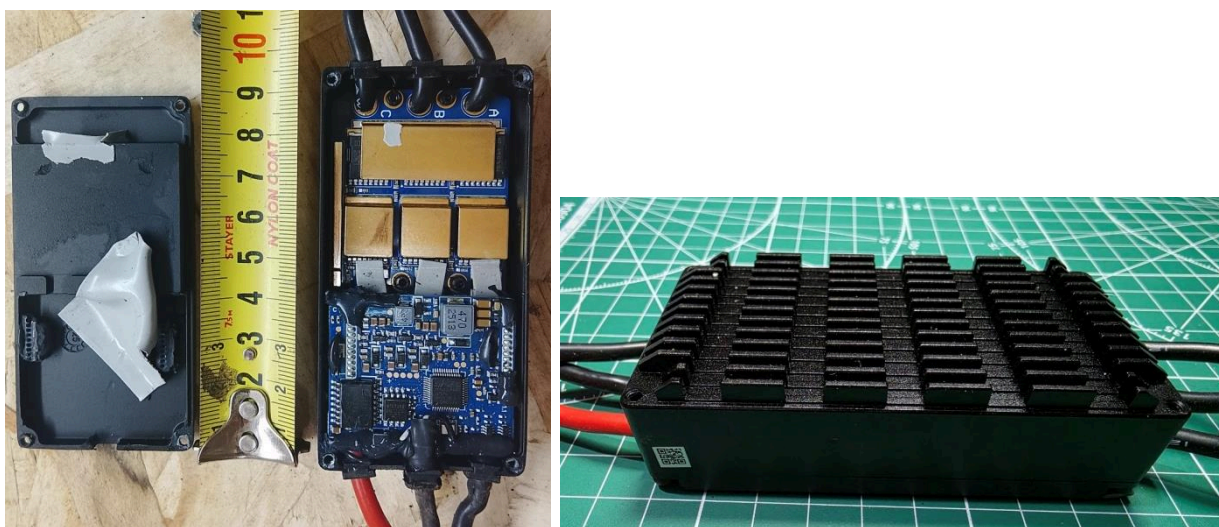
Рисунок 11 Плата питания распределительная. На плате установлен токовый шунт (низкоомный резистор) и 0V. Плата является универсальной для БПЛА «Hornet» и БПЛА «Bumblebee».





Рисунок 12 Понижающий стабилизатор напряжения FrSky Neuron 14A SBEC с выходным напряжением 5-12В и током до 14А при охлаждении/10А в долговременном режиме. В документации это не оговаривается, но входное рабочее напряжение регулятора может достигать 55В.

Регулятор оборотов (ESC) выполнен в виде отдельного блока и имеет широкий диапазон напряжений питания с учётом регенеративного напряжения в цепях питания. Все сигналы управления гальванически развязаны с схемой регулятора.

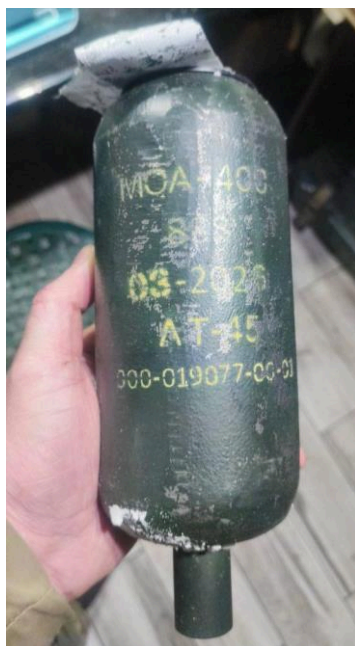


Боевые части БПЛА «Хорнет»

Важно отметить постоянные попытки применять БЧ разного веса типа. С 2025г варианты БЧ были от 0,2кг до 4кг на 2026г. Вначале бытовало мнение, что маленькие БЧ являются самоликвидатором, нежели серьёзной боевой частью. Конечно, рост дальности полёта и снижение веса БЧ взаимосвязаны. Но в 2025г были малые дальности и малый вес БЧ, и за год разнообразие лишь немного уменьшилось. Предположительно, это связано с постановкой единой задачи разным подразделениям БПЛА, число которых в 2026г достигло 770 (украинских подразделений БПЛА и НРК). Соответственно, каждое задействованное подразделение ищет свои пути и решения из имеющихся боевых частей. Весовая балансировка таких БПЛА как правило плохая, т.к. тяжёлый аккумулятор никуда не перемещается, а спереди вес изменяется от 0,2 до 4,5кг.

Во втором квартале 2024г был выпущен новый спутниковый терминал Starlink mini с улучшенными параметрами, который перевернул подходы к связи БПЛА, сделав её дешевле, чем MESH-модемы и собственный радиоканал. Имея размеры 299x259x39мм и вес 1,1кг его начали устанавливать на самодельных опорах сверху. Однако парусность, лишний килограмм и потребление из аккумулятора мешают – манёвренность таких БПЛА снизилась, зафиксированные дальности прилёта до 40км под управлением через Starlink. При этом на радиоканале с ретранслятором зафиксировано до 60км.





Тактико-технічні характеристики

№ з/п	Характеристики	Одиниця виміру	MOA-120	MOA-400	MOA-900
1.	Маса виробу	гр.	2400±50	4000±100	9200±100
2.	Маса вибухової речовини	гр.	120±5	1070±30	2850±50
3.	Тип підривача	Без інерційний контактної дії			
4.	Радіус вражаючої дії	м	5	30	60

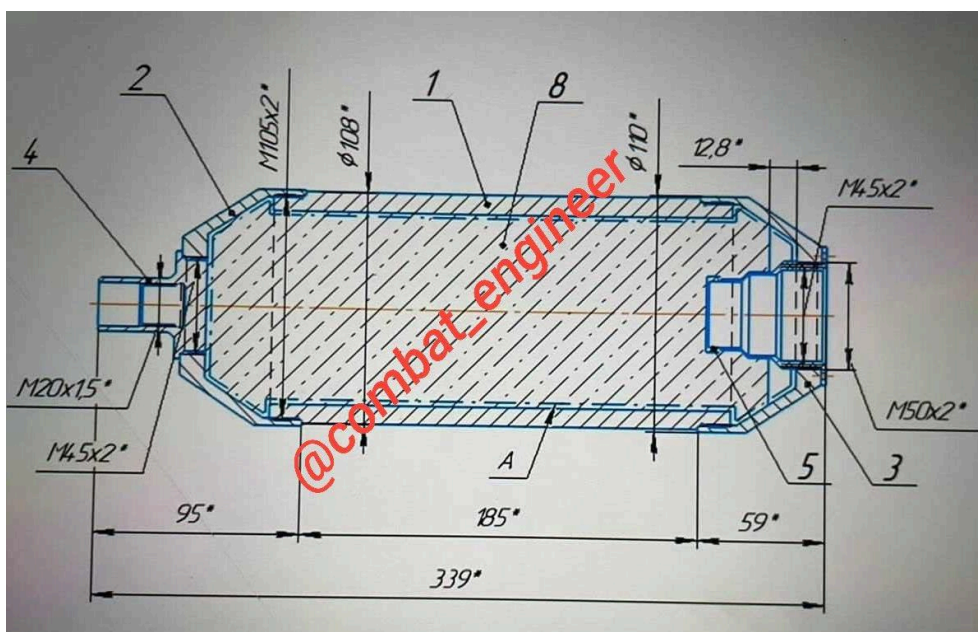


Рисунок 13 Термобарическая БЧ типа MOA-400, вес 4 кг.

Примечание: примеры использования БЧ типа MOA-400 приведены в https://t.me/combat_engineer/5698 и https://t.me/combat_engineer/9558.





БЧ типа УЯ-У-95-4 Ударное ядро обеспечивает повреждение легко бронированных, в редких случаях, тяжело бронированных целей, вес 4кг.



БЧ типа УЯ-95-1.5 Ударное ядро обеспечивает повреждение легко бронированных, в редких случаях, тяжело бронированных целей, вес 1,5кг.

Примечание: примеры использования БЧ типа УЯ-95-1,5: https://t.me/combat_engineer/6293



Рисунок 14 Осколочно-фугасная БЧ. Вероятно, является суббоеприпасом.



Примечание: Отдельные пояснения и фотографии выложены в канале <https://t.me/UAVDEV/11129>.

Комментарий канала «Разработчик БПЛА»:

«Как мы видим, в дроне существует пустой отсек без каких-либо креплений. Туда поросяне внедряют 3д печатную оправку, в которую ставят бч массой 4 кг с ударным ядром, а также свой типовой инициатор с отдельным питанием от "кроны" и чекой, вынесенной за борт на термоклею. Этот инициатор и не срабатывает. Собственно, типичная ситуация, когда поросяне добираются своими копытцами до техники их белого господина. Помните, что такие инициаторы, часто, имеют самоликвидацию по времени и на переворот, поэтому не подходите к упавшему дрону минимум трое суток».

Внутри БПЛА устанавливается отдельно изготавливаемая на 3-D принтере рамка-ложемент для крепления боевой части, платы инициации и отдельного элемента питания.



Рисунок 15 Примеры специальной рамки для БЧ УЯ-У-95-4. Для других БЧ обычное крепление к каркасу (бимсам) Изначально в продольных балках (бимсах) сделаны отверстия под пластиковые хомуты для крепления БЧ, но пришлось делать ложемент, чтобы тяжёлая БЧ не болталась

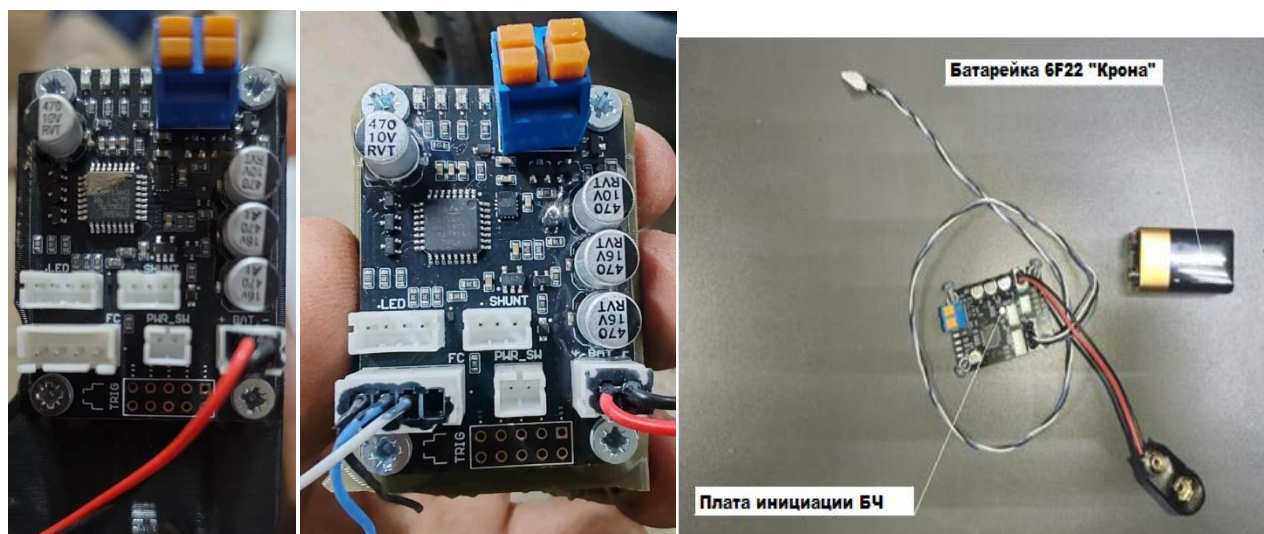


Рисунок 16 Плата инициатора подрыва





Рисунок 17 Место установки батарейки "Крона" или 6F22 собственного питания инициатора

Особенность работы платы инициатора. В плате заложен многоступенчатый последовательный принцип разблокировки.

1. Включение батарейки, вручную вставив в колодку внутри БПЛА.
2. У БПЛА есть собственный ключ блокировки включения, который находится снаружи с левого бока, в виде двухвыводной колодки под автомобильный предохранитель. При его замыкании подаётся питание от батарейки на плату. На плате разъём «Pwr_SW» для подключения внешнего видимого разрыва по питанию. На фото видны отдельно лежащие провода с зелёной изоляцией идущие к ключу питания.
3. Если внешний механический предохранитель переключился и есть готовность – цикл продолжается.
4. После истечения времени блокировки на отлёт от своих позиций разблокируется приём команд от полётного контроллера или собственного двухосевого MEMS-акселерометра.
5. При ударе выше установленного порога ускорения акселерометра или внешней команде с полётного контроллера – инициатор срабатывает и подаёт импульс тока на электродетонатор БЧ.



На плате инициатора расположены разъёмы

1. Зажимной клеммник для подключения детонатора (синий клеммник с оранжевыми толкателями)
2. Технологический Разъём «LED» для подключения внешнего индикатора режима для настройки и проверки платы инициатора.
3. Разъём «FC» для подключения внешних сигналов PWM от полётного контроллера. Это сигнал блокировки/ разблокировки, если нужно дезактивировать уже взведённую плату (для возврата домой при срыве миссии) и сигнал команды подрыва приходящую от пилота, если нужно подрыв в воздухе, возле цели, после приземления.
4. Разъём «SHUNT» - три провода для подключения к внешнему механическому предохранителю.
5. Разъём «PWR_SW» - два провода на внешний выключатель видимого разрыва цепи питания с левого бока БПЛА. Применяется как чека.

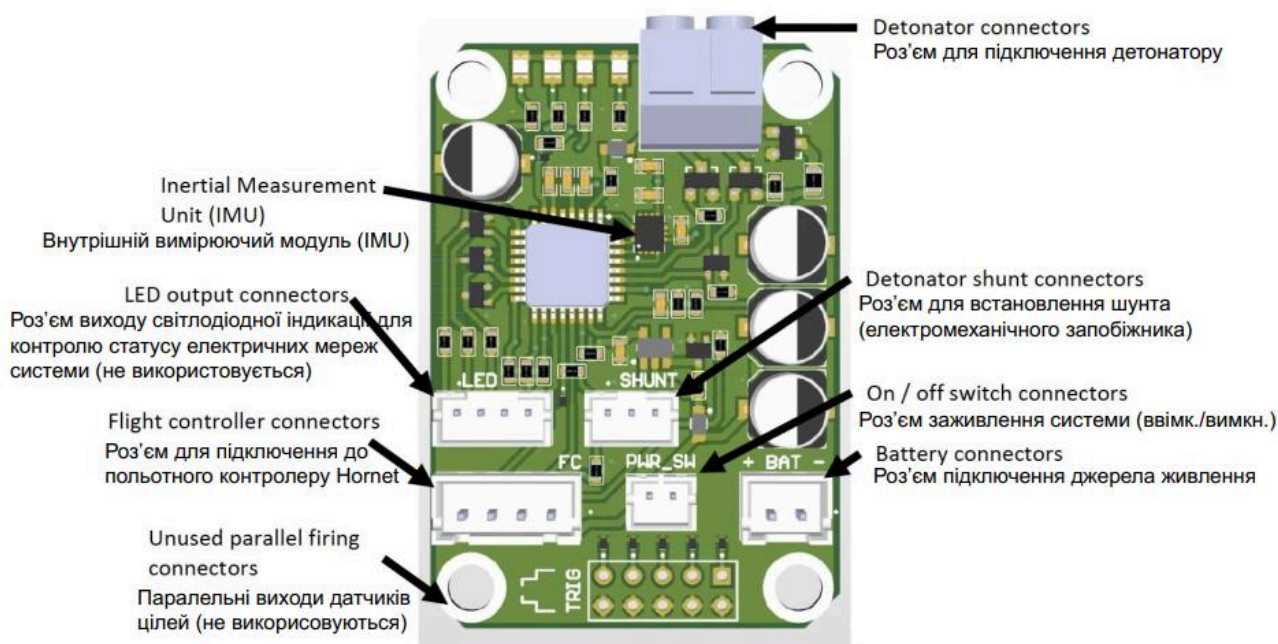


Схема електричних підключень ESFAF Viva 1.0

Важно! В БПЛА есть режим самоуничтожения. Он программируемый и может быть разным. Вне зависимости от причин падения БПЛА – вы НЕ можете знать, какие режимы запрограммированы, какой датчик цели (акселерометр, магнитометр, команда от хитрого пилота, ждущего вашего приближения). Вам не известно, в каком техническом состоянии БПЛА. Не подходите к БПЛА после обнаружения ближайшие трое суток, если вы не сапёр. Подробная информация о плате инициации приведена в конце документа

НЕ ТЫ КЛАЛ – НЕ ТЕБЕ ПОДНИМАТЬ!



Пусковая установка БПЛА «Hornet»

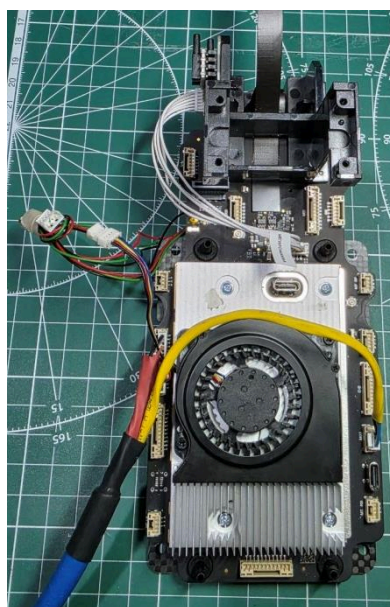
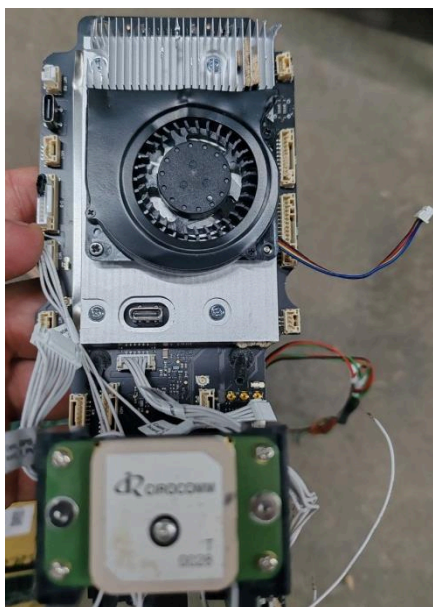
Боевой расчёт на стартовой позиции и пусковая катапульта отлично показана в <https://t.me/payloadUAV/5461> Катапульта пневматическая с насосом от аккумуляторного низковольтного питания. Очень простая и всепогодная конструкция. Толкающей частью катапульты является свободно вставляемый плунжер внутрь пневмопоршня. Этот плунжер имеет крюки сцепления с БПЛА и при выталкивании пневмопоршня – вылетает плунжер и выталкивает БПЛА. Сам плунжер привязывается верёвкой чтобы далеко не улетал, на фото он привязан к блину от олимпийской штанги





Вычислительная часть и полётный контроллер БПЛА «Hornet»

В составе: Главная (материнская) плата с установленной мезонинной (вставляемая плата, располагающаяся параллельно материнской плате) платой компьютера (SOM). Вся вычислительная часть БПЛА по начинке однотипная с БПЛА «Bumblebee» / БПЛА «Марсианин» которые достаточно описаны с весны 2025г и различия только в программном обеспечении. Примеры платы с полётным контроллером и платы одноплатного компьютера на мезонинной плате будут приведены с двух БПЛА «Hornet» и «Bumblebee».



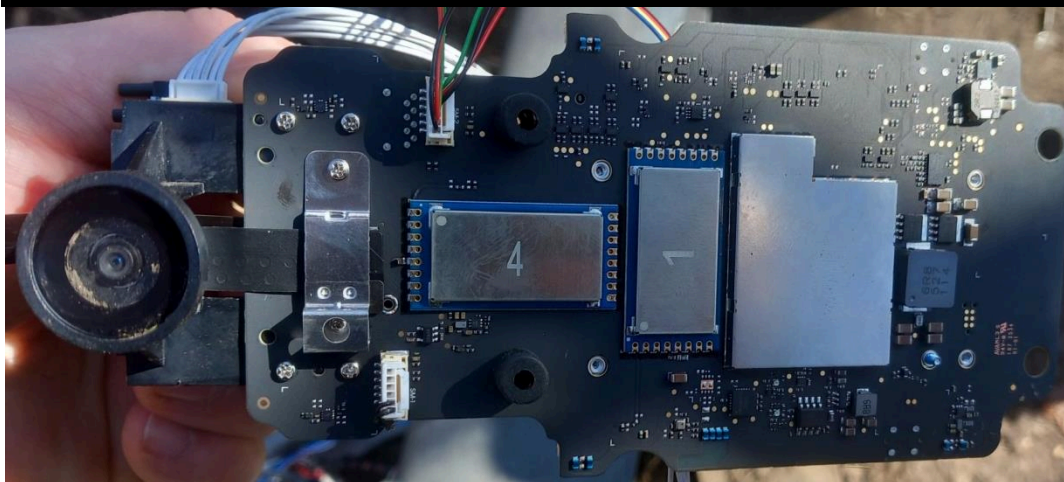


Рисунок 18 Материнская плата БПЛА Хорнет

Состоит из группы понижающих стабилизаторов напряжения, контроллеров интерфейса, микроконтроллера STM32H743ZIT6. На плате установлен MEMS-акселерометр и MEMS-датчик давления. Установлены два независимых радио-модуля фирмы HOPERF типа RFM98PW/RFM95PW или аналоги.

Заголовки файлов, которые хранятся в памяти в открытом виде:

- *CAL_ACC0_ID, CAL_GYRO0_XOFF* — калибровочные данные акселерометра и гироскопа.
- *CAL_MAG0_** — калибровка магнитометра (компас).
- *EKF2_MAG_DECL* — магнитное склонение для расширенного фильтра Калмана.
- *MPC_Z_V_AUTO_DN* — скорость автоматического снижения в режиме удержания позиции.
- *COM_FLIGHT_UUID* — уникальный идентификатор полета.
- *NAV_RCL_ACT, COM_RC_LOSS_T* — действия при потере RC-сигнала.
- *PWM_MAIN_DIS**, *PWM_MAIN_MIN** — настройки выходов ШИМ-сигналов (для моторов/сервоприводов).
- *SENS_BOARD_** — смещения сенсоров на плате.

*Вероятно, управляющая программа полётным контроллером ArduPilot.



Рисунок 19 Мезонинная плата с модулем одноплатного компьютера

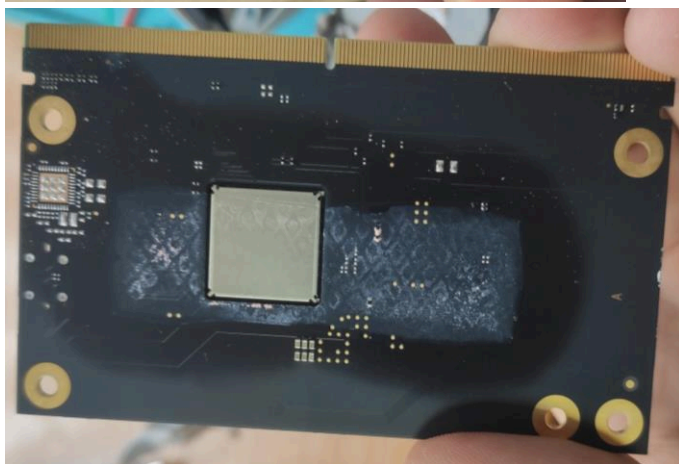


Рисунок 20 Мезонинная плата с модулем компьютера (SOM)

Судя по общему подходу к выбору компонентов и особенностям дизайна топологии мезонинной платы – вероятно, она разработана теми же разработчиками, что и остальные платы дрона и является оригинальной.

На мезонинной плате расположен USB-Hub (концентратор) Renesas μ PD720201 имеющий 4 USB 3.0 порта и интерфейс сопряжения PCI Express подключённого к модулю компьютера (SOM).



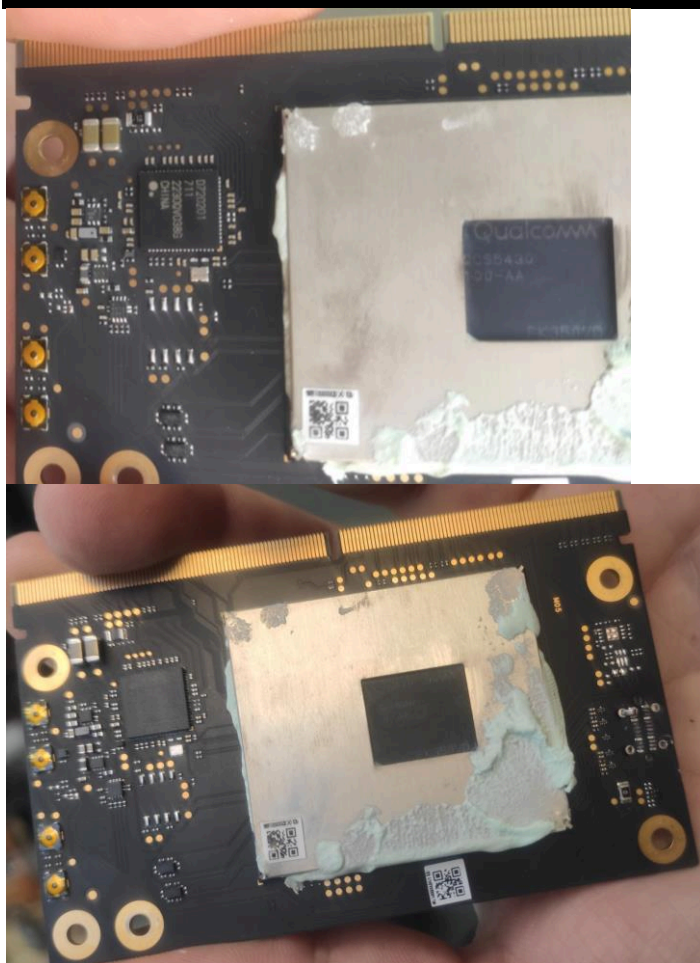
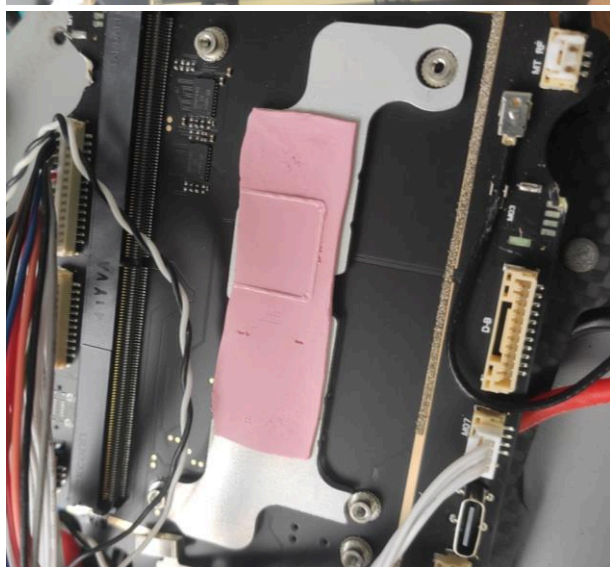
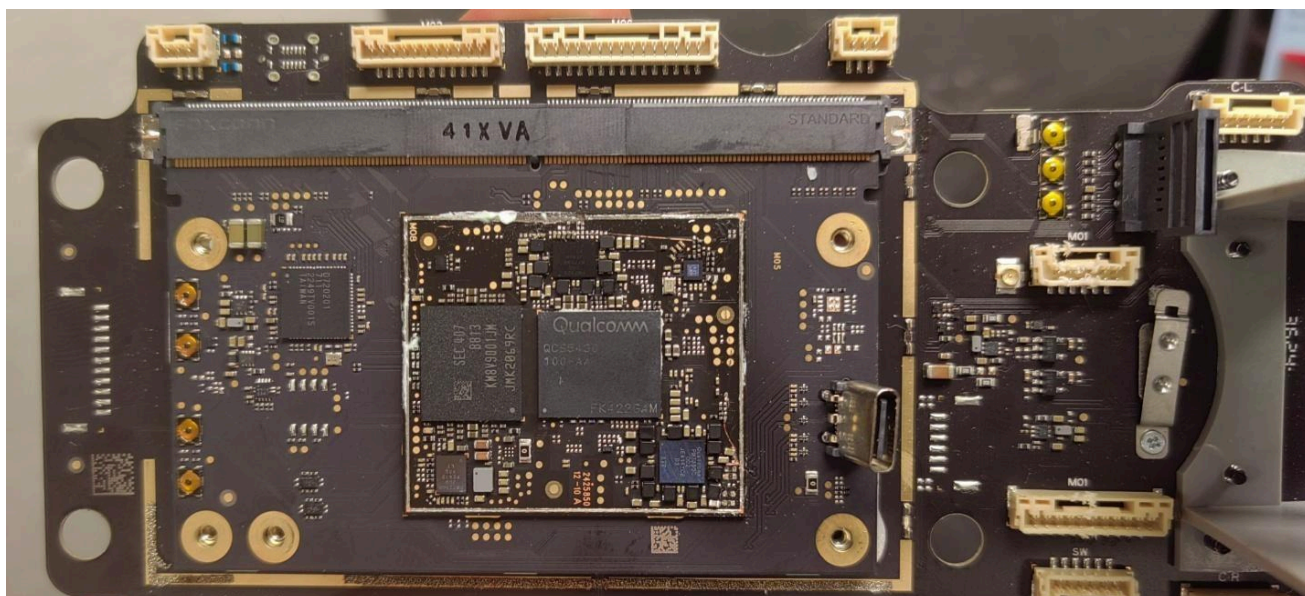


Рисунок 21 Мезонинная плата с модулем компьютера (SOM)





В отличие от предыдущего БПЛА «Bumblebee» исправили ошибку с недостаточным теплоотвод платы.



В качестве системы оптической стабилизации и навигации, распознавания и автозахвата цели применён модуль на базе процессора Qualcomm QCS5430 — это целая система на кристалле (SoC), предназначенная для использования в продвинутых приложениях для вычислений и связи, средах умных устройств. Особенностью является обработка до пяти видеокамер по CSI- интерфейсу.

Данный чип является популярным и на нём в мире производятся различные встраиваемые модули. Применённый модуль напоминает TurboX C5430P SOM (System on Module)

Плата вычислителя, на который смонтирован SOM по дизайну очень сходна с остальными платами, что подчёркивает заложенную системную гибкость в выборе производителей SOM и более быстрым изменениям, ведь производство SOC и SOM имеет намного меньшие сроки жизни, чем промышленные и военные решения.

Характеристики Qualcomm QCS5430:

- CPU: шестиядерный Kryo 670 с 2 ядрами Gold Plus (Cortex-A78) частотой до 2,4 ГГц и 4 ядрами Silver (Cortex-A55) частотой до 1,8 ГГц.
- GPU: Adreno 643L с частотой 812 МГц, поддерживает OpenGL ES 3.2, DirectX FL 12, OpenCL 2.0 и Vulkan.
- DSP: 1,4 ГГц Hexagon DSP с двойными HVX и 4K HMX.
- VPU: Adreno 642 VPU, поддерживает декодирование до 4K60 для H.264/H.265/VP9, кодирование до 4K30 для H.264/H.265; поддержка воспроизведения HDR10 и HDR10+.
- ISP: Dual SpectralSP, поддерживает до 22+22 МП камер, захват видео 4K на 30 fps, замедленное движение 720p на 960 fps.
- AI: 3,5 TOPS, масштабируемая архитектура ИИ, машинное обучение на устройстве, двухъядерный процессор ИИ, аудио ML DSP.

Внешняя память припаянная: KM8V9001JM-B813, Samsung, uMCP 128GB UFS2.1(SSD накопитель) + 64Gb LPDDR4X-4266 (загрузчик ОС).

Внешняя съёмная память: Карточка вставляется в вертикальный разъём на материнской плате БПЛА. Тип eMMC или SD/ MMC (устройство загрузки). *За весь период применения дронов Bumblebee и Hornet в



трофеях пока не встречались карточки памяти, вставленные в слот. Вероятно, это запас под другие задачи и инженерный загрузчик.

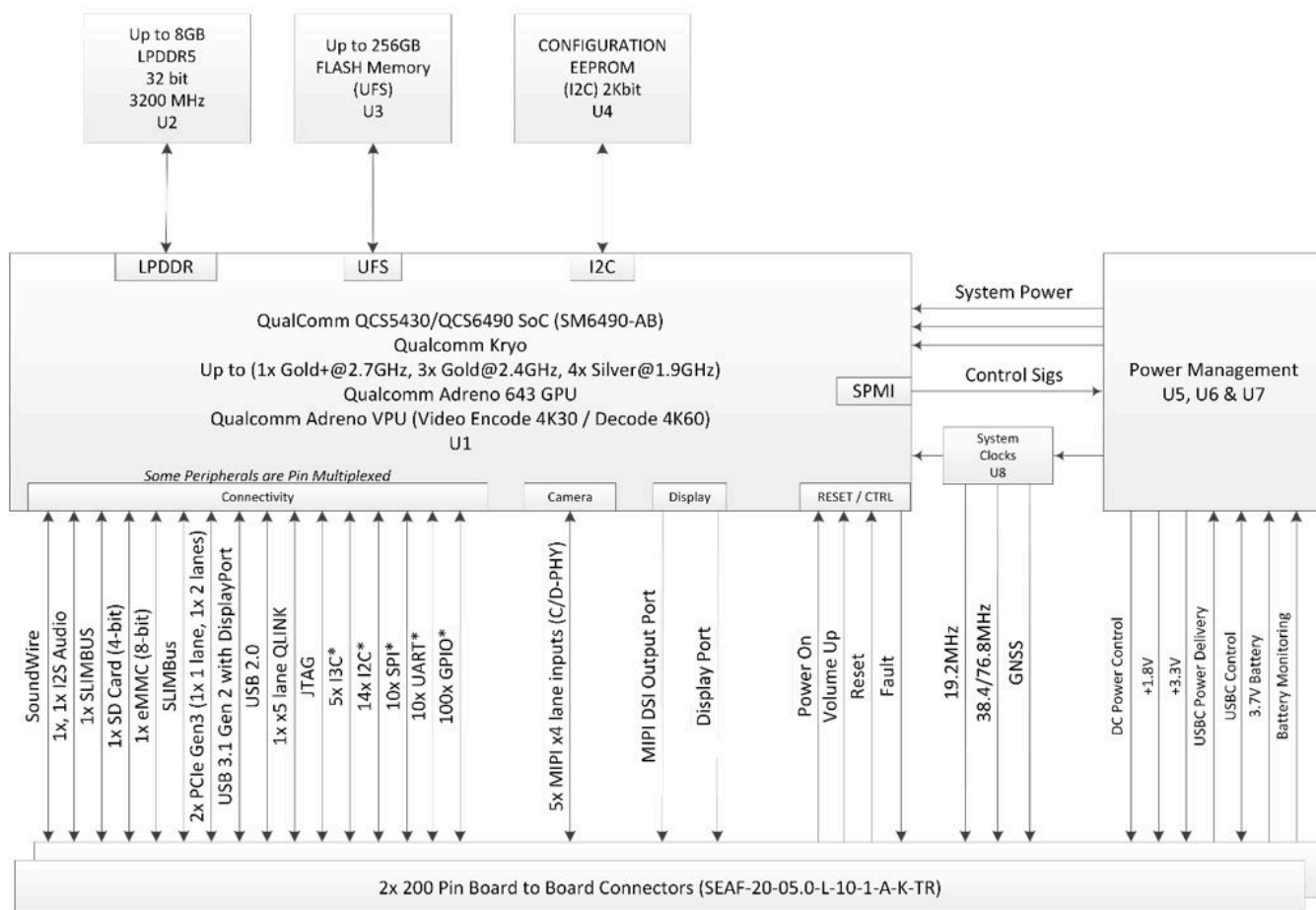
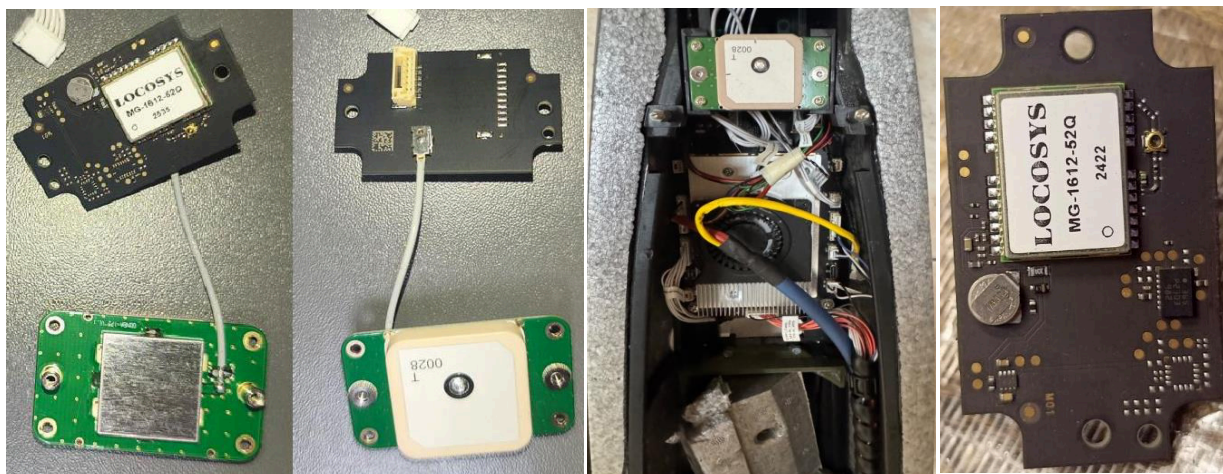


Рисунок 22 Структурная схема модуля SOM (Qualcomm QCS5430)



Спутниковая навигация



Патч-антенна **Cirotech PA025AQ0015** (https://www.cirocomm.com/en-global/products_ciro/detail/PA025AQ0015) с RHCP поляризацией диапазона L1 (GPS/ГЛОНАСС/ Beidou/ Galileo, 1559-1563 МГц/ 1575 МГц/ 1559-1591 МГц / 1593-1610 МГц).

Применено новое поколение одночастотных GNSS приёмников MG-1612-52Q компании LOCOSYS <https://www.locosystech.com/en/product/L1-module-mg-1612-52q.html>

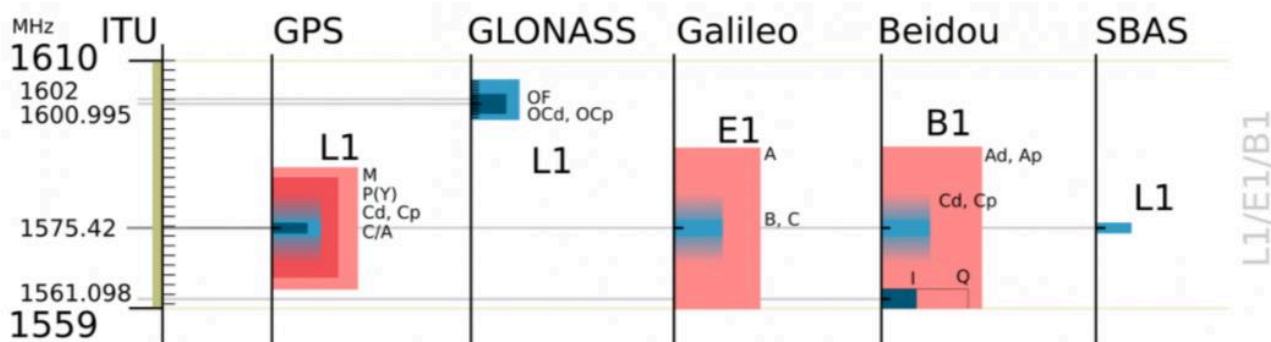
Frequency	GPS/QZSS: L1 C/A, L1C GLONASS: L1OF GALILEO: E1 BEIDOU: B1I, B1C	
Channels	Support 47 channels	
Update rate	1Hz default, up to 10Hz	
Sensitivity	Tracking	-165dBm (with external LNA)
	Cold start	-149dBm (with external LNA)
Acquisition Time	Hot start (Open Sky)	1s (typical)
	Cold Start (Open Sky)	28s (typical) without AGPS
		< 15s (typical) with AGPS (ephemeris prediction)
Position Accuracy	Autonomous: 1.5m (CEP) ⁽¹⁾	
Max. Altitude	< 18,000 m	
Max. Velocity	< 500 m/s	

Помимо сохранения функций модели Airoha AG3352, добавляет частотные диапазоны B1C и L1C спутников Beidou-3 и GPS, что делает точность позиционирования близкой к двухчастотному стандарту. Может одновременно принимать и обрабатывать сигналы от всех спутниковых группировок (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo и QZSS), что в сочетании с поддержкой SBAS значительно



увеличивает количество видимых спутников и повышает точность позиционирования и определения дальности. Новая архитектура позволяет этому приёмнику достигать точности позиционирования 1,5 м CEP (открытое небо), что на 40% выше, чем у предыдущих поколений устройств. Встроенный в модуль приёмника малошумящий усилитель и ПАВ-фильтр улучшают качество приёма. Встроенные 12 многотональных активных подавителей интерференции.

Модуль выполнен на современном чипе фирмы Airoha AG3352, что непривычно для американских поклонников фирмы U-blox, но по качеству модуль не хуже. Дополнительной экранировки вокруг антенн не предусматривали, рассматривая приёмник как вспомогательный и возможно, контрольный (узнавать, есть ли в месте полёта подмена или подавление спутн. навигации). Модуль с антенной установлен в носовой части БПЛА и часто разрушается при подрыве.



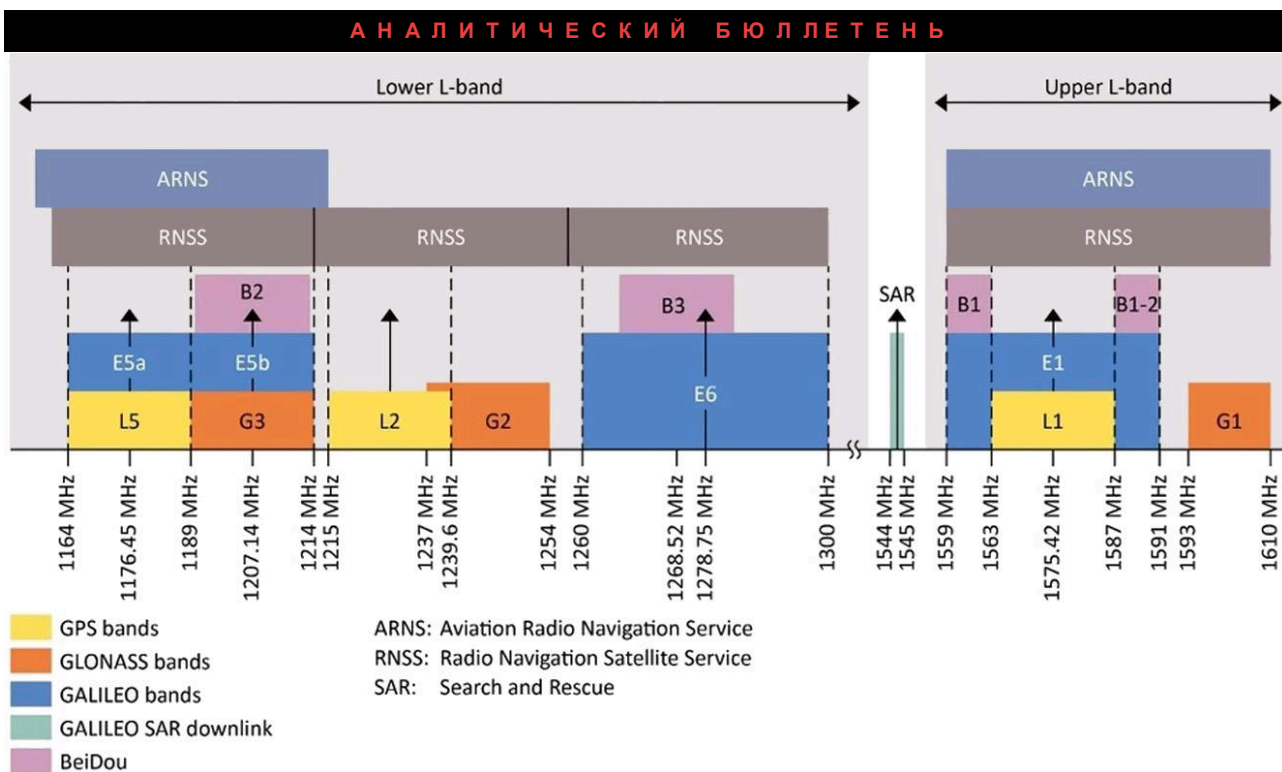
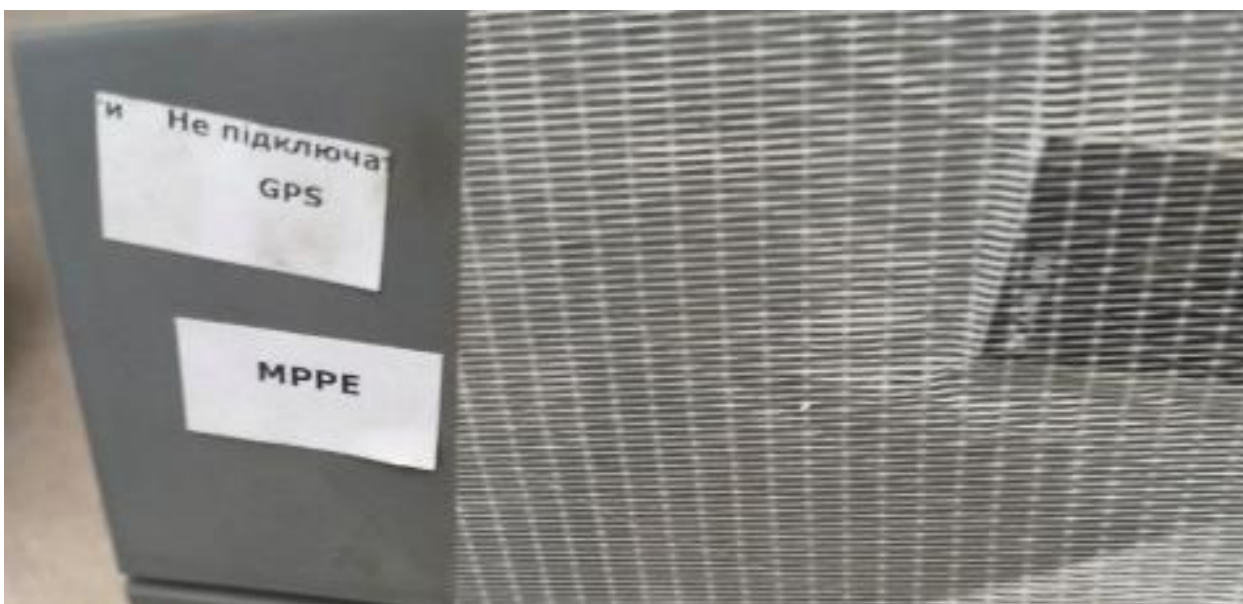


Рисунок 23 Диапазон L1 и частоты навигационных систем работающих на территории Евразии.

Что нужно учесть – модуль вполне подавляем средствами РЭБ по спутниковой навигации диапазона L1 в гражданском C/A, B1C и L1C –коде. Диапазоны частот для постановки оптимальной по энергетике помехи ГНСС: 1559-1563МГц, 1574-1577МГц, 1598-1610МГц. Структура модуляции помехи – для стандартного C/A-кода GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo и QZSS.



Также попадаются БПЛА с наклейками «Не подключать GPS». Учитывая, что модуль GPS можно выключить и вручную выткнув разъём и программно – то речь, вероятно, о программном изменении настроек с НСУ.



Радиочастотная часть

Состоит из низкоскоростного канала управления (КУ) на диапазонах 169МГц и 470МГц и отдельного блока цифровой скоростной двунаправленной связи и передачи изображения с широким набором частот.

Вначале о КУ.

Выбор диапазонов далеко не случайный! Основным видом связи, за весь текущий период СВО, у военнослужащих Российской Федерации, являются гражданские радиостанции стандарта DMR, в подавляющем большинстве китайского производства, дополненные шифрованием AES-256. А также часто применяются военные тактические радиостанции в этих диапазонах. Применение данного канала управления БПЛА вызовет сразу несколько выгодных противнику эффектов:

1. Попытка спрятаться слабыми сигналами канала управления в насыщенных участках радиообмена сети DMR связи, снижая заметность для средств РЭР.
2. Антенны обоих диапазонов ориентированы горизонтально (горизонтальная поляризация волн). Это не меньше, чем в сто раз снижает уровень принимаемых сигналов нашей радиоразведкой. И снижает на те же сто раз влияние большинства штатных средств РЭБ ВС РФ.
3. Пытаясь подавить радиоканал БПЛА широкополосной помехой, одновременно будет подавлена тактическая связь, нарушив взаимодействие.



Материнская плата БПЛА с установленными модулями HoperRF и разъёмами подключения антенн.

Антенна 1 – 470МГц, серый кабель; Антенна 2 – 169МГц, чёрный кабель.

Для связи канала управления применены два независимых модуля фирмы HOPERF типа RFM98PW/RFM95PW. Маркировка у таких модулей находится снизу и точкой отмечен рабочий диапазон.

*Обратим внимание, что вначале применяли модули HoperRF с зелёным цветом платы, сзади были надписи диапазона, сейчас применяют и модули похожие на G-NiceRF с



синим цветом платы, где диапазон условно кодирован цифрой на металлической крышке (1 – 169МГц и 4 – 470МГц).

Модули могут работать в режиме приёма команд управления (радиомолчания), двунаправленного обмена данных с передачей телеметрии, групповой работе в составе с ретранслятором, возможна взаимная координация роя БПЛА при наличии спутниковой навигации или определённого алгоритма распознавания в последовательном движении.



Модули достаточно мощные на передачу и имеют не менее +27дБм (0,5Вт) на диапазоне 169МГц и не менее +30дБм (1Вт) на диапазонах 433-470МГц.

parameter	conditions	minimum	typical	maximum	Unit
TX frequency range	169 MHz band,	159	-	175	MHz
	433 MHz band,	410	-	450	
	470 MHz band,	450	-	490	

Диапазон каналов передачи (TX)

parameter	conditions	minimum	typical	maximum	Unit
TX frequency range	169 MHz band,	159	-	175	MHz
	433 MHz band,	410	-	450	
	470 MHz band,	450	-	490	

Диапазон каналов приёма (RX)

Указанные диапазоны являются базовыми и в них модули наилучше согласованны и вероятно так и используются в дроне, однако это НЕ мешает программно выйти за пределы частот с некоторым ухудшением параметров, сами микросхемы SX1276_1278 это позволяют. Возможные пределы 134-175МГц и 380-525МГц соответственно. Внешние цепи ВЧ полосовых фильтров низкого порядка заложены на главной плате, но не использованы и установлены перемычки. На данное время в БПЛА использованы только фильтры встроенные внутрь модулей фирмы HOPERF, их частоты согласно выше приведённой таблице.



Антенны БПЛА для этих модулей, по надписям на них и нижеприведёнными быстрыми измерениями, имеют центральные частоты около 169МГц ширина полосы да 16МГц и 470МГц ширина полосы да 40МГц. Нужно учесть, что основная дальность и стабильность связи будет только в узком согласованном участке антенны. Отклоняясь от этого согласованного участка в любую сторону, качество связи резко ухудшится, а дальность упадёт в разы.

Поэтому, на больших дистанциях полёта не получится использовать диапазоны шире имеющихся 159-175МГц и 450-490МГц, а очень близко с ретранслятором в прямой видимости, тупо в лоб, с учётом всех потерь в рассогласованной антенне и фильтрах или возьмут и перенастроят имеющиеся антенны, допаяв пару элементов или просто заменят антенны на другие – возможно.

Поэтому, основные усилия сейчас следует вложить в подавление штатных диапазонов, а потом, по мере необходимости, учесть их полный предел в модулях.

Канал цифровой связи и передачи видео.

Канал является полудуплексным с возможностью программной реализации квазидуплексного режима (TDD).

В качестве основы применена микросхема RTL8812EU с диапазоном 5,1-5.8ГГц и двумя каналами MIMO. RTL8812EU. Микросхема USB в WI-FI типа RTL8812 использует модуляцию OFDM с BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM и 256QAM. Convolutional Coding Rate: 1/2, 2/3, 3/4, and 5/6. Скорость до 54Mbps в 802.11g, 300Mbps в 802.11n and 866.7Mbps в 802.11ac.

OFDM receive diversity with MRC using up to 2 receive paths. Switch diversity used for DSSS/CCK. 5MHz / 10MHz / 20MHz / 40MHz / 80MHz bandwidth transmission. Важно подчеркнуть способность работы RTL8812EU в узкой полосе 5 и 10МГц. В основном БПЛА «Hornet» использует полосу 10МГц.

Далее выполнена полностью идентичная двухканальная схема переноса частоты вниз. В качестве гетеродина и сдвоенного смесителя, применена м/с RFFC5071A. Усиление по приёму и передаче выполнено на отдельной плате. Диапазоны приёма для каждого канала выделены фильтрами диапазона. Имеется режим работы без фильтров в обход (Bypass).

Сразу нужно правильно и без паники воспринимать возможные диапазоны частот, ведь они лежат во взаимных пределах схмотехники и антенн – выше дозволенного прыгнуть не выйдет.

Всё во многом зависит от расстояния пульт – борт или ретранслятор – борт!!! Всё, что летает за пределы 20-25км при управлении с НСУ наверняка использует способы ретрансляции, так как пределы радиогоризонта из-за скругления Земли преодолимы только подъёмом антенн НСУ на сотни метров. Редко где есть доступная мачта



телецентра, а летать нужно везде и постоянно. Поэтому ожидаемый подход – ретранслятор на базе такой-же начинки, что и в БПЛА «Hornet» но с терминалом Starlink, модемом Radionog или другим решением, приближающих в прямую видимость радиоканал (цифровой канал работает только в прямой видимости из-за СВЧ диапазона)

Если пульт далеко – частоты будут строго внутри полосы фильтра преселектора (фильтра рабочей полосы частот на входе приёмника). Если рядом, в прямой видимости летает ретранслятор – могут баловаться с включением бэйпаса и работой без приёмного преселектора на другой частоте в пределах антенн и усилителей. Если помехи будут давить – снова перескочат на преселектор. Всего 7 фильтров преселектора и один канал Bypass (прямое включение без фильтрации)

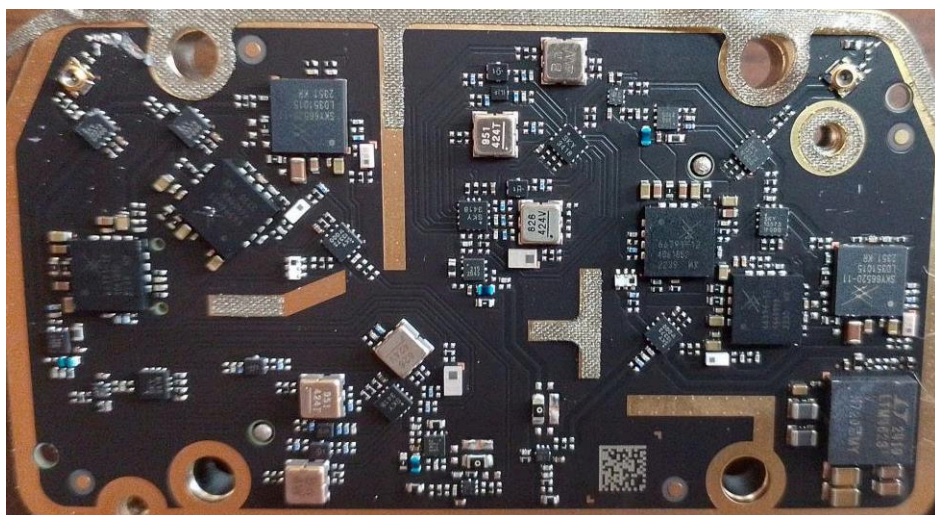
1. Известно 2 варианта плат радиоканала и диапазонов фильтров – преселекторов.
2. Для Варианта 1 (Bumblebee) Частоты передачи возможны от 1400-1900 МГц (мощность передатчика 0.5Вт), 1900÷2500 МГц (мощность передатчика 0.5Вт), 3100÷3830 МГц (мощность передатчика 1Вт).
3. Для Варианта 2 (Hornet) Частоты передачи возможны от 1700-2500 МГц (мощность передатчика 0.5Вт), 3000÷3800 МГц (мощность двух одинаковых микросхем усилителей складывается в балансном мосте, на выходе не менее 2Вт).
4. Для варианта 1. Частоты приема: 1615-1737 МГц, 1698-1774 МГц, 1804-1884 МГц, 1926-1998 МГц, 2095-2180 МГц, 2286-2384 МГц, 3084-3838 МГц и прямой канал без фильтра - преселектора (режим bypass).
5. Для варианта 2. Частоты приема: 1920-2000 МГц, 2020-2070 МГц, 2150-2200 МГц, 2200-2300 МГц, 2280-2400 МГц, 3000-3500 МГц, 3350-3650 МГц и прямой канал без фильтра - преселектора (режим bypass).

Ch	Bumblebee Rx, MHz	Bumblebee Tx, MHz	Bumblebee Tx Power, W	Hornet Rx, MHz	Hornet Tx, MHz	Hornet Tx Power, W
1	1615-1737	1400-1900	0.5	1920-2000	1700-2500	0.5
2	1698-1774	1400-1900	0.5	2020-2070	1700-2500	0.5
3	1804-1884	1400-1900	0.5	2150-2200	1700-2500	0.5
4	1926-1998	1900÷2500	0.5	2200-2300	1700-2500	0.5
5	2095-2180	1900÷2500	0.5	2280-2400	1700-2500	0.5

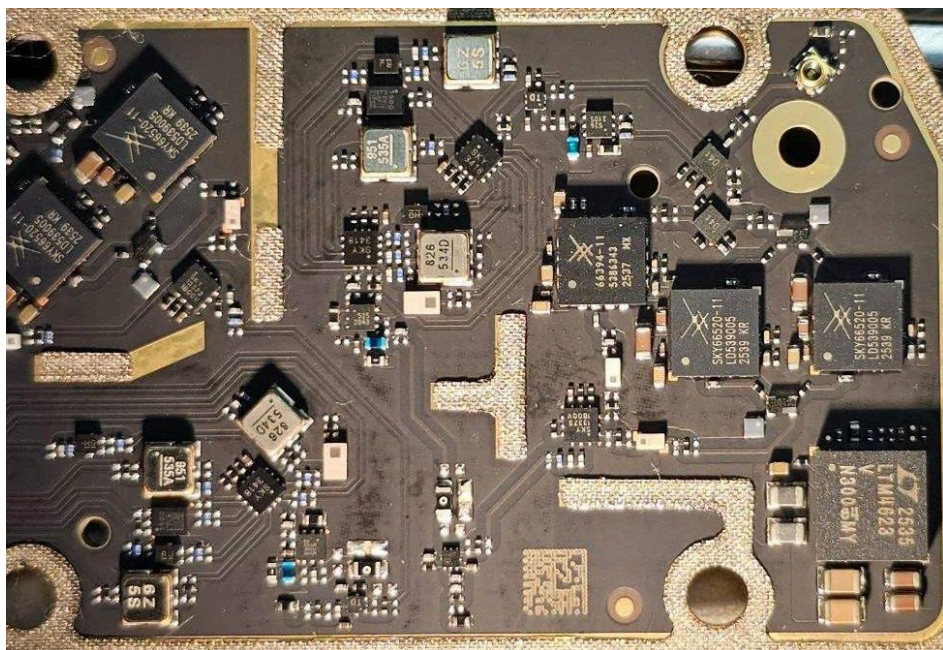


6	2286-2384	1900÷2500	0.5	3000-3500	3000÷3800	2
7	3084-3838	3100÷3830	1	3350-3650	3000÷3800	2
8	Вypass	1400-1900 or 1900÷2500 or 3100÷3830	0.5 or 1	Вypass	1700-2500 or 3000÷3800	0.5 or 2

Сравнительная таблица диапазонов радиоканала между Bumblebee (Марсианин-1) и Hornet (Марсианин-2)



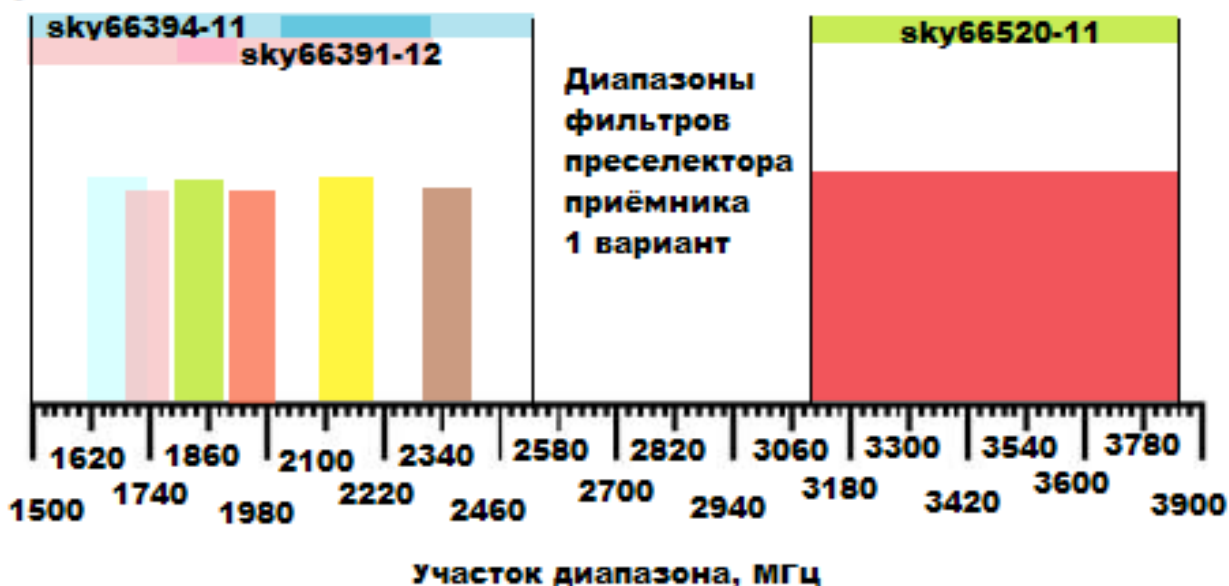
Плата радиотракта БПЛА «Bumblebee». В графике обозначен вариант 1



Плата радиотракта БПЛА «Hornet». В графике обозначен вариант 2

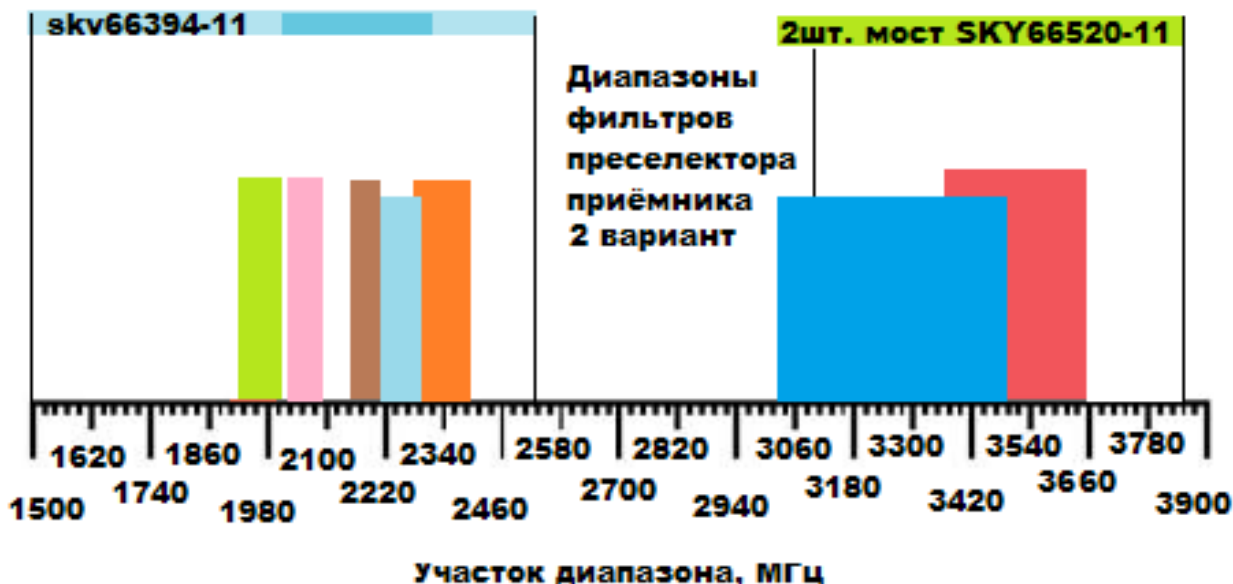


допустимые диапазоны работы микросхем усилителей мощности с учётом согласования антенн



Первый вариант диапазонов фильтров – преселекторов. 6 полос в районе 1615-2384МГц и одна в 3084-3838МГц. Встречался чаще в БПЛА «Bumblebee».

допустимые диапазоны работы микросхем усилителей мощности с учётом согласования антенн



Второй вариант диапазонов фильтров – преселекторов. 6 полос в районе 1920-2400МГц и две в 3000-3650МГц. Встречался чаще в БПЛА «Hornet».

Наглядные эскизы деления диапазона на рабочие участки фильтров преселектора, обозначенные вертикальными прямоугольниками.



Горизонтальными полосами сверху обозначены возможные диапазоны работы самих микросхем усилителей в пределах согласования схемы.

*Отметим, что производитель микросхем усилителей Skyworks давно известен своими недокументированными режимами, которые давно и часто применяют.

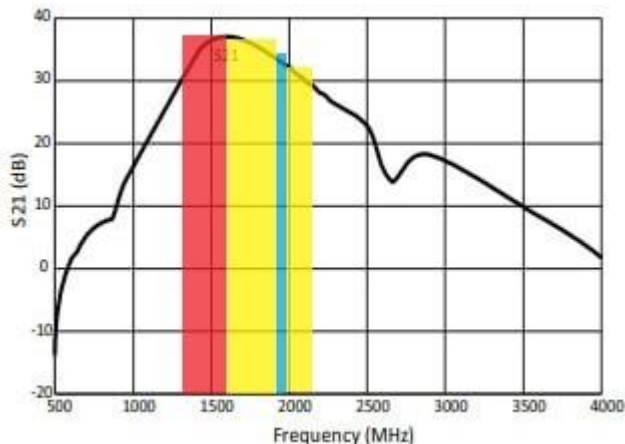


Figure 14. Wide-Band Small Signal Gain vs Freq

SKY66391-12: 1800 to 1900 MHz Wide Instantaneous Bandwidth High-Efficiency Power Amplifier

Микросхема усилителя SKY66391-12

Голубым – официальный диапазон от производителя микросхемы

Жёлтым – использованный разработчиками БПЛА «Hornet»

Красным – возможный запас, куда может радиомодуль перепрыгнуть в режиме Вурасс (без фильтра- преселектора по приёму)

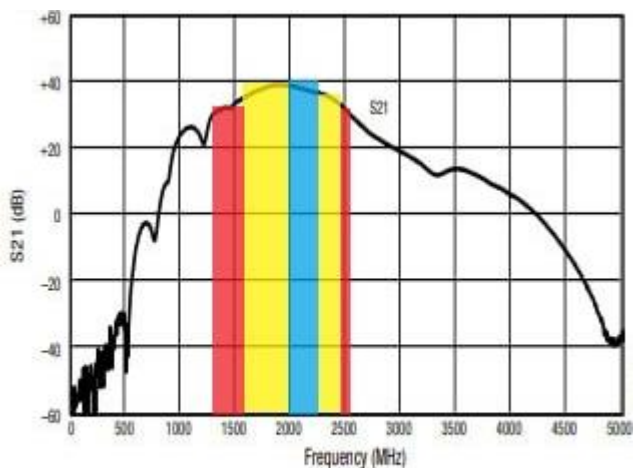


Figure 14. Wide Band Small Signal Gain vs Freq, $P_{IN} = -30$ dBm

SKY66394-11: 2000 to 2300 MHz Wide Instantaneous Bandwidth High-efficiency Power Amplifier

Микросхема усилителя SKY66394-11



Голубым – официальный диапазон от производителя микросхемы

Жёлтым – использованный разработчиками БПЛА «Hornet»

Красным – возможный запас, куда может радиомодуль перепрыгнуть в режиме Вурасс (без фильтра- преселектора по приёму)

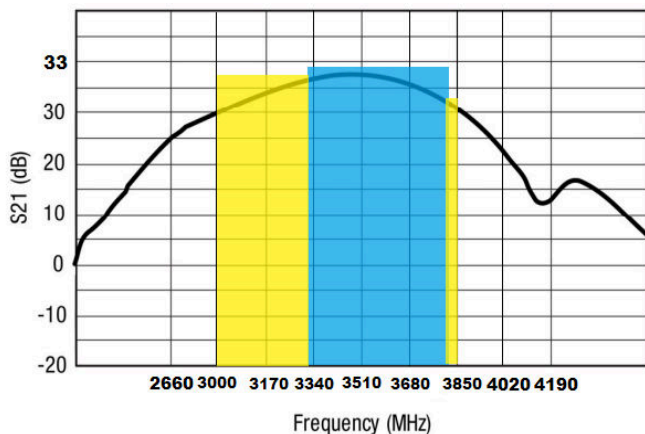


Figure 14. Wide-Band S21 vs Frequency

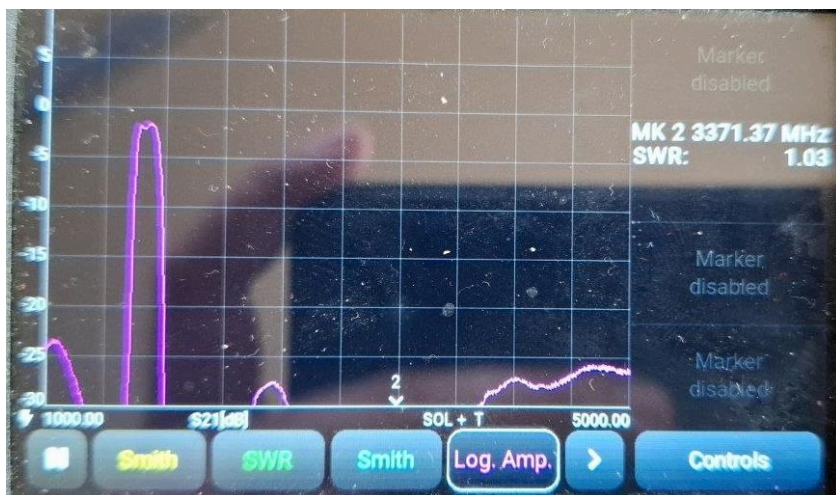
SKY66520-11: 3300 to 3800 MHz Wide Instantaneous Bandwidth High-Efficiency Power Amplifier

Микросхема усилителя SKY66520-11

Голубым – официальный диапазон от производителя микросхемы

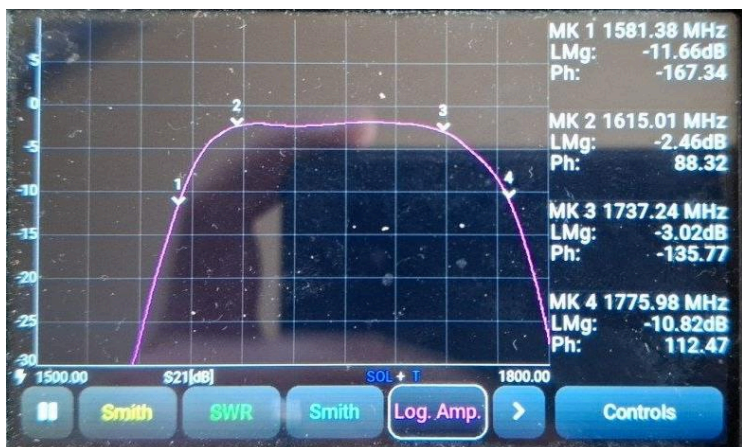
Жёлтым – использованный разработчиками БПЛА «Hornet»

Важно учитывать, что канал передачи пульта и канал приёма БПЛА – одинаковы по диапазонам и ограничены по выбору антенн и компонентов схемы. Соответственно режим работы без фильтра-преселектора (Вурасс) тоже будет ограничен диапазонами передатчиков и настройки антенн.

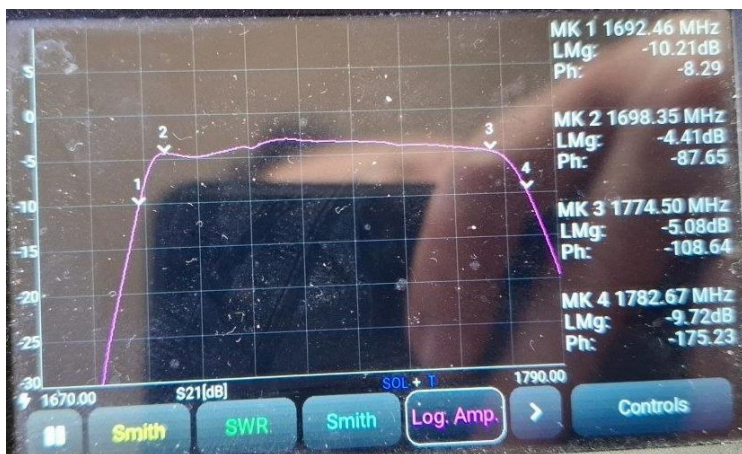


Что нам даёт преселектор на входе приёмника и как выглядит полоса пропускания сигналов – все сигналы за полосой пропускания ослаблены. Пример для фильтра 1615-1737 МГц в полосе от 1 до 5 ГГц.

АЧХ для варианта 1. Частоты приема: 1615-1737 МГц, 1698-1774 МГц, 1804-1884 МГц, 1926-1998 МГц, 2095-2180 МГц, 2286-2384 МГц, 3084-3838 МГц и прямой канал без фильтра - преселектора (режим bypass).



Фильтр преселектор 1615-1737 МГц



Фильтр преселектор 1698-1774 МГц





Фильтр преселектор 1804-1884 МГц

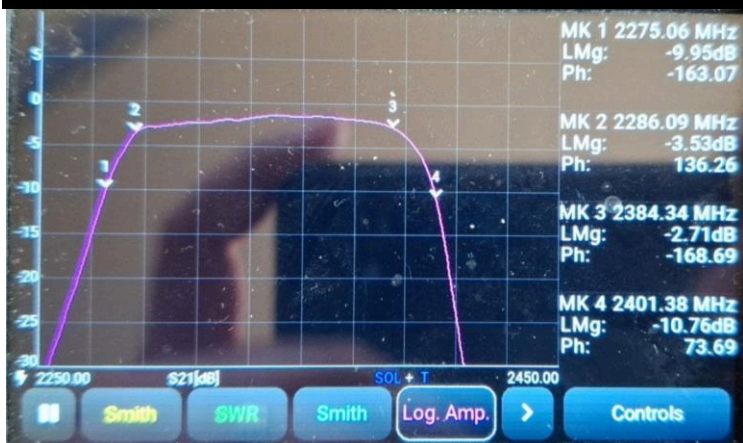


Фильтр преселектор 1926-1998 МГц

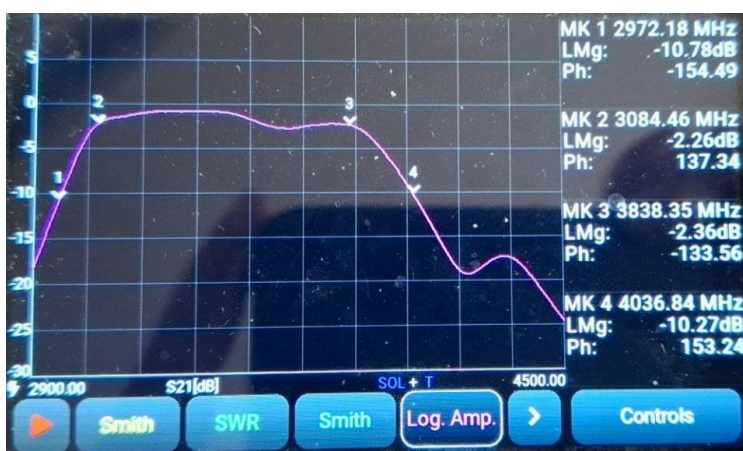


Фильтр преселектор 2095-2180 МГц



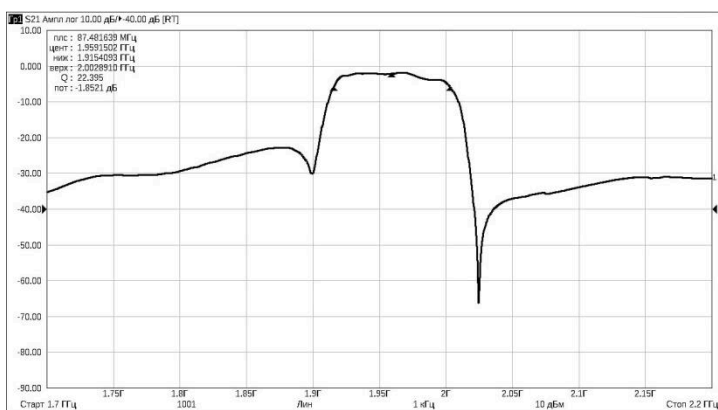


Фильтр преселектор 2286-2384 МГц



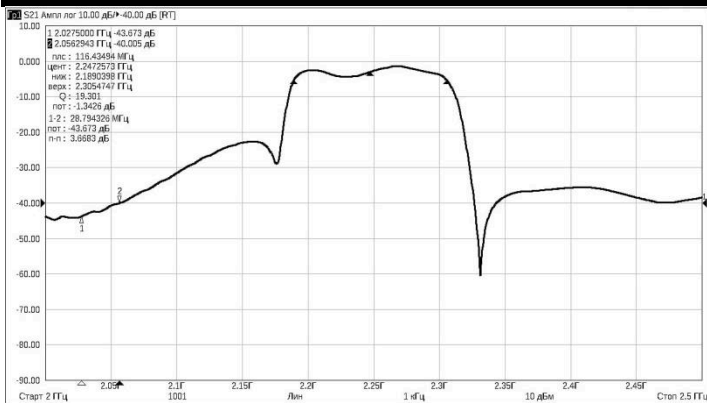
Фильтр преселектор 3084-3838 МГц

Для варианта 2. Частоты приема: 1920-2000 МГц, 2020-2070 МГц, 2150-2200 МГц, 2200-2300 МГц, 2280-2400 МГц, 3000-3500 МГц, 3350-3650 МГц и прямой канал без фильтра - преселектора (режим bypass).

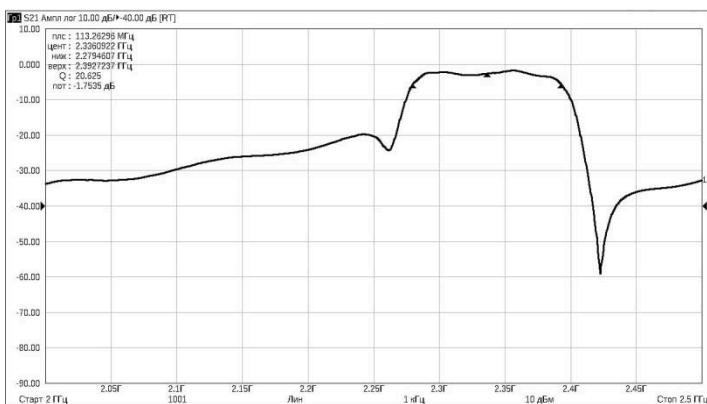


Фильтр преселектор 1920-2000 МГц

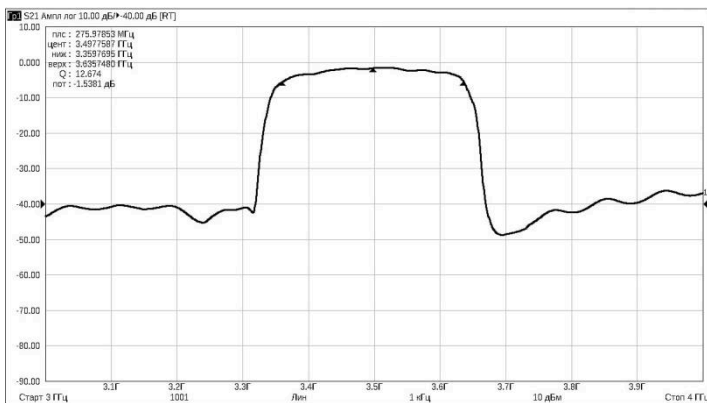




Фильтр преселектор 2020-2070 МГц



Фильтр преселектор 2150-2200 МГц



Фильтр преселектор 3350-3650 МГц



Простым языком, с большой вероятностью, и у оператора, и в дроне применяются одинаковые по типу и схемотехнике модули радиоканала – это значит, участки диапазонов где можно обнаружить в радиозэфире и после подавить помехами средств РЭБ прежде всего будут в указанных участках:

Вариант 1: 1615-1737 МГц, 1698-1774 МГц, 1804-1884 МГц, 1926-1998 МГц, 2095-2180 МГц, 2286-2384 МГц, 3084-3838 МГц.

Вариант 2: 1920-2000 МГц, 2020-2070 МГц, 2150-2200 МГц, 2200-2300 МГц, 2280-2400 МГц, 3000-3500 МГц, 3350-3650 МГц.

Прямой канал без фильтра-преселектора намного чувствительнее ко всем внешним помехам, комбинационным помехам от собственного радиооборудования и не гарантирует работу на больших дальностях от пульта или ретранслятора. С работы по фиксированным участкам диапазона и нужно начинать.

Но в итоге, диапазон 1.6 - 2.4ГГц разбит на 5-6 полос, то это видимо и есть основное окно. Разбивка сделана, чтобы:

1. не мешать друг другу при ретрансляции и не наползать помехами при близком расположении в небе
2. снизить влияние сотовой связи разных стандартов и полностью исключить работу в участке диапазона, где работают гражданские, и военные (Бахмут Телеком) сотовые операторы
3. сохранить динамический диапазон трактов
4. запас стабильности при работе рядом нескольких БПЛА в режиме ретрансляции
5. подавление помех и гармоник от своих же каналов на LoRa и прочего шума от компьютера внутри

По поводу MESH/ MANET радиосети – это реализовать всегда сложнее, т.к. нужно знать расстояние между устройствами в своей сети и постоянно оценивать уровень сигналов, чтобы абоненты, находясь в движении, могли мгновенно менять маршрут передачи (это сравнимо с игрой в волейбол) передавая и свои и чужие данные сквозь себя. Речь о БПЛА, а значит это значительные расстояния и задержки радиосигнала, его Доплеровский сдвиг, отражения и замирания. Для таких задач всегда требуется много быстрых вычислений и выполняется это на ASIC и FPGA, которых в Hornet нет. Всё, что реализуемо в БПЛА «Hornet» не имеющем сложных вычислителей в радиоканале – это упрощённая реализация до 3 абонентов в условиях стандарта IEEE 802.11AC или каскадная передача между несколькими абонентами с фиксированным правилом маршрута.



Антенны

Конструкция всех антенн БПЛА «Hornet» – печатные антенны на текстолитовой плате. Чтобы сделать антенну маленьких размеров, когда длина волны 1,77м для 169МГц и 0,638м для 470МГц, то даже четверть этой длины будет огромных размеров, поэтому, сделали антенны на материале с укорочением длины волны и конструкцию с оптимальным реактивным согласованием – такие антенны всегда узкополосные.

Антенны канала управления (КУ) 169МГц и 450МГц имеют большой коэффициент укорочения и от того, узкие участки согласования входного сопротивления по частоте. То есть, ниже и выше этой частоты они как антенна нормально не работают. Это заставляет радиоканал работать в узком диапазоне, который легче и обнаружить, и подавить помехой.

Важное замечание – не нужно по привычке пытаться измерять линейкой размеры печатной антенны, её частоту, таким образом, не узнать. Нужно подключить антенну к заранее откалиброванному векторному анализатору цепей (Arinst, NanoVNA) и измерить антенны в свободном пространстве, ни к чему не железному и бетонному не приближая. Желательно антенны измерять два раза – висящими в воздухе и установленными в БПЛА на своё место – так видно влияние предметов вокруг и смещение антенны вниз по диапазону.

Если антенна многорезонансная, широкополосная или с большим коэффициентом укорочения – она всегда будет иметь несколько выраженных участков согласования или целые области – нужно перепроверять себя, заранее уточнив возможные диапазоны приёмника или передатчика, где он может, а где не может работать.



Рисунок 24 Как выглядит антенна канала управления и их согласование по сопротивлению и соответственно по КСВ: слева 169МГц, справа 470МГц

Узкая область согласования сопротивления антенны показана на графике красной стрелкой. За пределами обозначенного участка антенны не работают. Для задач подавления радиоканала — это хорошо, т.к. проще сконцентрировать мощность и высокую плотность помехи в узких участках диапазона.



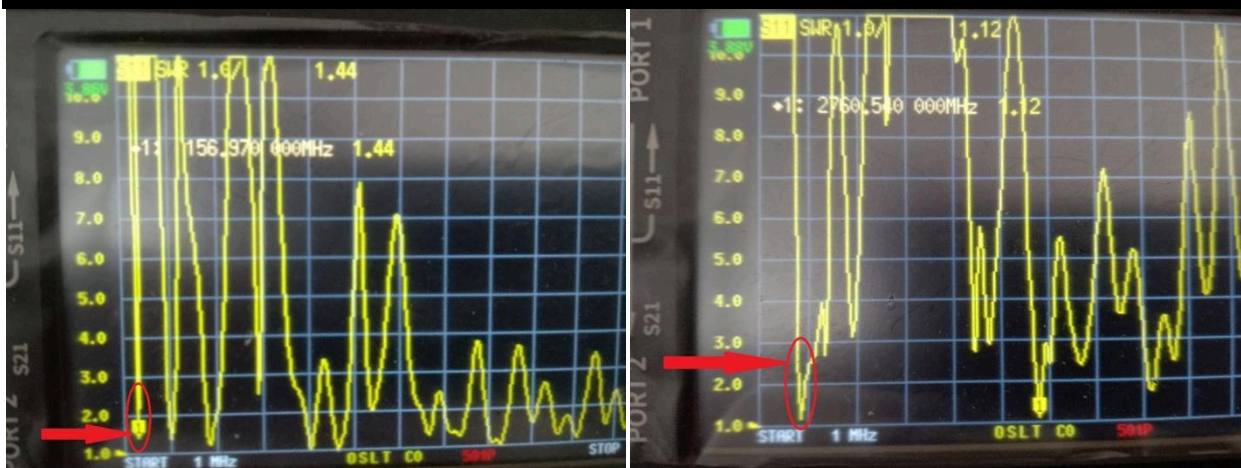


Рисунок 25 Демонстрация области согласования сопротивления антенн 169 МГц (слева) и 470 МГц (справа)

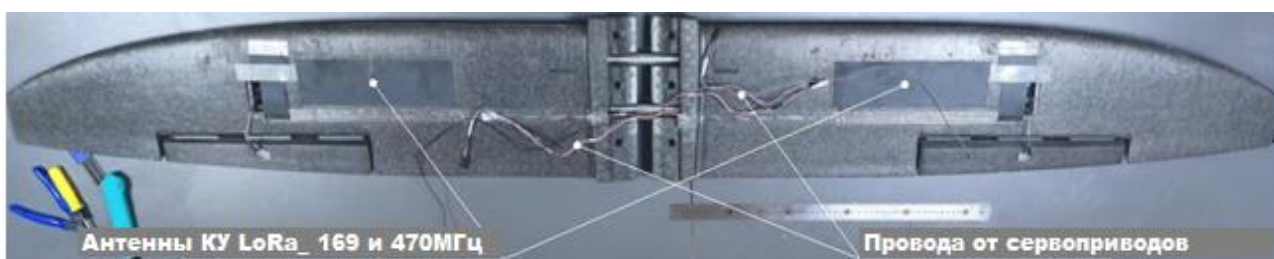


Рисунок 26 Расположение антенн канала управления по протоколу LoRa 169 МГц и 470 МГц



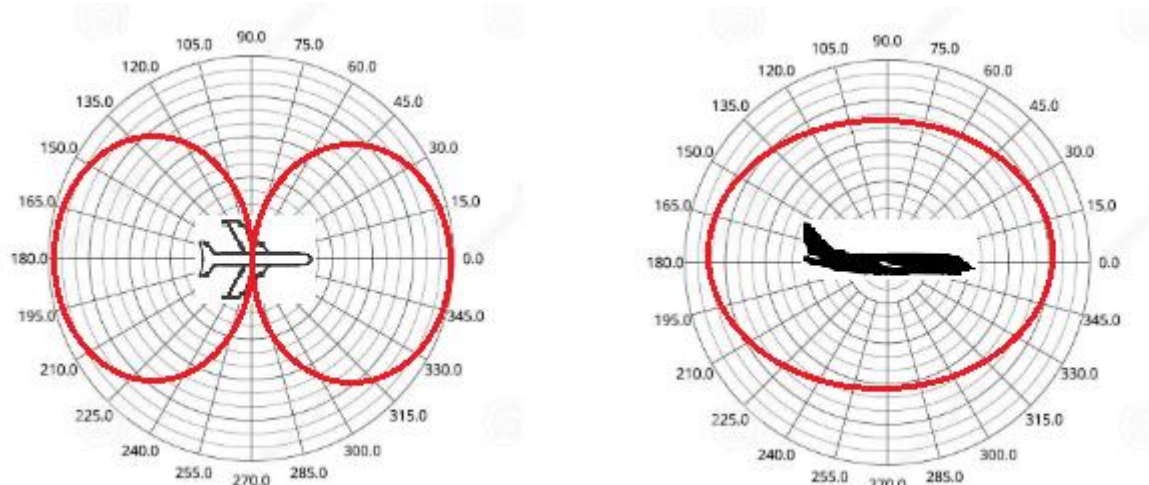


Рисунок 27 Диаграммы направленности антенн канала управления (в горизонтальной и вертикальной плоскостях)

То есть, максимальная энергетика луча помех каналу управления достигается по оси полёта БПЛА или ожидаемого направления полёта от противника.

Антенны канала цифровой передачи видео таких-же размеров, но имеют многорезонансную конструкцию и тоже выполнены с укорочением длины волны. Антеннам нужно быть согласованными сразу в нескольких диапазонах. 1600-1900МГц, 2000-2300МГц; 3300-3800МГц.



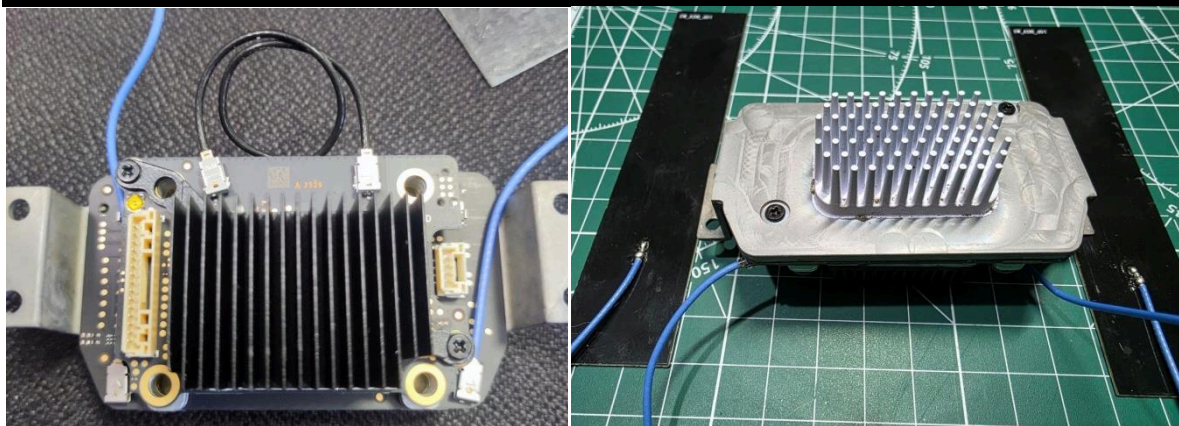


Рисунок 28 Внешний вид антенн и модулей цифрового канала видеосвязи



Рисунок 29 Внешний вид антенн и модулей цифрового канала видеосвязи

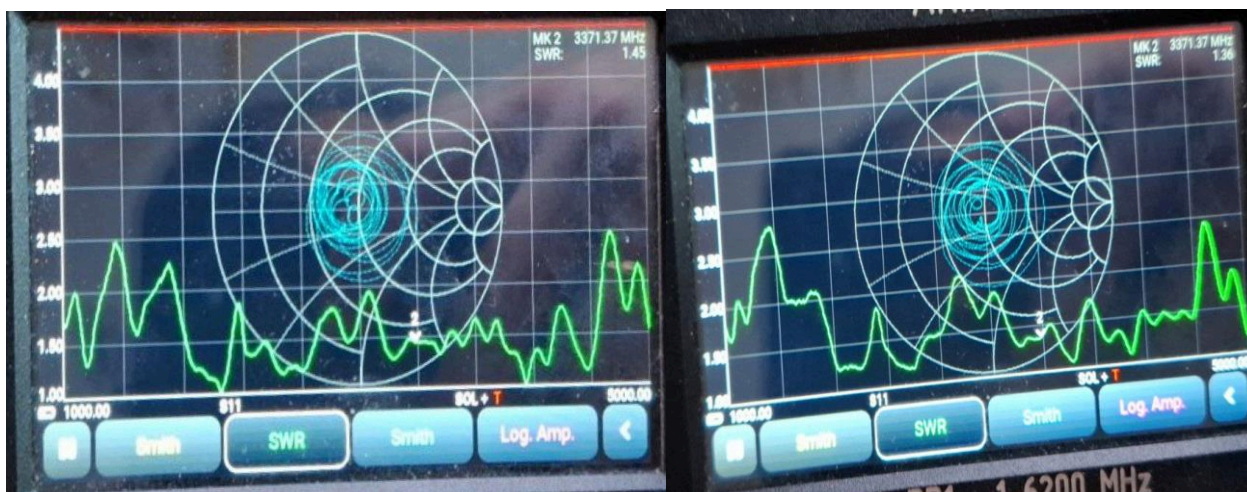


Рисунок 30 График измерения КСВ антенн 1 и 2 канала цифровой передачи видео. Антенны одинаковы по маркировке и сходятся по характеристике.



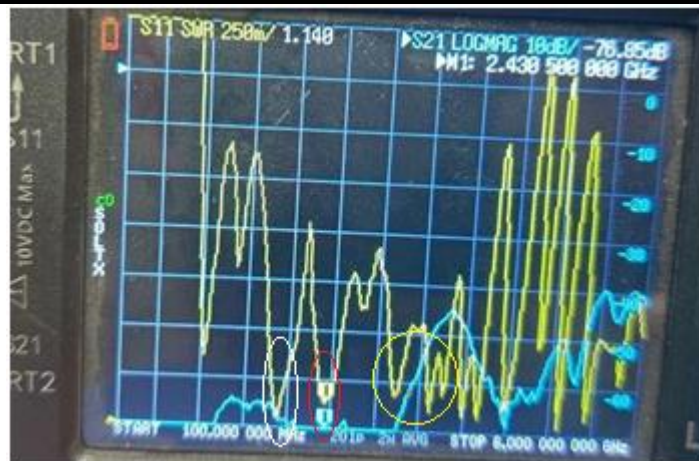


Рисунок 31 Три области согласования антенн

Реальные измерения параметров показывают, что антенны имеют оптимизацию согласования КСВ под конкретно обозначенные диапазоны, а не просто полосу от 1000 до 4000МГц, как может показаться изначально.

Есть важный нюанс для радиомодулей канала цифровой передачи видео – они плохо будут работать при рассогласовании антенны и разработчики это отлично понимали, всячески избегая проблем – диапазоны согласований антенны, согласование частотных пределов работы внутри радиомодуля канала цифровой передачи видео и всего программного обеспечения комплекта БПЛА предусматривают следующие ограничения:

1. По границе максимально допустимого уровня модуля вектора ошибок (EVM);
2. По границе устойчивости усилителей;
3. По исключению частот, поражённых помехами, каналами побочного приёма и комбинационными составляющими от собственного преобразования частоты.

Поэтому, вся конструкция находится внутри трёх граничных условий:

1. Антенны должны быть эффективны, за границей их настройки теряем и два канала MiMo не спасут.
2. Усилители «не резиновые» и их можно сжечь или они будут очень искажать цифровой сигнал и дальность жутко упадёт.
3. Радиоэфир очень зашумлён РЭБ и смещение за полосы приёмного преселектора обвалит чувствительность в 10 и более раз, за счёт компрессии МШУ и по интермодуляции.



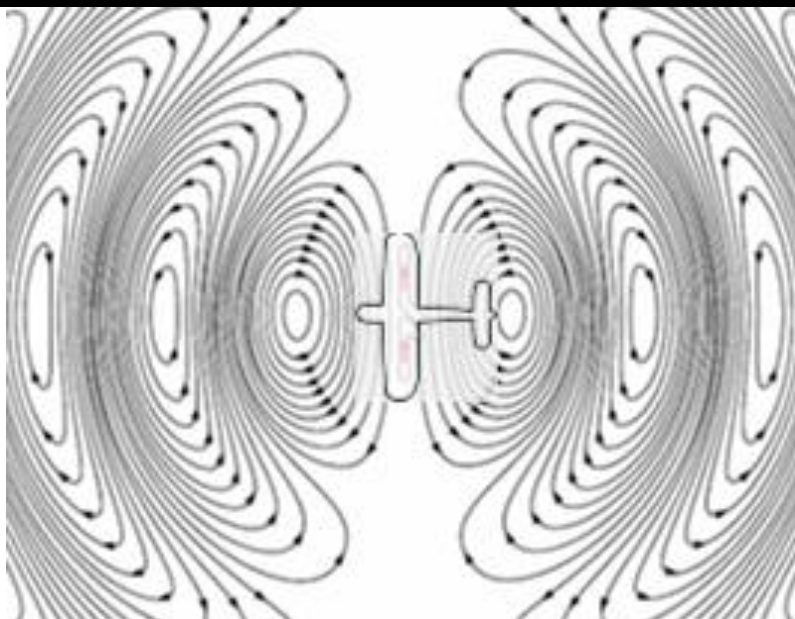


Рисунок 32 Эскиз диаграммы направленности антенн в канале управления



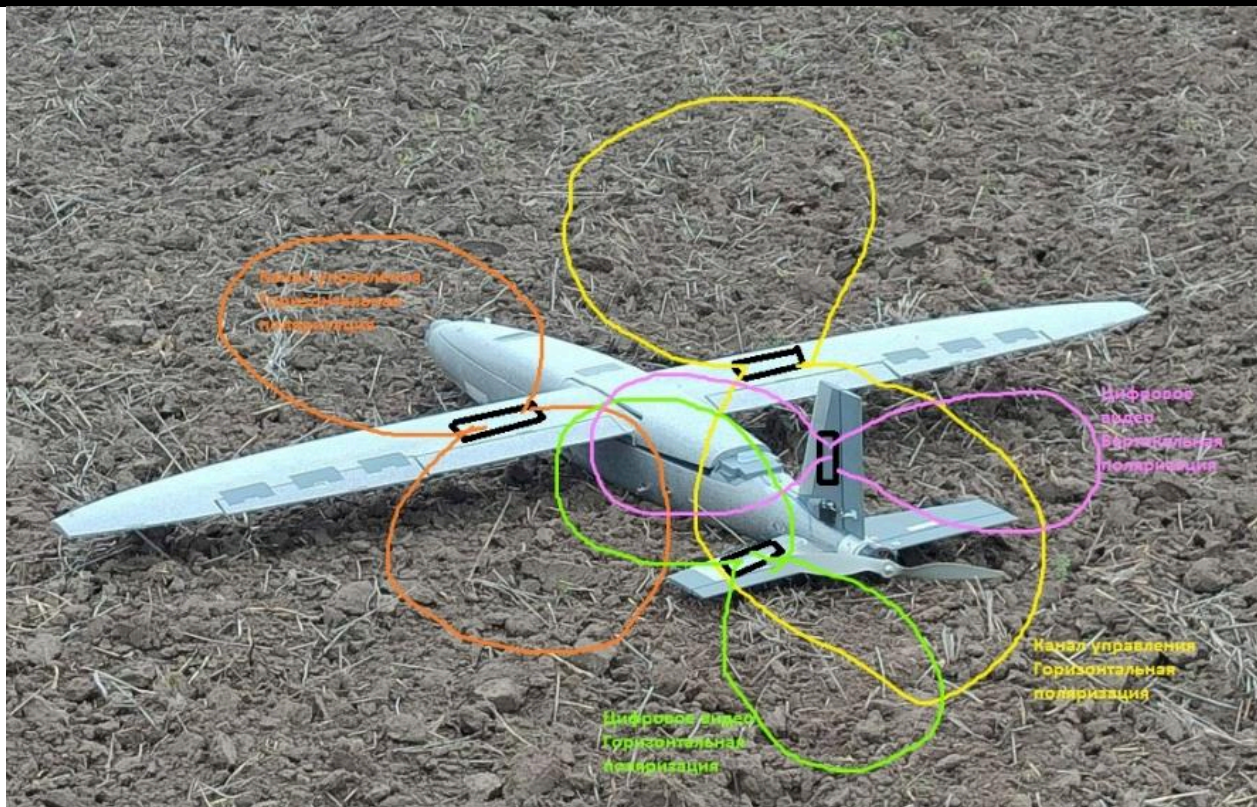


Рисунок 33 Эскиз диаграммы направленности антенн в каналах управления и видео. Отмечены места крепления антенн

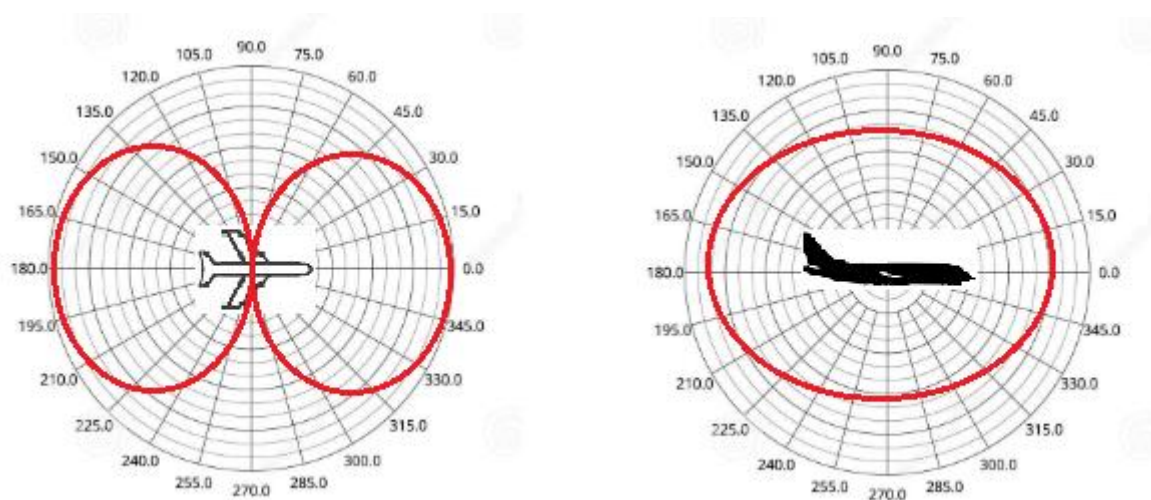


Рисунок 34 Эскиз диаграммы направленности антенн в канале канала цифровой передачи видео БПЛА для антенны наклеенной горизонтально на заднем стабилизаторе.



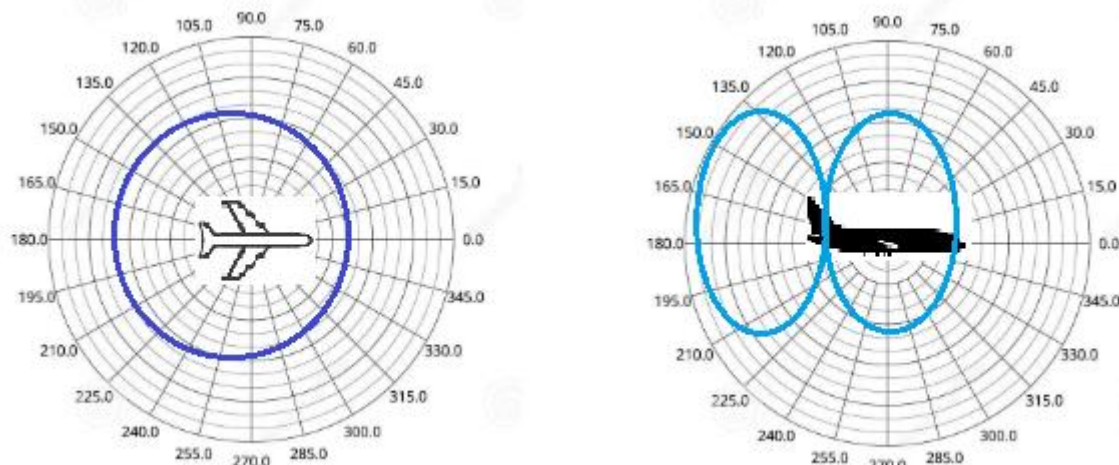


Рисунок 35 Эскиз диаграммы направленности антенн в канале цифровой передачи видео БПЛА для антенны, наклеенной вертикально на киле (задем вертикальном стабилизаторе).

Передача цифрового видео производится на основе протокола OpenIPC, который раскрывает возможности дешёвых и популярных микросхем RTL8812EU.

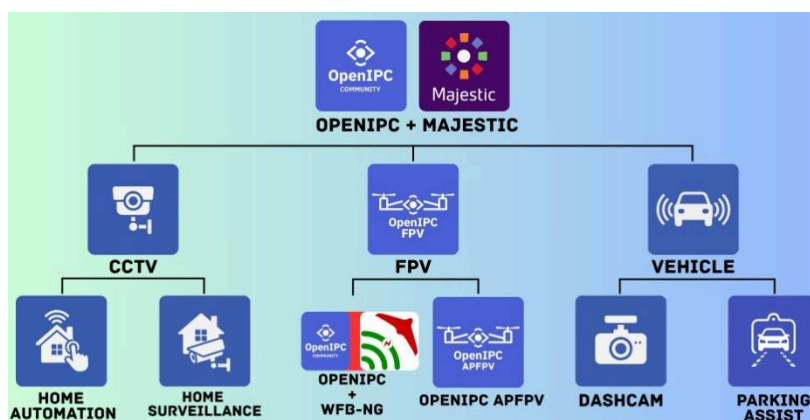


Рисунок 36 Применение протокола OpenIPC в том числе, совместно с сервисом трансляции стримов в Majestic.

Сравнительные примеры качества изображения для APFPV и WFB-NG хорошо показаны в видео: https://www.youtube.com/watch?v=FQWN_lp2jDg
 В самом протоколе есть задержки 40-70мс и суммарная задержка может достигать 130-200мс, но это почти не влияет на применение в фронтовых БПЛА самолётного типа, так как автоматическое донаведение на конечном участке пикирования может выполняться без участия оператора. Описание для понимания всей структуры: <https://docs.openipc.org/use-cases/fpv/net-cards/rtl8812eu/>
 В протоколе OpenIPC поддерживаются режимы передачи 5 МГц, 10 МГц, 20 МГц (только RX 40 МГц). Чаще всего БПЛА «Hornet» имеет полосу 10МГц. Модуляция OFDM адаптивная, в зависимости от качества распространения сигнала в пространстве и внешних помех. BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM и гибко изменяется от



BPSK при зашумлённом эфире до 64QAM при чистом эфире, удерживая синхронизацию, это особенность почти всей современной цифровой видеосвязи.

Самое важное в любой цифровой связи – это синхронизация – данные и так теряются, но передаются с избыточностью, а вот потеря синхронизации – это потеря связи и времени на обратную синхронизацию. Поэтому, все современные цифровые сети легко меняют формат модуляций и ширину полосы в зависимости от внешних условий, главная задача – удерживать единство синхронизации.

Режим работы может быть Stream (поток, который быстрее отображается, но больше артефактов в шумах), либо Frame (пакеты выделяются только успешно принятые и накапливаются – картинка стабильная, но может задерживаться). Судя по видеозаписям – там применяется режим «Stream».

При ухудшении канала связи (росте BER) поле зрения на изображении с передней камеры сужается к центру.



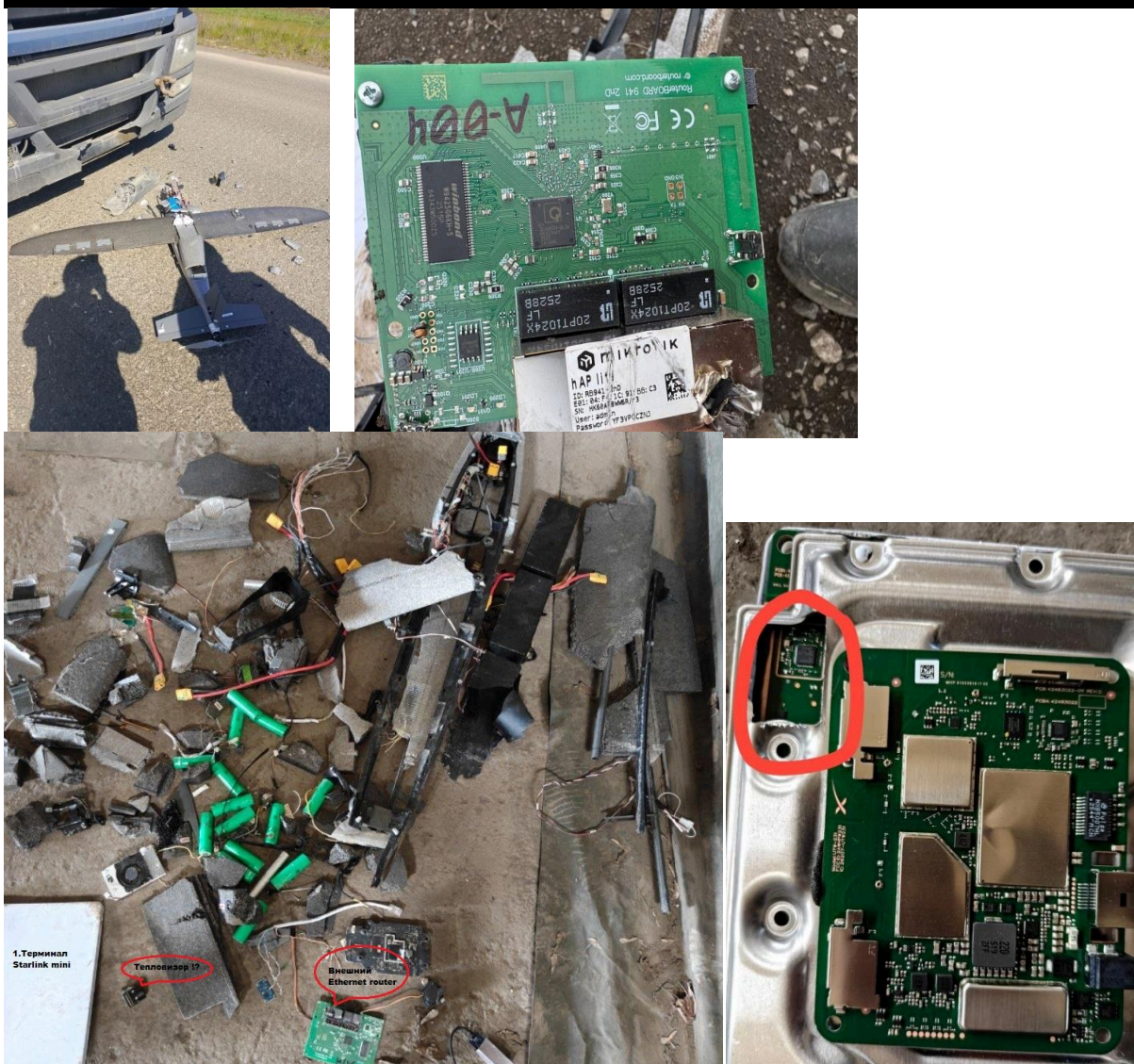
БПЛА «Hornet» с Starlink mini



Пример быстрой установки терминала Starlink на месте, без извлечения радиомодуля и антенн цифровой передачи изображения. Возможно, являлся ретранслятором для других БПЛА «Hornet».

Канал управления LoRa и его антенны при установке любого модема цифровой передачи изображения не извлекаются. Они всегда являются работающими.





Остатки БПЛА «Hornet» и терминал Starlink внутри. После очередных изменений работы в спутниковой системе для Украины пропала необходимость ставить платы эмуляции GPS и притворяться малоподвижным терминалом. Но массово вырезанные заранее отверстия остались (обведено красным).

В качестве роутера могут применять дополнительный Mikrotik RouterBoard RB941. На нём может реализовываться отдельная задача множественного туннелирования и кастомные реализации упаковки канала управления в общий поток.





Крепление терминала Starlink к БПЛА. При использовании терминала Starlink вес БЧ обычно снижен до 1,5-1,7кг.



В БПЛА с установленным терминалом Starlink отсутствуют радиомодемы цифровой передачи изображения. На месте модемов установлены заглушки.



Обычно «встреча» с Hornet заканчивалась так <https://t.me/HealerTacMed/19318> или так <https://t.me/WarInMyEyes/13072> по очевидной неготовности к атаке БПЛА в глубоком тылу. <https://t.me/UAVDEV/11104> , в районе Курахово Hornet атаковал <https://t.me/UAVDEV/10020> гражданскую фуру. К счастью, БЧ не сработала.

БПЛА «Hornet» с MESH/MANET модемом фирмы Radionor

По заявлениям представителей ВСУ от 10.07.2025г норвежская оборонная компания Radionor Communications откроет сервисный центр на Украине. Это первый представитель мировых производителей тактических модемов с представительством в Украине.

Примерно с этого периода в БПЛА «HORNET» появились модемы Radionor CRE2-144-LW. Это был очередной взаимовыгодный эксперимент по проверке тактических модемов в реальных боевых условиях.



CORDIS ARRAY II

Технические характеристики Radionor CRE2-144-LW

1	Источник питания	19–36 В постоянного тока
2	Интерфейс данных	Ethernet 10/100baseT
3	Скорость обмена данными	0,5_1,2_2,3_7_15Мбит/с или автовыбор
4	Дальность связи	20-200км
5	Беспроводное шифрование	AES-256



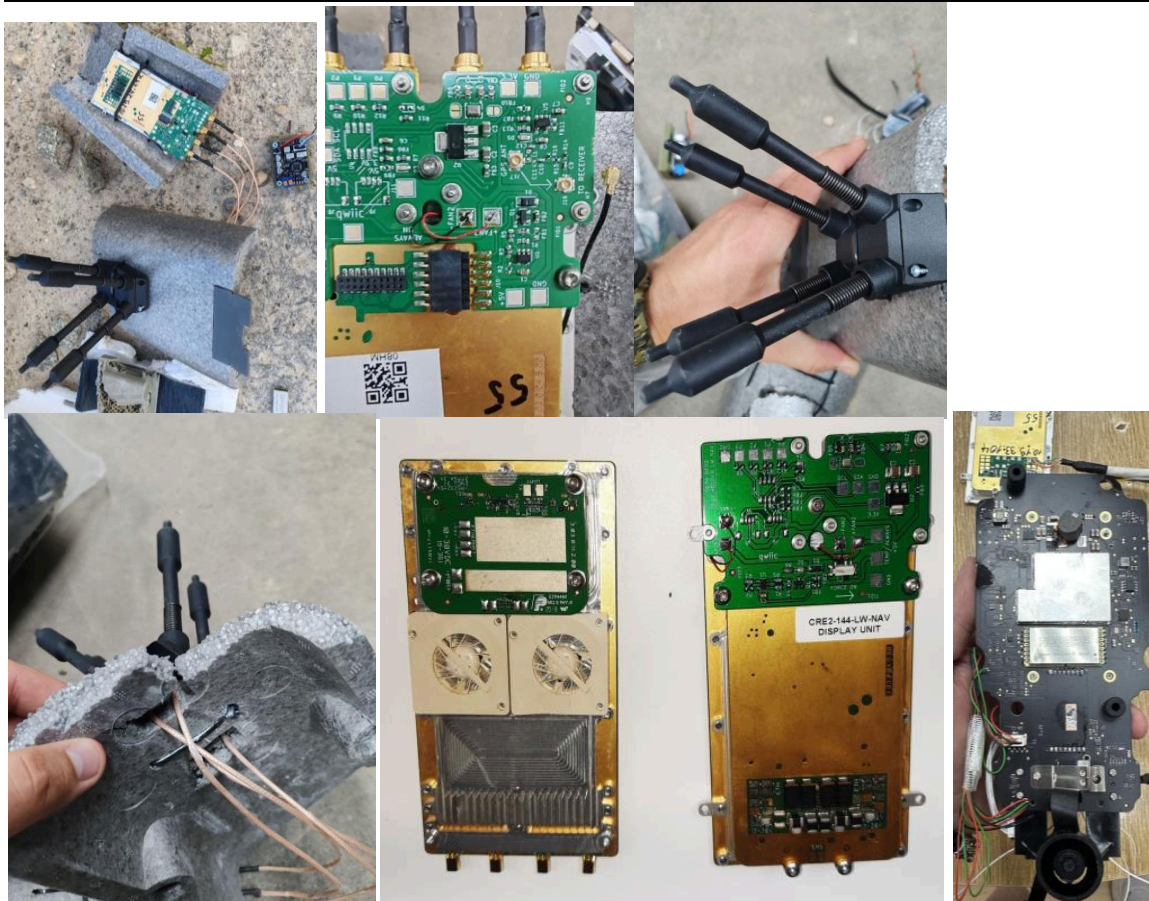
6	Размеры	120 × 65 × 13,3 мм
7	Вес	85 г
8	Диапазон частот	4,4ГГц – 5,9ГГц
9	Мощность Tx на один канал	31дБм (1Вт). 4 канала в MiMo



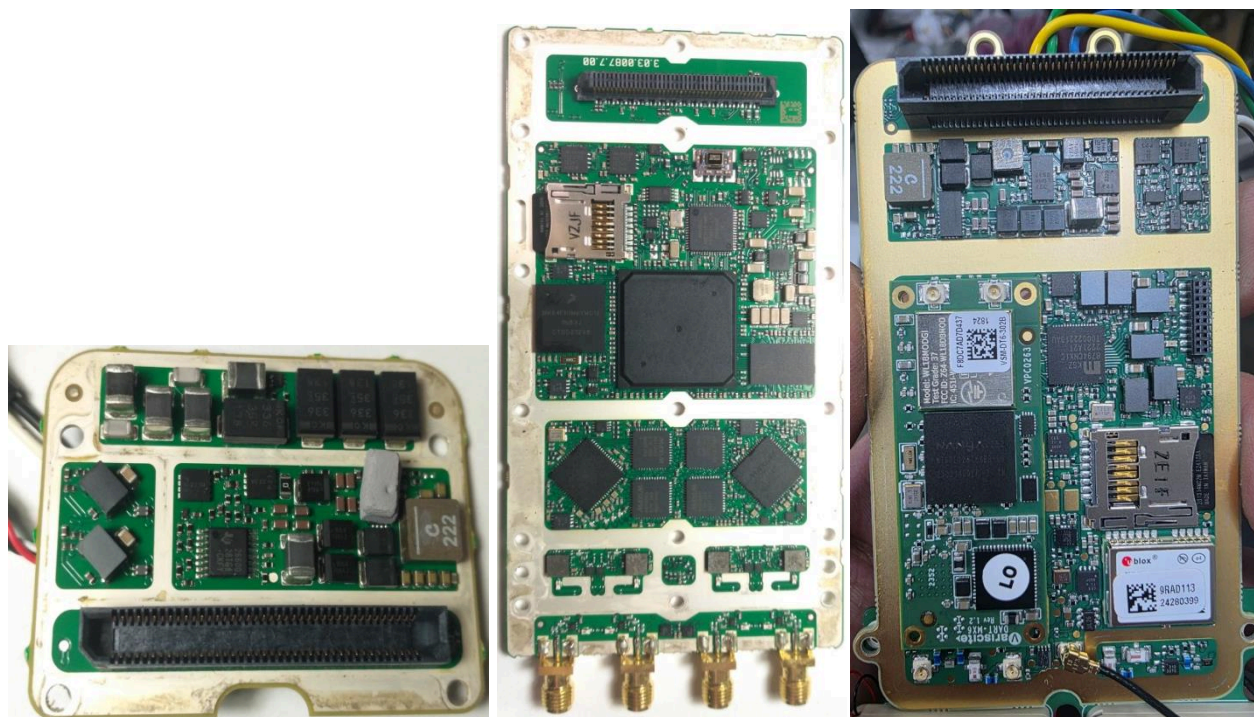
Внешний вид наземных станций управления (НСУ) или антенн

В зависимости от дальности связи, количества модемов в группе и уровня помех выбирают тип наземных антенн. Панельные антенны совмещены с радиомодемом Radionor CRE2-144-LW





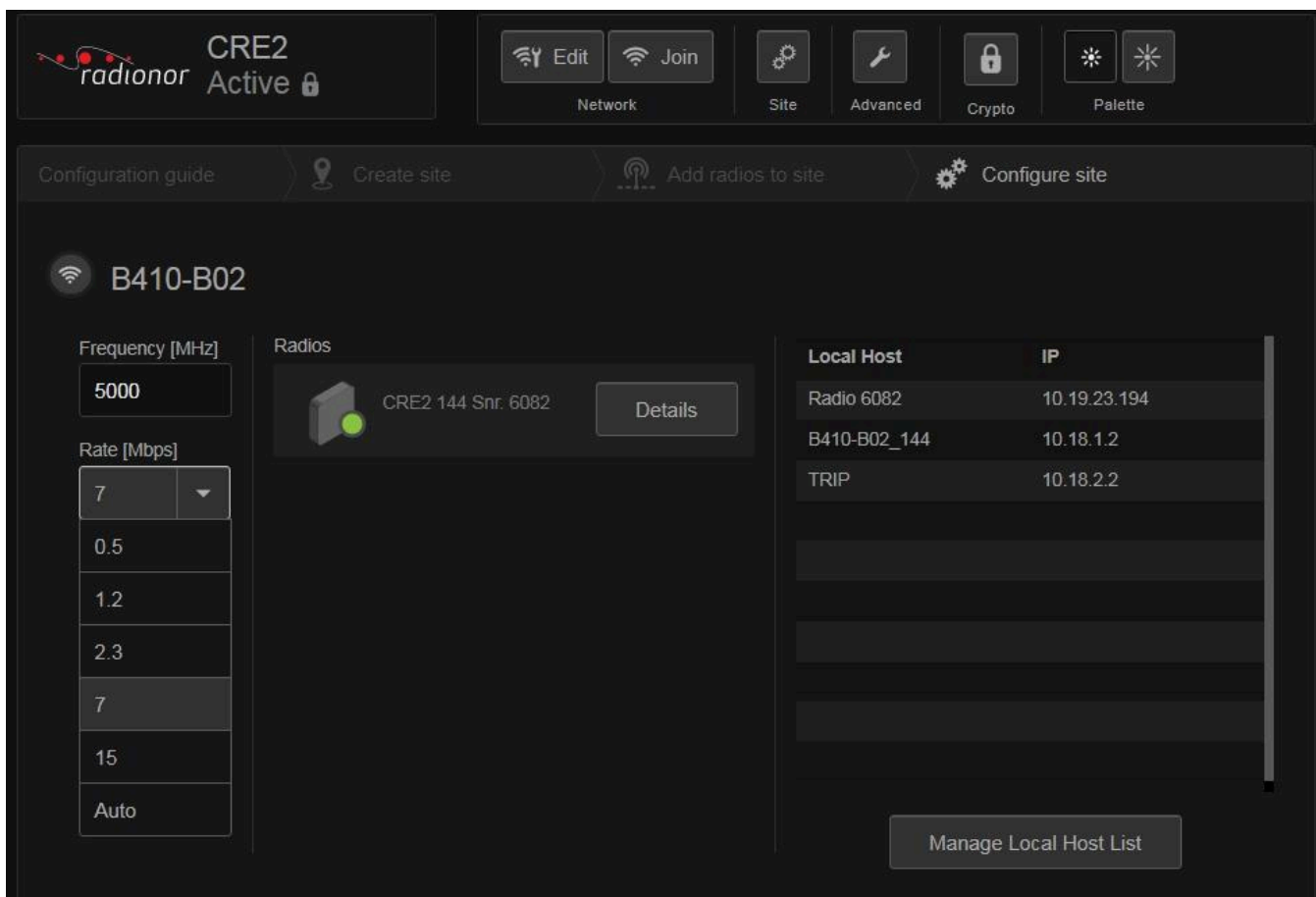
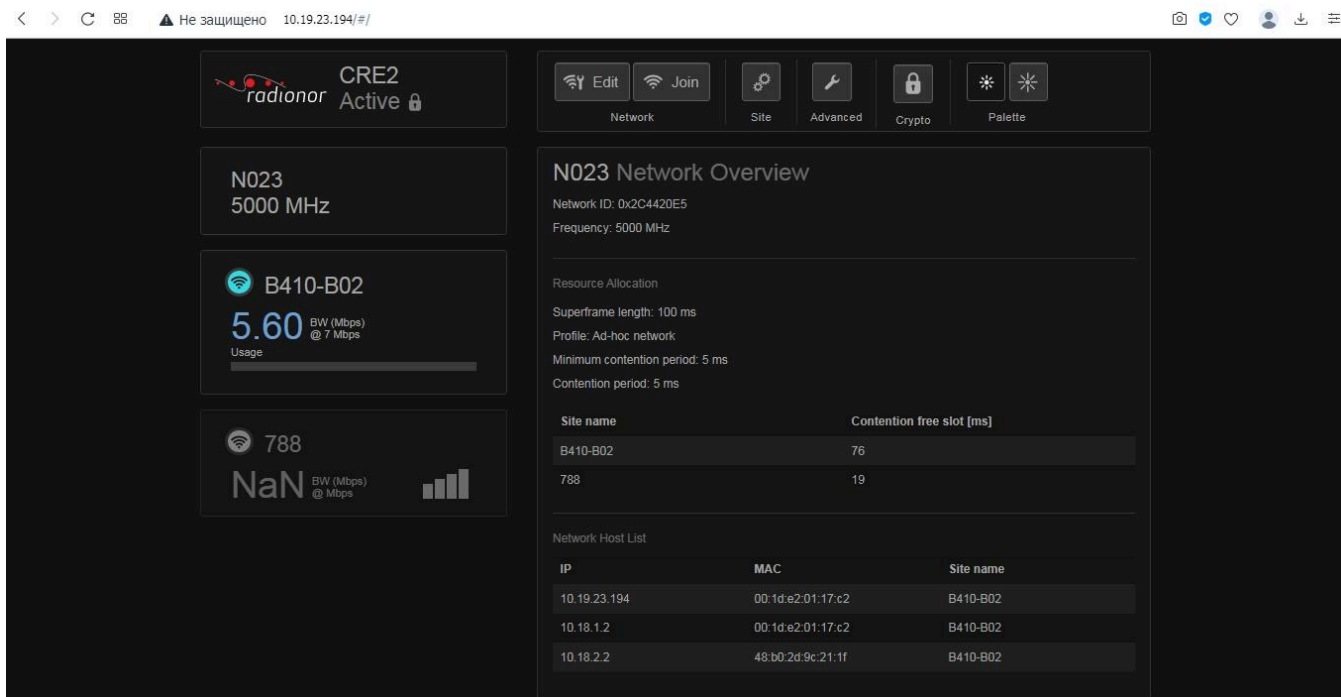
Радиомодем Radionor CRE2-144-LW и его антенная решётка в БПЛА «Hornet»



Радиомодем Radionor CRE2-144-LW в открытом виде.



Меню модема имеет веб-оболочку и простой интерфейс. Для тонких инженерных задач есть отдельный раздел с настройками и логами, есть встроенный анализатор спектра в диапазоне модема (оценка РЭО), который можно запустить удалённо.



Пример основного меню радиомодема

[Back to Main GUI](#)

Monitoring

- [Status](#)
- [Logging](#)
- [GPGGA port setup](#)
- [FFT display](#)

Configuration

- [Configuration](#)
- [Power control](#)
- [Advanced resource distribution](#)
- [Relay control](#)
- [Quality of Service](#)
- [Radar Interference Detection](#)
- [Extra IPs and routes](#)
- [Position](#)

Upgrade

- [Software upgrade](#)

Advanced

- [Configuration synchronization](#)
- [Silent mode](#)
- [Co-site synchronization](#)
- [Tag reception](#)
- [Radio API Python library](#)
- [Auto Mac Routing](#)
- [Password authentication](#)
- [Serial-to-UDP](#)

- [About](#)
- [Reboot](#)

```
SN : 6082 (17C2) Release: 2.21.1 Board type: 144
Freq : 5000.00 Lck : 4 Disabled : None Icc : 911 Vcc : N/A temp : 40.000000
TQ : 0 GPSSAT : 00 SNR : 00 dB TCXO : -16 Hz clk : -156 Hz ERR : 0x00000000
```

```
--- TX status ---
% Greth Sendt IP Sendt TX buf Unicast Tx with
Rate Util. frames frames frames PLCP busy frames no ACK
8 0.0 475 920 920 0 200 200
```

```
--- Dropped frames ---
Link busy No link MAC busy
0 0 0
```

Superframe length: 100.0 ms
Relay: 0

```
--- RX status ---
RX PSDU Greth CRC Incomplete
PCLP failed frames errors Jumbo frame
0 77 0 0 0 Crypto: Running AES256
```

Network ID: 2C4420E5 My TV: 2

Site table		RX	RX	Margin	Max	Min	Tx	NLOS	Dir	Distance	timer												
Site name	TX	kb/s	Ver	RV	TV	CF	R	Rl	Rt	SN	RXseq	TXseq	Missed	age	Rate	dB	dB	dB	dBm	dB	Age	Meters	off
--- Local site																							
B410-B02	0	0	2	0	0	00	8	N	Y	6082	0	0	0	-1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
--- Remote sites																							
788	0	0	254	254	0	20	8	N	Y	*788	0	200	0	-1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	

Relay lines in use: 0

```
--- MAC table ---
IP MAC Ver Lflag Sflag Site
10.19.23.194 001DE20117C2 1 00 0 B410-B02
10.18.1.2 001DE20117C2 1 00 0 B410-B02
10.19.151.194 001DE20317C2 0 00 0 INTERNAL SITE
10.18.2.2 4880209C211F 1 00 0 B410-B02
```

[Back to Main GUI](#)

Monitoring

- [Status](#)
- [Logging](#)
- [GPGGA port setup](#)
- [FFT display](#)

Configuration

- [Configuration](#)
- [Power control](#)
- [Advanced resource distribution](#)
- [Relay control](#)
- [Quality of Service](#)
- [Radar Interference Detection](#)
- [Extra IPs and routes](#)
- [Position](#)

Upgrade

- [Software upgrade](#)

Advanced

- [Configuration synchronization](#)
- [Silent mode](#)
- [Co-site synchronization](#)
- [Tag reception](#)
- [Radio API Python library](#)
- [Auto Mac Routing](#)
- [Password authentication](#)
- [Serial-to-UDP](#)

- [About](#)
- [Reboot](#)

```
SN : 6082 (17C2) Release: 2.21.1 Board type: 144
Freq : 5000.00 Lck : 4 Disabled : None Icc : 915 Vcc : N/A temp : 40.000000
TQ : 0 GPSSAT : 00 SNR : 00 dB TCXO : -16 Hz clk : -154 Hz ERR : 0x00000000
```

```
--- TX status ---
% Greth Sendt IP Sendt TX buf Unicast Tx with
Rate Util. frames frames frames PLCP busy frames no ACK
8 0.0 482 933 933 0 200 200
```

```
--- Dropped frames ---
Link busy No link MAC busy
0 0 0
```

Superframe length: 100.0 ms
Relay: 0

```
--- RX status ---
RX PSDU Greth CRC Incomplete
PCLP failed frames errors Jumbo frame
0 77 0 0 0 Crypto: Running AES256
```

Network ID: 2C4420E5 My TV: 2

Site table		RX	RX	Margin	Max	Min	Tx	NLOS	Dir	Distance	timer												
Site name	TX	kb/s	Ver	RV	TV	CF	R	Rl	Rt	SN	RXseq	TXseq	Missed	age	Rate	dB	dB	dB	dBm	dB	Age	Meters	off
--- Local site																							
B410-B02	0	0	2	0	0	00	8	N	Y	6082	0	0	0	-1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
--- Remote sites																							
788	0	0	254	254	0	20	8	N	Y	*788	0	200	0	-1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	

Relay lines in use: 0

```
--- MAC table ---
IP MAC Ver Lflag Sflag Site
10.19.23.194 001DE20117C2 1 00 0 B410-B02
10.18.1.2 001DE20117C2 1 00 0 B410-B02
10.19.151.194 001DE20317C2 0 00 0 INTERNAL SITE
10.18.2.2 4880209C211F 1 00 0 B410-B02
```

Пример инженерного меню радиомодема

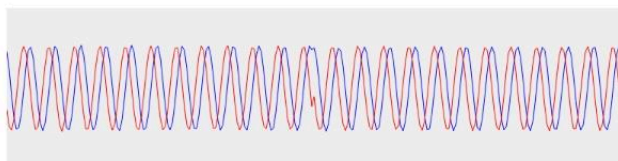


Warning: Using this function may cause packet loss. Close page when not in use.

FFT



Sample Data

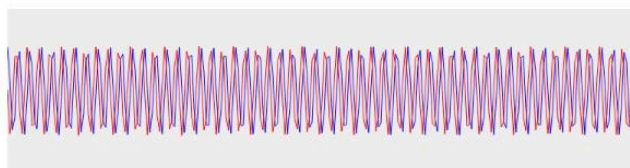


Warning: Using this function may cause packet loss. Close page when not in use.

FFT



Sample Data



Графики спектра в полосе рабочего канала и квадратурные компоненты.

Модемы Radionor очень перспективная европейская разработка, одна из немногих имеющих 4-х канальный MiMo, умеющий эффективно бороться с внешними помехами и гибко поддерживать MESH/MANET сеть. Это один из немногих прямых европейских конкурентов Silvus Technology (Motorola).

За 4 года СВ0 модем показал себя весьма стойко к РЭБ, но все попытки продвижения упиралась в лобби американцев со своим DTC Codan и Silvus Tec.



Заметим, что ни один MESH/MANET модем в мире не испытывался в реальных условиях современной войны высокой интенсивности. На Украину лезут на испытания очень много Мировых производителей, но их довоенные представления современной войны, в подавляющем большинстве, потребовали серьезных изменений в продукции. Как в любой MESH/MANET инфраструктуре нельзя быть «одиноким воином» - чтобы сеть была стойкая и показывала высокие результаты - она должна быть как можно насыщеннее. Насытить фронт Radionor-у явно не давали. Однако некоторое количество БПЛА было переделано.

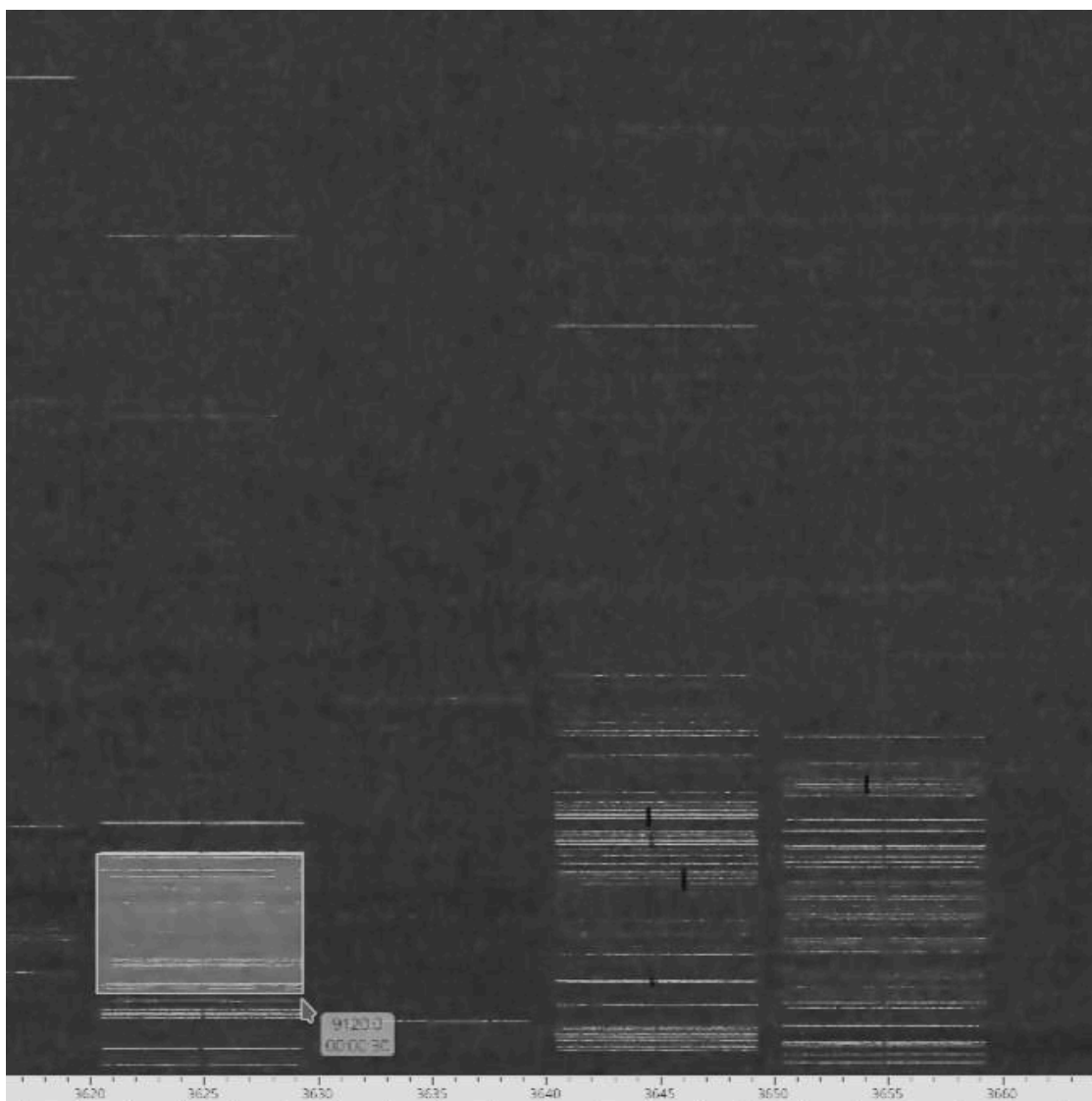
БПЛА с модемами Radionor как правило не имели тяжелой БЧ (не выше 1,7кг) и видимо эксперименты всех участников были главнее боевой работы.

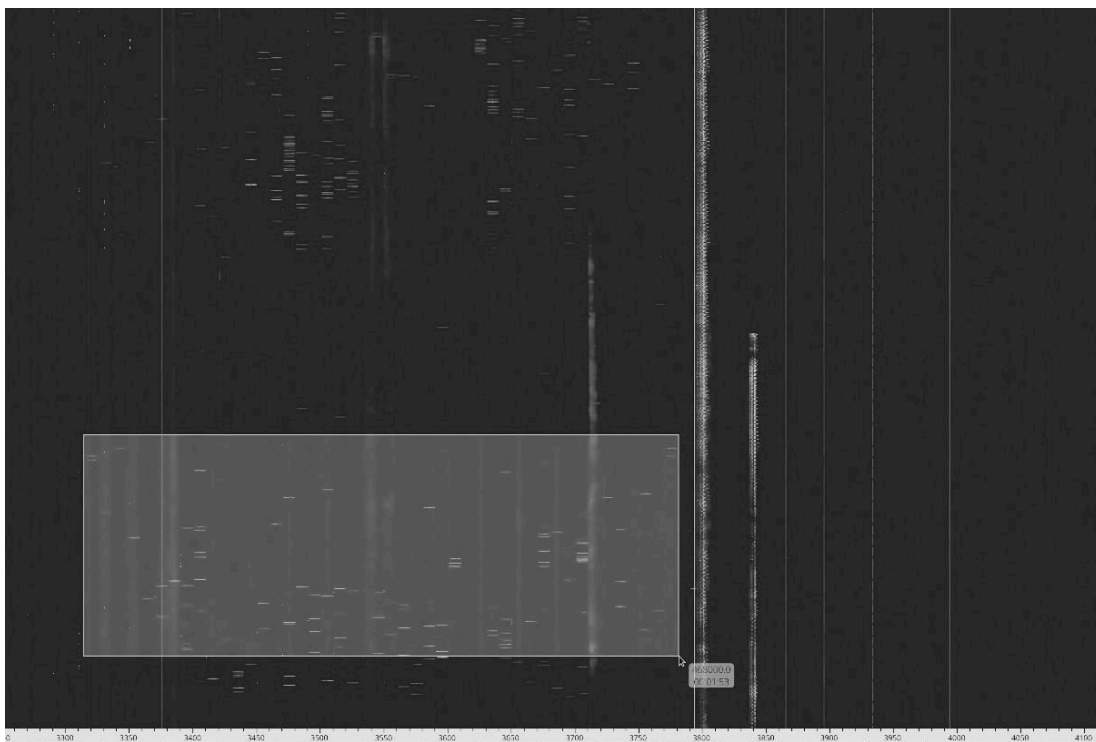
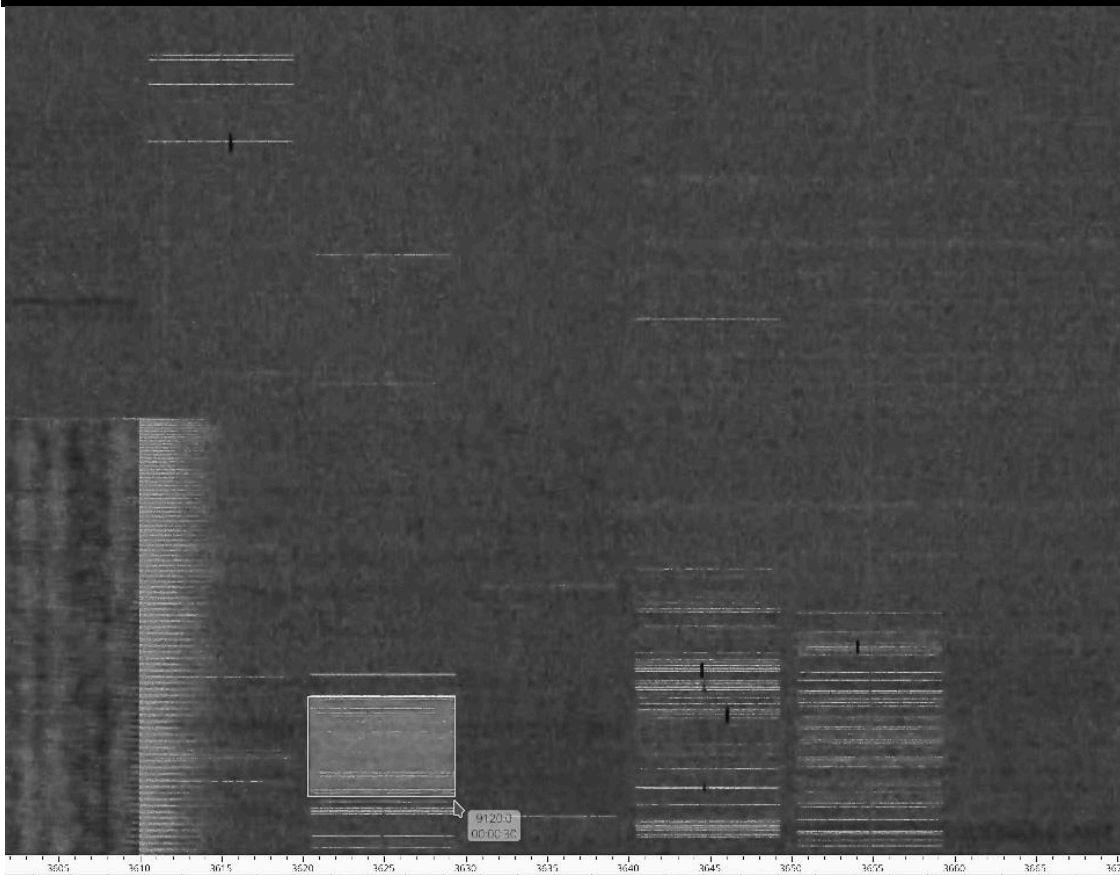


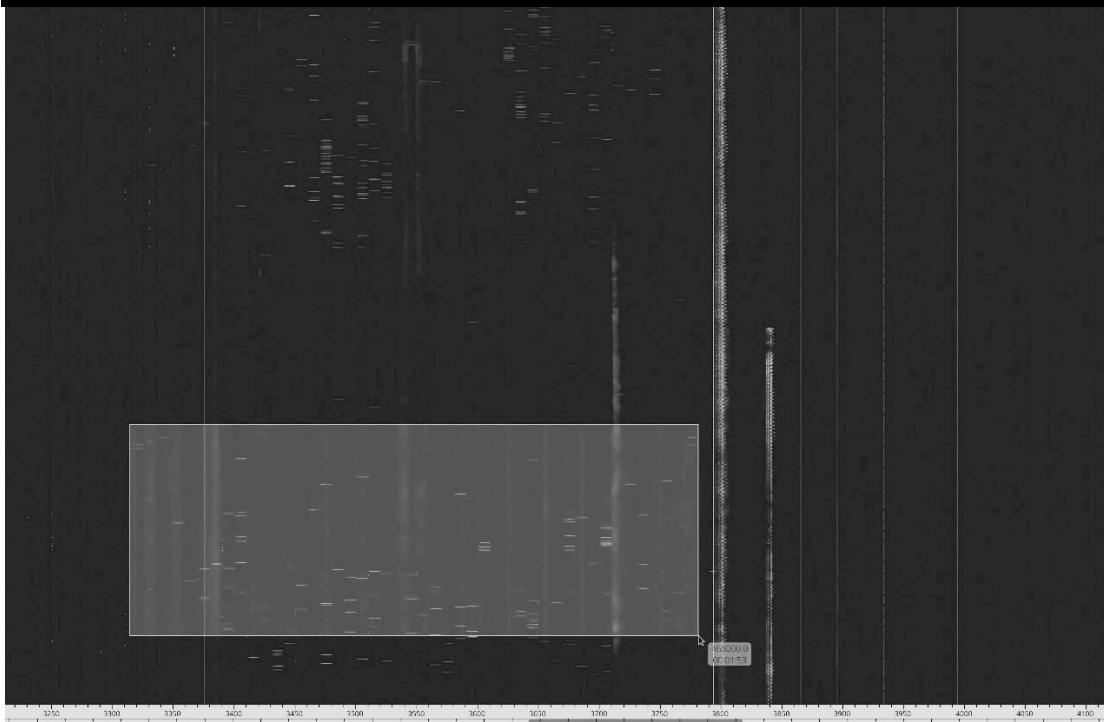
БПЛА «Hornet» с MESH/MANET модемом фирмы Radionor

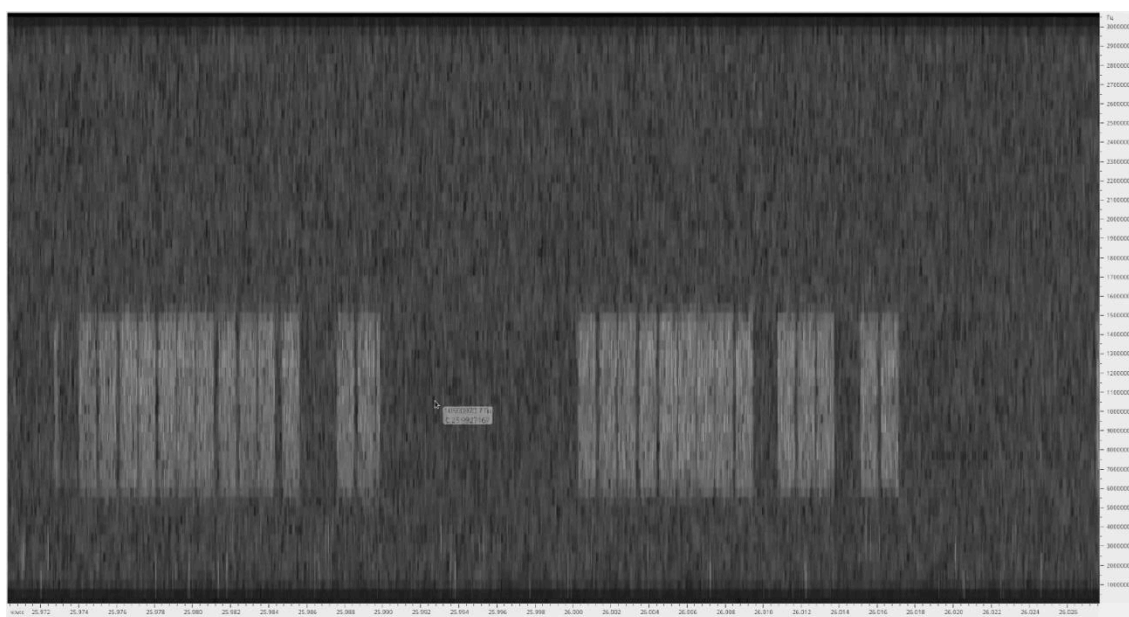
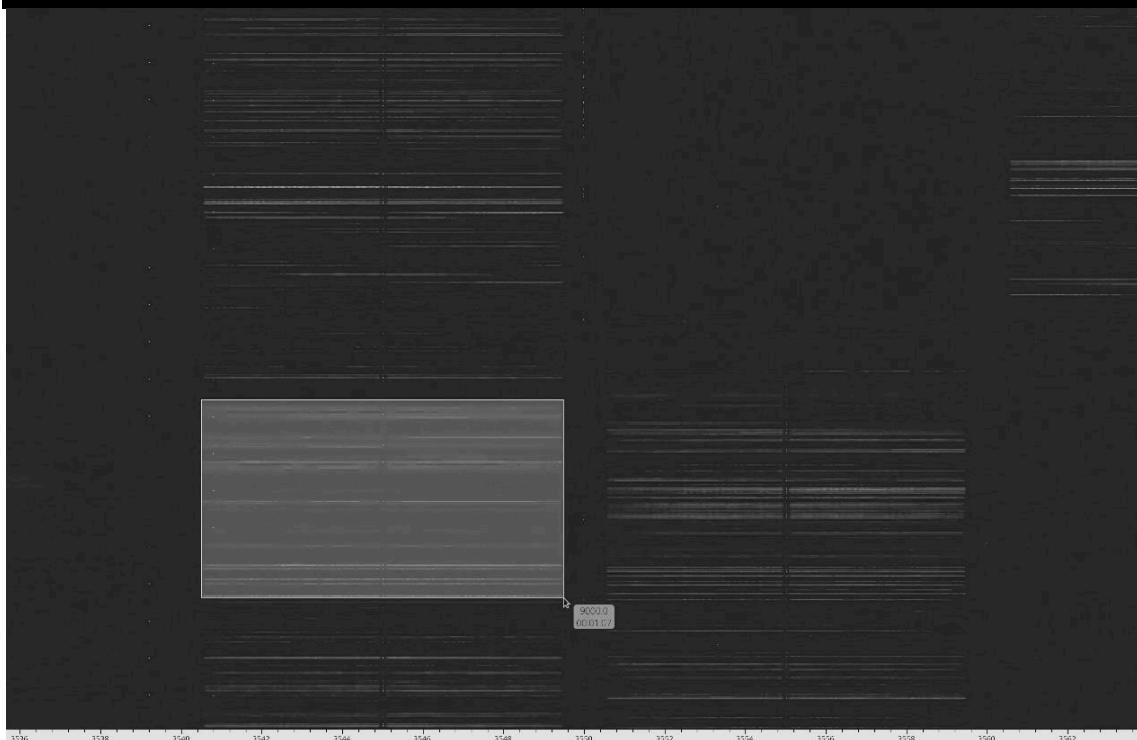


Изображение сигналов цифрового канала видео на анализаторе спектра.









Примеры изображений с экрана пульта оператора

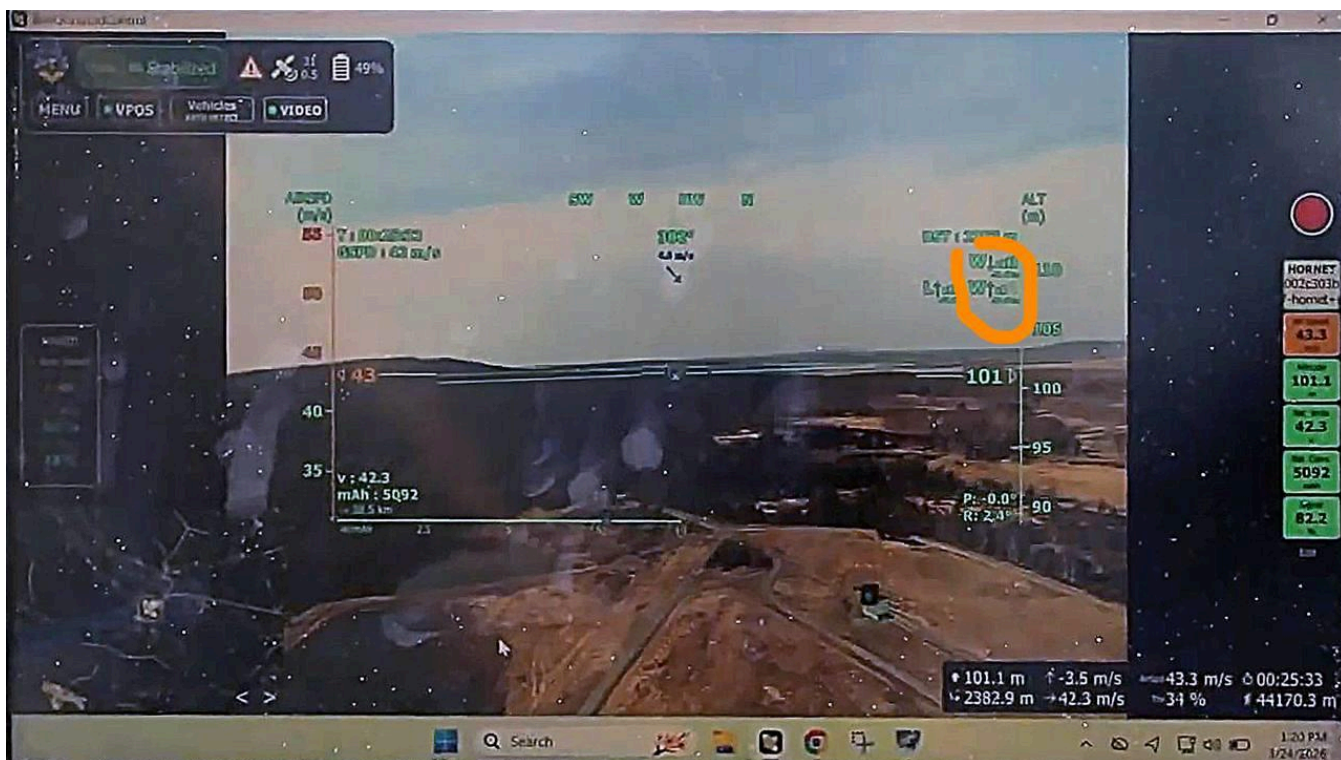












Отображение уровней в каналах связи.



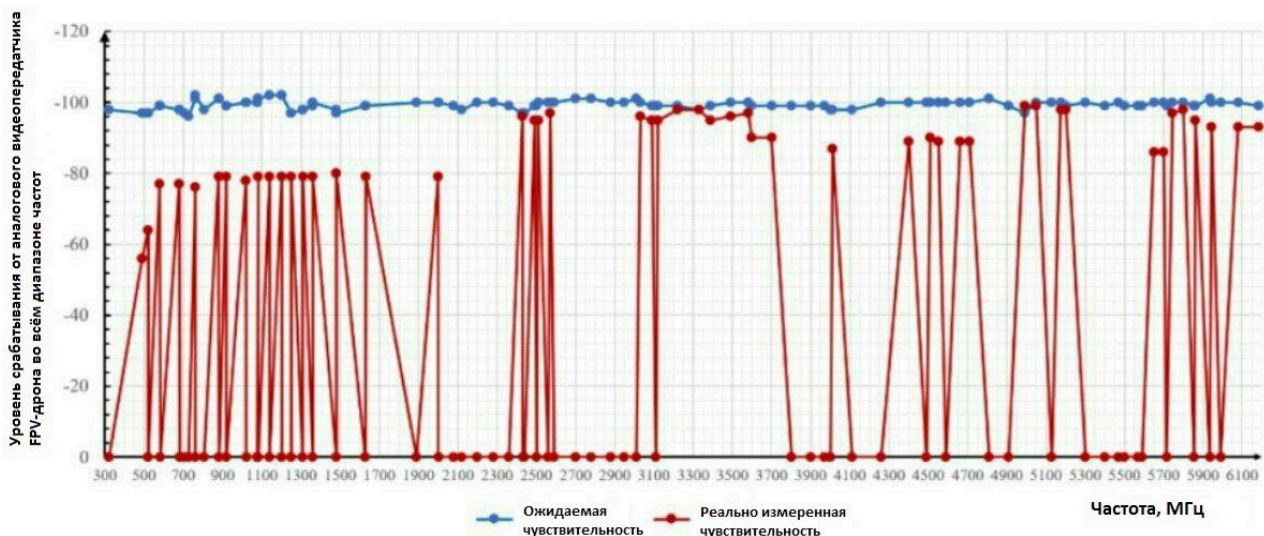
Про дрон-детекторы

Оценка особенностей некоторых портативных обнаружителей радиоизлучения БПЛА (дрон-детекторов) и упрощённое объяснение причин несрабатывания. Конкретные производители не будут указываться для избегания нечестной рекламы или антирекламы.

Написанное - актуально на момент создания документа и может в дальнейшем изменяться в любую сторону вместе с новыми моделями или обновлением ПО.

У противника давно есть в трофеях все популярные в РФ дрон-детекторы, и они давно изучены и измерены, поэтому удивить показанной на графике выборочной по частотам чувствительностью мы сможем только себя. Фирмы-производители Российских дрон-детекторов не считают нужным показывать и предоставлять детализированные графики чувствительности по всему диапазону или указывать нечувствительные участки диапазона, поэтому им приходилось верить на слово. Проверки показывают серьёзные различия между словами и чувствительностью дрон-детекторов.

Украинцы, давно всё это измерив, массово изменили диапазоны своих видеопередатчиков, переходя в «слепые» участки диапазонов дрон-детекторов и РЭР/РЭБ.



В графике приведены инструментальные измерения с помощью векторного генератора сигналов, который формировал калиброванный уровень СВЧ сигнала и ЧМ модуляцию с шириной полосы 6,5МГц воспроизводилась нормализованная по мощности запись видеопередатчика. Одинаковые результаты по сравнению с векторным генератором и трансляции записи видеосигнала получены на обычном СВЧ генераторе с внешней ЧМ модуляцией полосой 6.5 МГц прямой полярности композитного сигнала видеокамеры FPV дрона. Тем самым исключены возможные предрассудки о правильности воспроизведения тестового сигнала.



Как можно увидеть – диапазоны БПЛА «Hornet» в основном отсутствуют в работающих участках диапазона дрон-детектора. То есть, молчание дрон-детектора – не только специфика сигнатуры БПЛА «Hornet», но и физическая неспособность некоторых дрон-детекторов его там принимать.

От диапазонной зависимости свободны портативные анализаторы спектра, оборудование радиотехнической разведки (РТР). Есть характерные для БПЛА «Hornet» диапазоны и есть возможность создания «узкой воронки» сразу закрыв часть диапазонов помехой, а в оставленном небольшом участке наблюдать радиоэфир и ставить помеху при необходимости. Важнее – попытаться предугадать.

На начало мая 2026г у двух российских производителей носимых дрон-детекторов есть заявления об обновлении прошивок обнаружителей для обнаружения БПЛА «Hornet» и «Bumblebee». Однако практических подтверждений исправной работы и дистанций обнаружения с ЛБС в настоящее время не имеется.

Обобщённые данные и рекомендации по противодействию БПЛА «Hornet»

1. Важно запомнить, БПЛА «Hornet» не волшебная имба, которая сама летает и всех убивает. Это управляемый человеком барражирующий боеприпас с возможностью автозахвата и автосопровождения цели на конечном участке, с помощью машинного зрения. Можно сравнить его с БПЛА «Switchblade», «Warmate» или «Ланцет».
2. Участок обнаружения цели и её идентификации по принадлежности, последующий автозахват по команде оператора имеет пределы поля зрения, фокусировки передней камеры, разрешения матрицы в камере и алгоритма/глубины дообучения в компьютере. В ясную погоду днём, в среднем автозахват реализуется за 300...500м. Большие дистанции возможны только для крупной техники. Оператору на экране выскакивают подсказки о типе опознанных целей, и он сам выбирает в какую бить. Если есть сложности с автозахватом (ослепление, нестабильность планера, недоверие глупому автозахвату) – пилот при наличии связи сам может довести БПЛА до цели.
3. Но это реже, так-как изначальная задумка БПЛА «Hornet» – не входить в рисковую зону наземных РЭБ будучи управляемым – пикируя с высоты 200...300м (его любимая высота в связи с ограничениями нижней камеры)
4. Если ожидаемо применение терминалов Starlink в качестве летающих ретрансляторов и на ударном БПЛА «Hornet» – наиболее правильно использовать средства обнаружения, дающие указание направления, количества и ориентировочной близости терминала. Примером таких изделий



является «Калинка» и «Петрович», давно показавшие успешные результаты на ЛБС.

5. Противодействие средствами РЭБ терминалам Starlink с земли малоэффективно и лучше, зная издалека, что терминал обнаружен – принять меры раннего огневого поражения.
6. Радиоканал LoRa по КУ является приоритетным в управлении и передаче телеметрии двунаправленным каналом. Подавлять его нужно вдоль ожидаемой линии полёта или оси фюзеляжа БПЛА «Hornet», а помехи с боковой стороны менее эффективны. Лучше всего подавление РЭБ организовывать с нескольких сторон, в пересечение секторов подавления. Так растёт напряжённость поля помех и плотность шума. Полосы ПРРЧ в БПЛА «Hornet» достаточно узкие и это проще подавить, чем КУ большинства FPV-дронов. Ориентация антенн РЭБ по поляризации должна быть горизонтальная, но в дальнейшем противник переклеит эти антенны вертикально, это ожидаемо (5 минут, ножик и кусок скотча) – поэтому сразу нужно развивать и помехи в вертикальной поляризации.
7. Канал цифровой передачи видео – это двунаправленный полудуплексный канал (как в Wi-Fi или DJI) – тоже имеет проброс канала управления, но с меньшим приоритетом. Даже учитывая наличие воздушных ретрансляторов и функции Bypass в входных фильтрах – прицельная помеха по указанным выше полосам ограничит возможность стабильно видеть картинку и маневрировать.
8. Зная полный набор диапазонов радиотехнической разведке проще заранее отслеживать и идентифицировать как БПЛА «Hornet» или БПЛА «Bumblebee», так и его ретрансляторы.
9. Портативные или возимые средства РЭБ на этот перечень диапазонов редкие – на это и рассчитывал противник. Поэтому, требуется либо самим изготавливать нужное (лучше) либо комбинировать несколько средств. Помним, что поляризации в КУ – пока только горизонтальные, а в канале передачи видео – и горизонтальная и вертикальная.
10. Выбор средств РЭБ по диапазонам КУ: Серия Гроза-07К (уже есть половина от нужных диапазонов) Гроза-03 (с сужением полосы помех и возможной заменой антенны на направленную, если работать в сектор) и т.д.
11. Учитывая развитие темы ночных атак после замены дневной камеры на тепловизор – нужно учесть, что поле зрения тепловизора всегда меньше, а различимость теплоконтрастных объектов в пределах зоны автозахвата, если он вообще нормально работает. Большая вероятность ручного управления до цели.



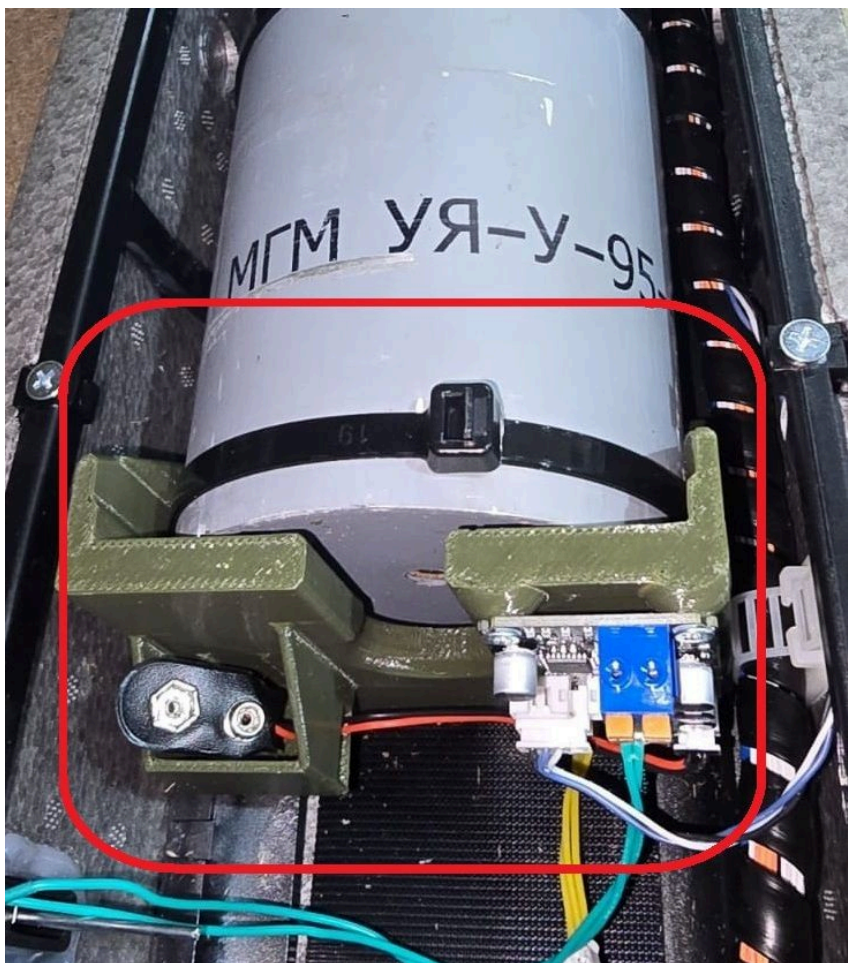
ПРИЛОЖЕНИЕ

"ТРОФЕЙНАЯ ИНСТРУКЦИЯ К СИСТЕМЕ ИНИЦИАЦИИ VIVA 1.0 ДЛЯ БПЛА "ХОРNET" (Перевод с украинского)

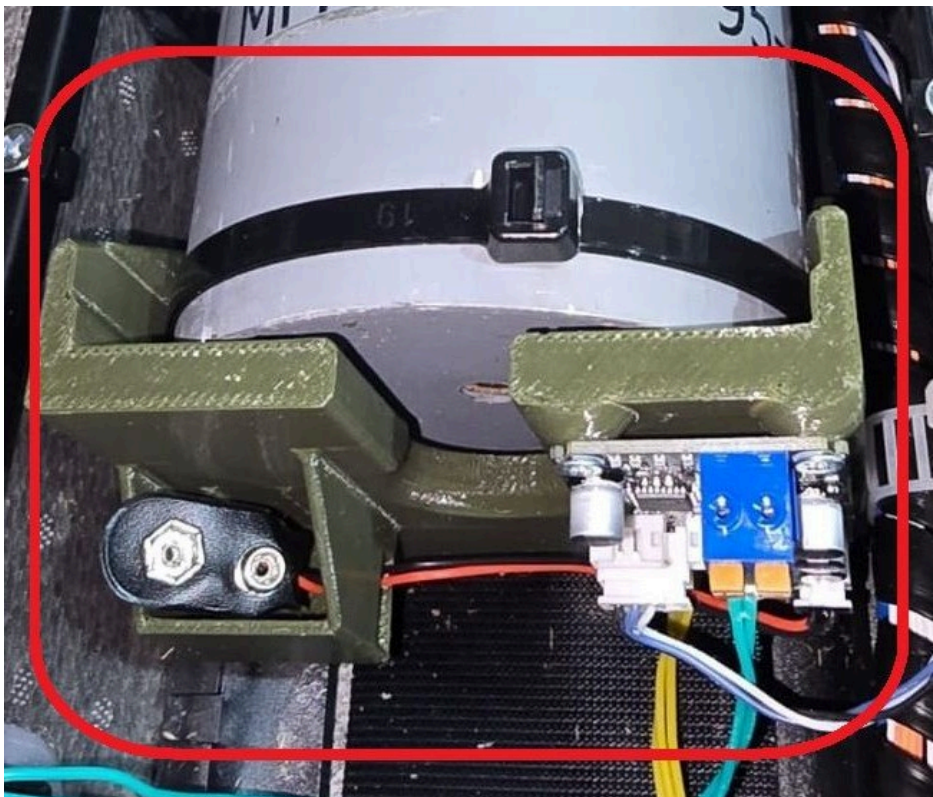


Блок электронного взведения и взрыва (ESAF)

Устройство безопасного взведения и
взрыва (ESAF)
(система инициирования)
платформа Hornet



Содержание документа



1. Введение и описание компонентов и устройств.
2. Схема управления и индикации (индикация ошибок системы).
3. Блок-схема проверок ESAF (системы инициирования) и логика работы системы.
4. Контроль боеприпаса.
5. Установка боеприпаса и детонатора в боевой комплекс.
6. Коммутационная схема ESAF.
7. Приложения.

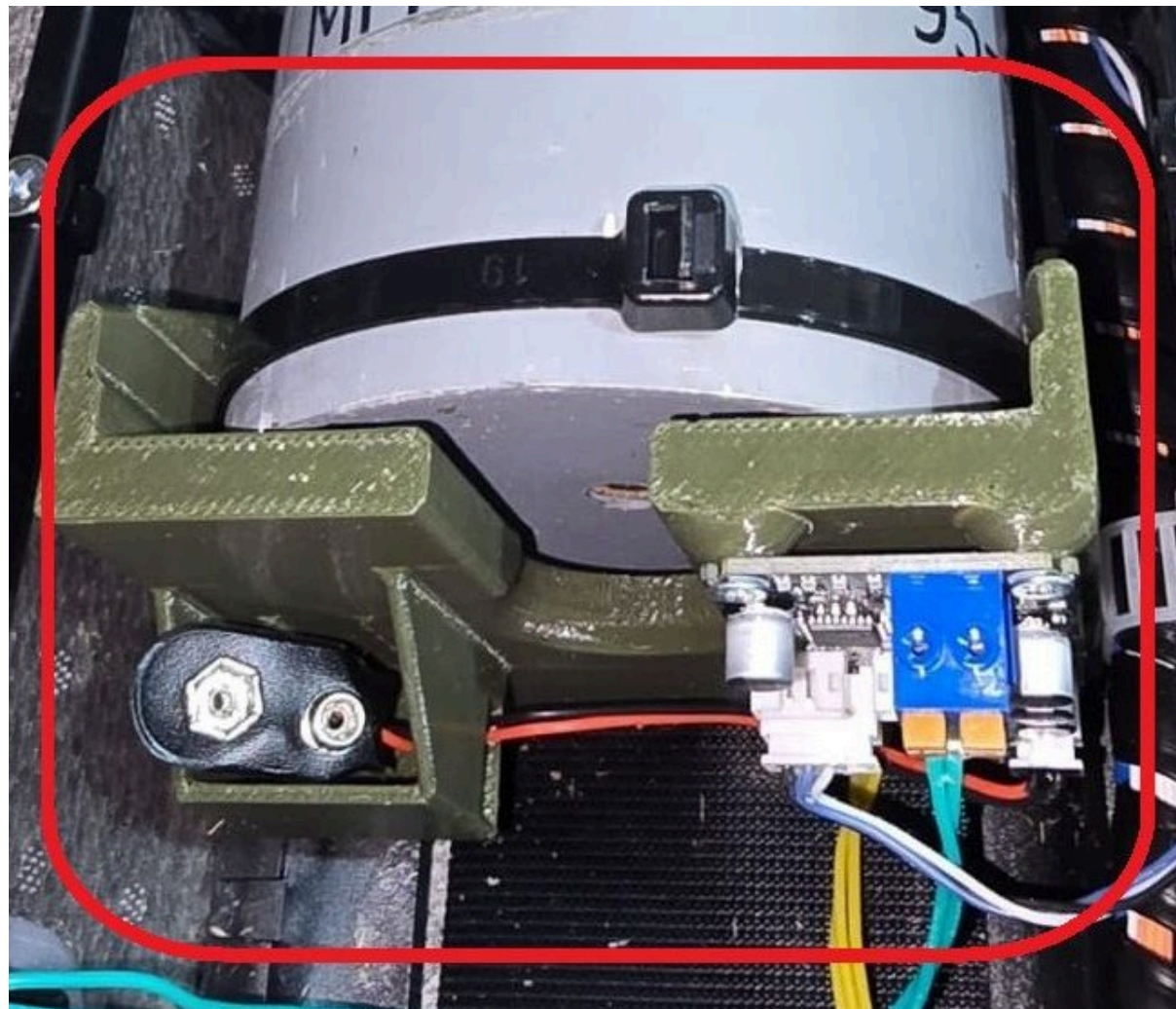


1. Введение в систему ESAF

Продукт система ESAF, Viva 1.0, является частью платформы Hornet, которая обеспечивает **механический, временной и электрический предохранители**, переключение в **боевой режим (арминг)**, переключение в **безопасный режим (дизарм)** и подачу **команды на подрыв (файринг)** (включая **самоуничтожение**) и **силовой электрический сигнал** для инициирования боевой части.

Система включает в себя:

1. Разъем для подключения детонатора.
2. Разъем для подключения источника питания (типа Крона).
3. Разъем питания системы (вкл./выкл. с помощью пина).
4. Разъем для установки шунта (электромеханического предохранителя).
5. Внутренний измерительный модуль (IMU).
6. Разъем для подключения к полетной системе управления Hornet.
7. Разъем выхода светодиодной индикации для контроля состояния электрических сетей системы (в настоящее время не используется).
8. Параллельные выходы для дальнейшего развития датчиков целей (перспективные разработки).



1. Ввод в систему ESAF. Общий вид.

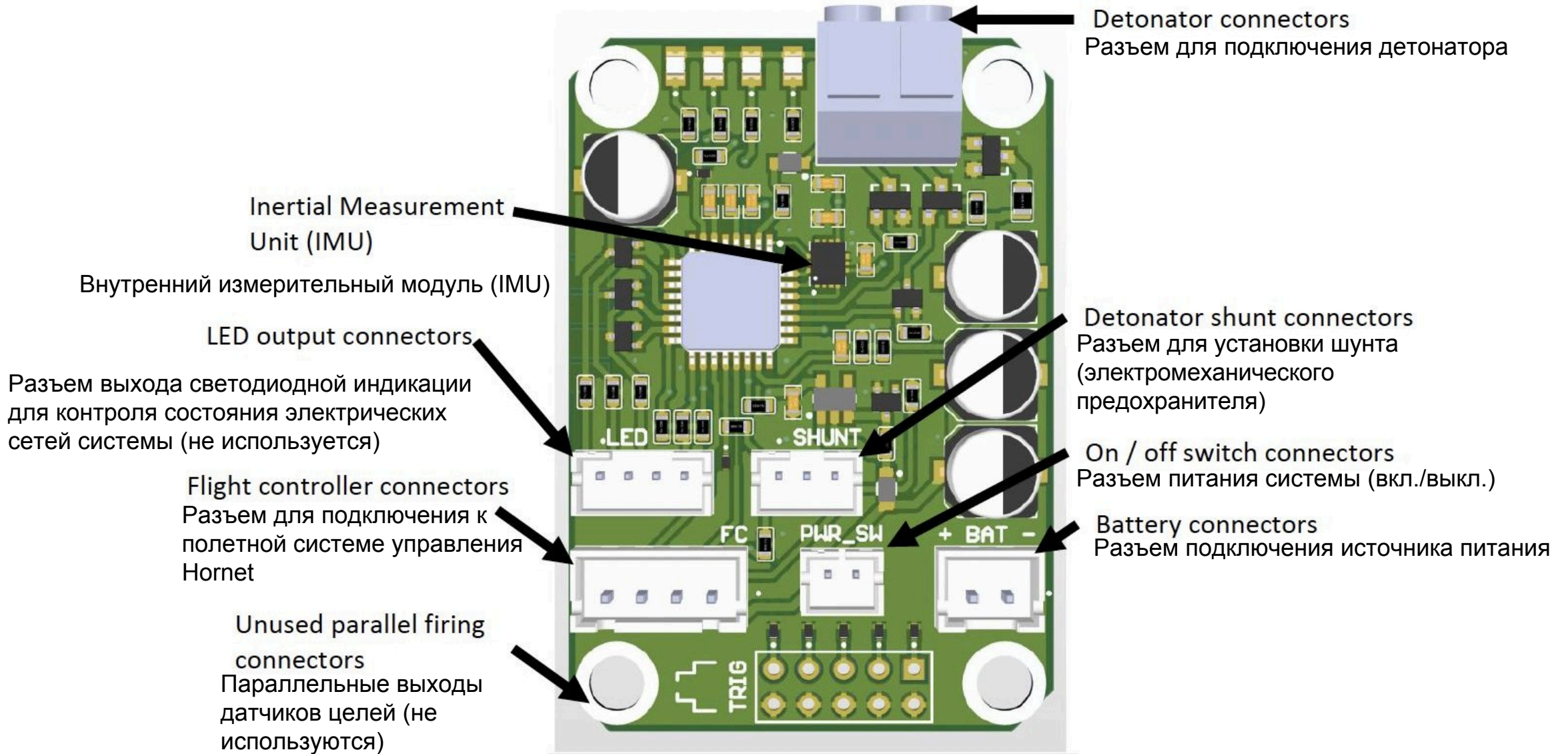


Схема электрических подключений ESAF Viva 1.0



1. Введение в систему ESAF. Соединители

Система инициирования ESAF Viva 1.0 выпускается в составе Hornet и устанавливается на собственном кронштейне, который одновременно служит кронштейном для боеприпасов.

Все соединения выполняются во время производства Hornet, за исключением подключения непосредственно 9-вольтовой батареи (типа Крона) и подключения электродетонатора. Важно, чтобы с системой использовалась **полностью заряженная батарея** (более 9,2 В); новая, полностью заряженная батарея поставляется с каждым Hornet.

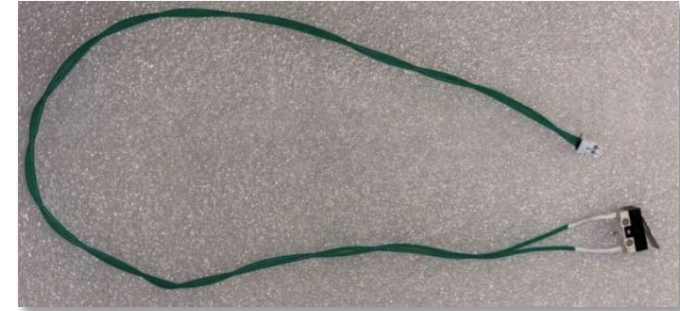
Важно, чтобы система крепления, поставляемая с ESAF, использовалась надлежащим образом, иначе существует вероятность, что батарея может отсоединиться при ударе и помешать инициированию детонатора.



Кабель с разъемом для подключения источника питания



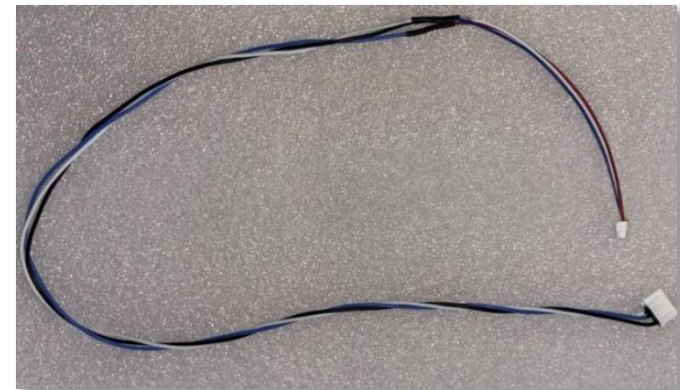
Кабель выключателя питания



Кабель разъема шунта



Кабель подключения к контроллеру Hornet



2. ESAF Последовательность операций – Индикация состояния на светодиодах

1. Подключите батарею к системе ESAF Viva 1.0 (но не заделывать).

2. На верхней части платы ESAF имеются четыре светодиода, отображающие состояние Viva 1.0. К ним относятся (см. фото ниже).

3. Обязательно проверьте плотность посадки разъемов на плате.

СИНИЙ

- Не светится – система не подключена;
- Загорелось – система подключена;

ЖЕЛТЫЙ

- Мигает – Не готов к боевому взводу (обратный отсчет);
- Загорелся – На боевом дежурстве.

- Не светится – нет связи между системой ESAF и полетным контроллером Hornet;
- Мигает – есть связь между системой ESAF и полетным контроллером Hornet.

ЗЕЛЕНЫЙ

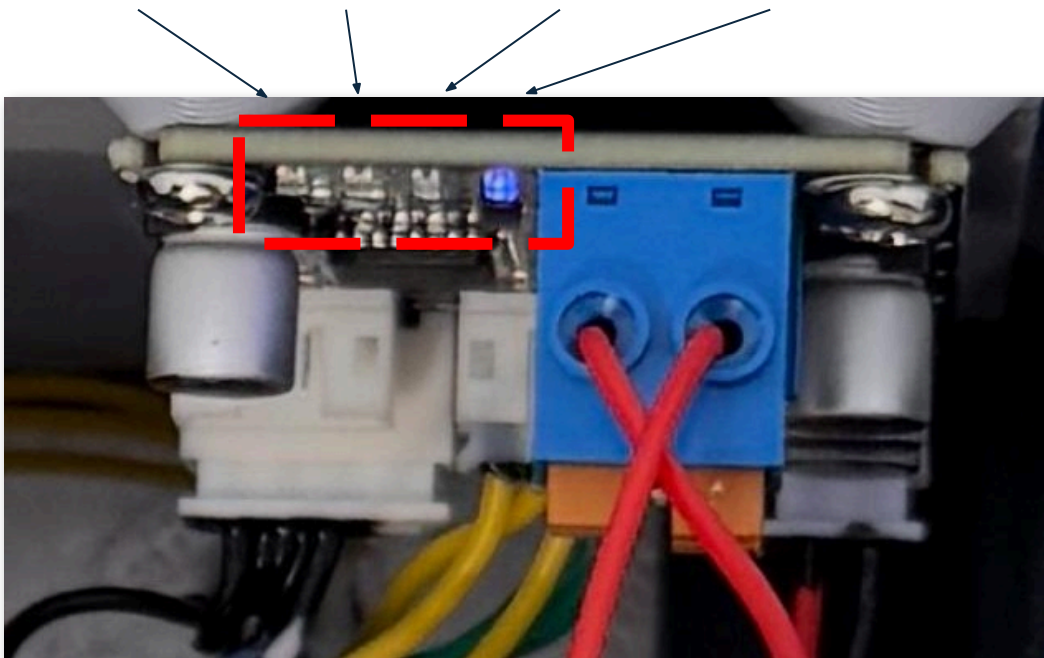
- Не светится – разъем-шунт (электромеханический предохранитель) отсутствует (нормально – когда вынут);
- Мигает – разъем-шунт (электромеханический предохранитель) подключен (нормально – когда вставлен в разъем).
- Светится постоянно – установлен и подключен детонатор (коннектор-шунт (электромеханический предохранитель) не подключен).

КРАСНЫЙ

Не светится: • Готов к боевому взводу / или подрыв

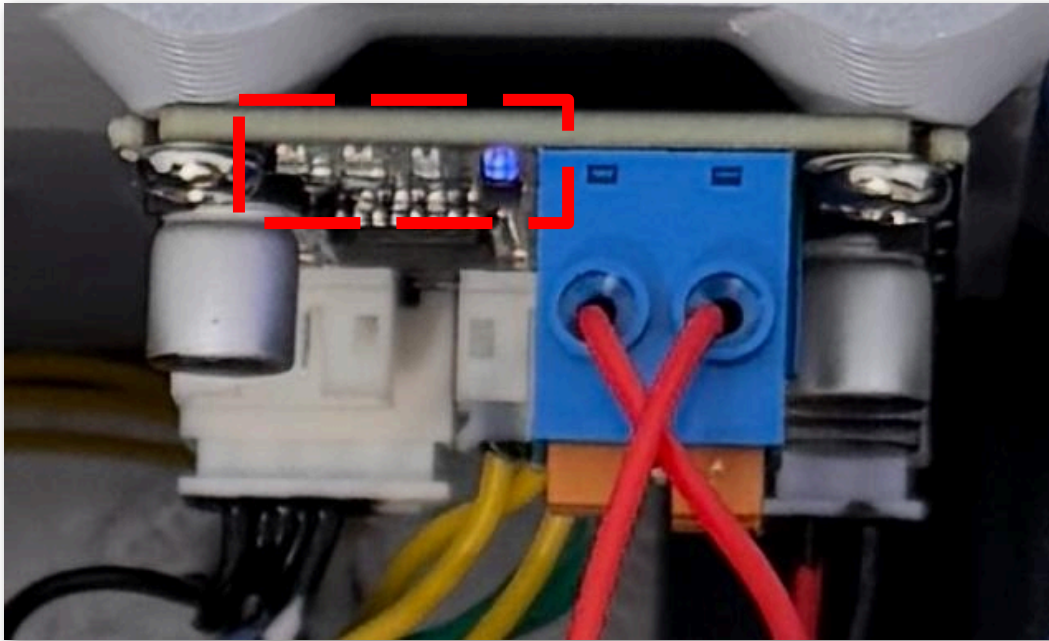
- Мигает – Не готов к боевому взводу (обратный отсчет);
- Загорелся – На боевом дежурстве.

Зеленый Желтый Красный Синий



2. ESAF – Индикация статуса на светодиодах при проверках (ошибки)

1. При соответствующих ошибках – все работы с конкретной единицей системы Viva 1.0 прекратите немедленно.
2. Категорически запрещается подключать инициатор при наличии данных ошибок.
3. Система должна быть отключена от источника питания (путем физического извлечения батареи из разъема питания), устройство должно быть маркировано и отправлено производителю для выявления ошибок.



СИНИЙ

- Не светится при снятом пине – система не питается, ошибка в сети питания.
- Загорелся при установленном пине – система подключена к источнику питания, ошибка в сети питания.

ЖЕЛТЫЙ

- Загорелся – проблемы со связью с полетным контроллером.

ЗЕЛЕНЫЙ

- Не светится – коннектор-шунт (электромеханический предохранитель) вставлен в разъем – проблема в сети шунтирования;
- Мигает – коннектор-шунт (электромеханический предохранитель) не подключен – проблема (КЗ) в сети шунтирования.

КРАСНЫЙ

- Не светится:
 - **Готов к боевому взводу / или Подрыв!** – ошибка логических связей внутри системы.
- Загорелся – **В боевом взводе** – ошибка логических связей внутри системы.



2. ESAF Последовательность операций (продолжение)

Контакт питания необходимо извлечь

1. Контакт питания системы с левой стороны корпуса Hornet должен быть извлечен для замыкания выключателя питания и подачи питания на ESAF.



2. Перед запуском необходимо **извлечь разъем — шунт** из гнезда с помощью специального шнура, входящего в комплект сапера.

Коннектор — шунт

Боевая сеть после этого электромеханически переводится в боевой режим.

3. Полетный контроллер вводит после предварительных операций дополнительную **пятиминутную задержку (5 мин.)** с помощью электронных средств.

4. После пятиминутной задержки система ESAF может быть переведена в **режим АРМ (боевой)** с помощью команды с полетного контроллера через **MAVLINK**.

5. После попадания Hornet в цель **внутренний измерительный модуль (IMU)** фиксирует удар и по выходным проводам детонатора посылает иницирующий импульс, что приводит к срабатыванию детонатора с последующей детонацией боевой части.



Пожертвовать на русскую Победу



3. ESAF Структура проверки

Пилотажная группа



Инженерно-саперная группа



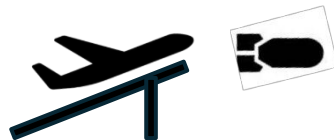
Hornet «Предполетная проверка»

с помощью программного обеспечения



Phase	Pilot Group (GCS team)	Engineer-Sapper Group (Launcher/explosive team)	
Phase 1: Initial Preparations and Hornet Verifications	GCS team Set up GCS (189 + MGCS) Take the Hornet out to the table, connect and secure the wings, install the prop (do not tighten yet), and power it on. Conduct a visual inspection of the Hornet. Connect the Hornet to QGC (Resource Allocation, miniGCS, Redbox). Verify QGC is responding to bounding boxes taps. Aircraft instruments checks and calibrate sensors if needed: 1. Level Horizon; 2. Relative altitude is accurate; 3. Airspeed is accurate – should be close to 0m/s but should have some positive / negative movement; Blew into pitot tube and verify it has correct positive value. 4. Distance from home is accurate; 5. Current in range from 0 to 2 amps; 6. Verify GPS position; 7. Verify compass heading; 8. Voltage range is expected for battery pack (49-50v); 9. Confirm GPSs are reporting and collecting > 15 satellites (HDOP range 0.1-0.9); 10. Make sure that GCS has the area map loaded.	Launcher/explosive team Set up the catapult, power reel, connect shunt&thread. Verify the batteries level using a voltmeter(24V for Solenoid, 12V for compressor). Do not connect battery to catapult. For Consequent Launches Only: (Proceed to the launching point to recharge the catapult) 1. Set the launch switch to OFF (0) and disconnect battery from the solenoid power reel. 2. Inspect the piston for damage, lubricate it if needed, and reinsert it into the catapult. 3. Charge the catapult to ~230 PSI.	
	Upload parameters, evaluate if differences are discovered, otherwise proceed Read/Upload mission Conduct control surfaces and motor check "Hornet is Ready for ESAF Checks"	Verify that SHUNT inserted, and power on ESAF (remove slide switch pin). "ESAF is Powered, Shunt In"	
	Verify that the ESAF notification "INITIATOR DISARMED" appears Attempt to ARM ESAF, verify that the notification "300sec delay" appears DISARM ESAF "Two Correct Notifications Received, Remove Shunt"	Check the current on the ESAF blasting cap output – should be less than 100 µA. Remove the bottom shunt pin. Check the current on the ESAF blasting cap output – should be less than 100 µA. "Shunt is Removed"	
	Attempt to ARM ESAF, verify that the notification "300-Nsec delay" appears DISARM ESAF "ESAF Checks Successful, Hornet Functionality Validated"	Don't reinsert the bottom shunt (will be used from catapult). Power off the ESAF (reinsert side switch pin) and <u>do not</u> power off the Hornet. Tighten the Hornet's propeller. Install and secure the payload. (this step could be done at anytime before) "Payload Secured, prop tightened"	
	Make sure propeller is tightened		
	Phase 2: ESAF Functionality verification	Put on Screen recording "Connection established, standby for GCS preflight" Verify sensors, parameters, and mission. Verify QGC is responding to bounding boxes taps. "GCS Preflight successful, Hornet is Ready for ESAF Checks"	Bring the Hornet to the catapult. Connect the Hornet's shunt to the thread on the catapult, mount on Catapult. "Hornet is Mounted, ready for checks" Check/charge the catapult air bottle up to 230 PSI.
		Attempt to ARM ESAF, verify that the notification "300sec delay" appears DISARM ESAF "Final ESAF Checks Successful, Verify propeller is tightened and clear to proceed loading the blasting cap" Make sure propeller is tightened	Check battery level of ESAF Battery (should be more than 9V). Power on ESAF, verify that Yellow LED is ON. "ESAF is Powered"
		Verify propeller is tightened Place the blasting cap into the sand and connect it to the ESAF output. "Prop tight, Cap Verified, Securing" Insert the blasting cap into the payload and secure it from falling out on launch. Close and securely tape the Hornet's lid. "Cap Secured, moving to the safe place to launch" "Safe position assumed" / "Took cover"	
		MANUAL mode, UNKILL, ARM, TAKEOFF mode "Ready For Launch"	Ensure the solenoid reel launch switch is in the OFF (0) position, then connect battery to it. "Battery connected, Ready For Launch" On "Go," flip the solenoid reel launch switch in the ON (1) position.
	Phase 3: Hornet on Rail Sequence	Put on Screen recording "Connection established, standby for GCS preflight" Verify sensors, parameters, and mission. Verify QGC is responding to bounding boxes taps. "GCS Preflight successful, Hornet is Ready for ESAF Checks"	Bring the Hornet to the catapult. Connect the Hornet's shunt to the thread on the catapult, mount on Catapult. "Hornet is Mounted, ready for checks" Check/charge the catapult air bottle up to 230 PSI.
Phase 4: Hornet Loading	Attempt to ARM ESAF, verify that the notification "300sec delay" appears DISARM ESAF "Final ESAF Checks Successful, Verify propeller is tightened and clear to proceed loading the blasting cap" Make sure propeller is tightened	Check battery level of ESAF Battery (should be more than 9V). Power on ESAF, verify that Yellow LED is ON. "ESAF is Powered"	
Phase 5: Launch	MANUAL mode, UNKILL, ARM, TAKEOFF mode "Ready For Launch"	Ensure the solenoid reel launch switch is in the OFF (0) position, then connect battery to it. "Battery connected, Ready For Launch" On "Go," flip the solenoid reel launch switch in the ON (1) position.	
	Initiate the countdown: "3, 2, 1, Go".		

Hornet «Установка на катапульту и загрузка боевой части»



4. Контроль боевой части (БЧ)



Входной контроль боевой части возложен на инженера-сапера экипажа.

4.1 В состав БЧ входит мощное взрывчатое вещество, поэтому обращаться с ней необходимо с соблюдением всех правил и норм обращения со взрывчатыми веществами.

4.1.1 Лицо, проводящее работы с боеприпасом, должно заземлить себя и боеприпас перед началом работ.

4.1.2 Категорически запрещается курить и/или использовать открытый огонь в процессе подготовки БЧ к использованию.

4.1.3 Категорически запрещается проводить какие-либо манипуляции с БЧ рядом со средствами инициирования. Помещение (рабочее пространство) должно быть зонировано для различных видов работ.

4.1.4 Подготовка БЧ должна происходить в зоне, где нет оголенной электропроводки или искр.

4.1.5 При получении БЧ каждая единица должна быть визуально проверена на наличие физических повреждений. Поврежденные БЧ должны быть отложены, повреждения должны быть зафиксированы (фото, видео) для дальнейшего расследования и уничтожения.

4.1.6 Хранение БЧ должно осуществляться в стандартной упаковке, в которой БЧ поставляются от производителя, с соблюдением всех надлежащих правил и инструкций по хранению взрывчатых веществ.

4.2 К подготовительным работам также относится формирование гнезда под детонатор. Из набора сапера берется прокалыватель (диаметр прокалывателя соответствует диаметру стандартного детонатора ЭД-8-1100-Ж) и с торцевой стороны БЧ под углом 90° делается прокол в ВР на всю глубину прокалывателя. Место в корпусе БЧ под прокол формируется при производстве.

4.3 После формирования прокола вставьте в гнездо детонатора силиконовый уплотнитель (белое кольцо — грибочек, входит в комплект сапера). Обязательно проверьте плотность установки силиконового уплотнителя в гнезде детонатора в БЧ.

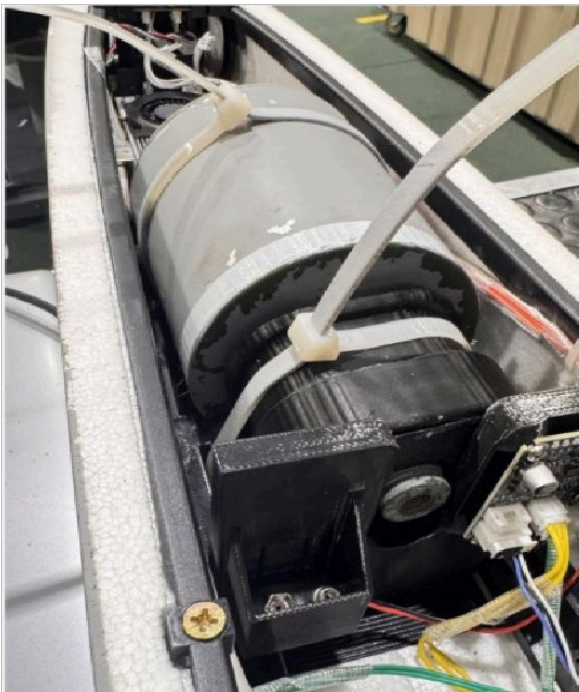


5. Установка боевой части

5.1 Установка крепления боеприпаса

5.1.1 Выберите подходящее крепление для боеприпаса, который будет использоваться (в настоящее время эта функция не поддерживается, впоследствии могут появиться варианты боевых частей, для которых это будет актуально).

5.1.2 Установите соответствующее крепление в фюзеляж в соответствии с изображением на фото (в настоящее время функция не поддерживается, впоследствии могут появиться варианты БЧ, для которых это будет актуально).



5.2 Установка боеприпаса (БЧ)

5.2.1 Установите пластиковые хомуты (стяжки) в подготовленные отверстия в фюзеляже дрона в соответствии со схемой крепления боеприпаса.

5.2.2 Вставьте выбранный боеприпас в соответствующее крепление в фюзеляже самолета.

5.2.3 Перед окончательной установкой БЧ проверьте, не зажимаются ли шлейфы данных и/или другие кабельные соединения внутри дрона корпусом БЧ.

5.2.4 Вставьте хвосты пластиковых хомутов (стяжек) в замки и плотно затяните оба (или три — в зависимости от комплектации дрона) пластиковые хомуты (стяжки).

5.2.5 Обязательно проверьте: БЧ правильно и плотно села в посадочное гнездо в фюзеляже, отсутствует зазор между задней частью БЧ и креплением, корпус БЧ плотно зафиксирован и не двигается внутри фюзеляжа.

Пример установки различных БЧ на фото справа и слева.



Установка дрона Hornet на пусковую катапульту

5.3 Установка дрона Hornet на пусковую позицию

5.3.1 Доставьте дрон на пусковую катапульту.

5.3.2 Вставьте шунт в соответствующий разъем и присоедините его к тросу извлечения с помощью карабина на тросе.

5.3.3 Установите Хорнет на пусковую поверхность катапульты, опорные штифты на фюзеляже вставьте в соответствующие пазы в вилке поршня катапульты.

5.3.4 Убедитесь, что карабин (или трос) шунта ничем не зажат и не упирается в лицевую поверхность вилки поршня. Рекомендуется при этом выполнить предварительную проводку троса по направлению вытягивания шунта.



Общий вид шунта в разьеме с присоединенным карабином троса извлечения.



Общий вид опорного штифта фюзеляжа, вставленного в выемку вилки пускового поршня.



Установка детонатора в БЧ Hornet

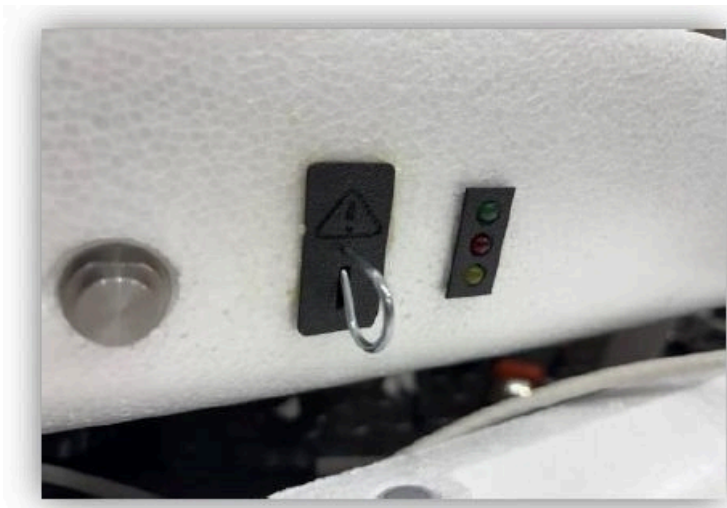
5.4 Установка детонатора в БЧ Хорнет

Примечание: Эта часть операций с дроном должна проводиться минимальным количеством персонала и, по возможности, выполняться одним специалистом, без средств радиосвязи и других излучателей радиосигналов (включая носимые РЭБы) на нем.

5.4.1 Извлеките штырь питания системы ESAF с левой стороны фюзеляжа.

5.4.2 Проверьте сопротивление системы ESAF вместе с установленным шунтом (электромеханическим предохранителем). Сопротивление должно составлять от 0 до 0,6 Ом включительно; если сопротивление составляет 0,7 Ом и более — рекомендуем повернуть шунт на 90°, и, если сопротивление останется больше 0,7 Ом, шунт необходимо заменить. Если при установке другого шунта сопротивление все равно выше 0,6 Ом — отбраковывается весь борт.

Чистовое сопротивление шунта можно также измерить, не устанавливая его в систему ESAF. Оно также должно находиться в пределах $0 \pm 0,6$ Ом.



Установка детонатора в БЧ Hornet

5.4.3 Проверьте плотность установки силиконового уплотнителя в гнезде детонатора в БЧ.

5.4.4 Достаньте детонатор из упаковки, проверьте наличие шунтирования проводов детонатора (они должны быть закручены не менее чем на три оборота), выпрямите провода детонатора (не разъединяя), вставьте корпус детонатора под мешочек с песком/в подготовленное место в грунте/другое безопасное место, например, за препятствие с фиксацией.

5.4.5 Подключение детонатора к взрывной сети происходит исключительно до установки его в боевую часть. На данный момент система ESAF должна быть включена и находиться в стабильном состоянии.

5.4.5.1 Разобъедините детонатор (открутите концы проводов на детонаторе). Запрещается держать провода детонатора в разных руках, чтобы не создавать на них разность потенциалов. То есть оба провода детонатора должны находиться в одной руке.

5.4.5.2 Обрежьте концы проводов таким образом, чтобы остались зачищенные жилы длиной около 7 мм. Или обрежьте и зачистите провода, как описано выше.

5.4.5.3 Подключите зачищенные жилы проводов к разъему подключения детонатора.

Запрещается вносить какие-либо изменения в подрывную цепь. Цепь рассчитана на 1 (один) детонатор.

5.4.5.4 Извлеките детонатор рукой за заднюю часть в районе обкатки (не за провод) из безопасного положения и вставьте в соответствующее гнездо в боевой части таким образом, чтобы часть детонатора была визуальна снаружи на 5–10 мм, не прилагая при этом излишней силы и избегая перекоса при установке.

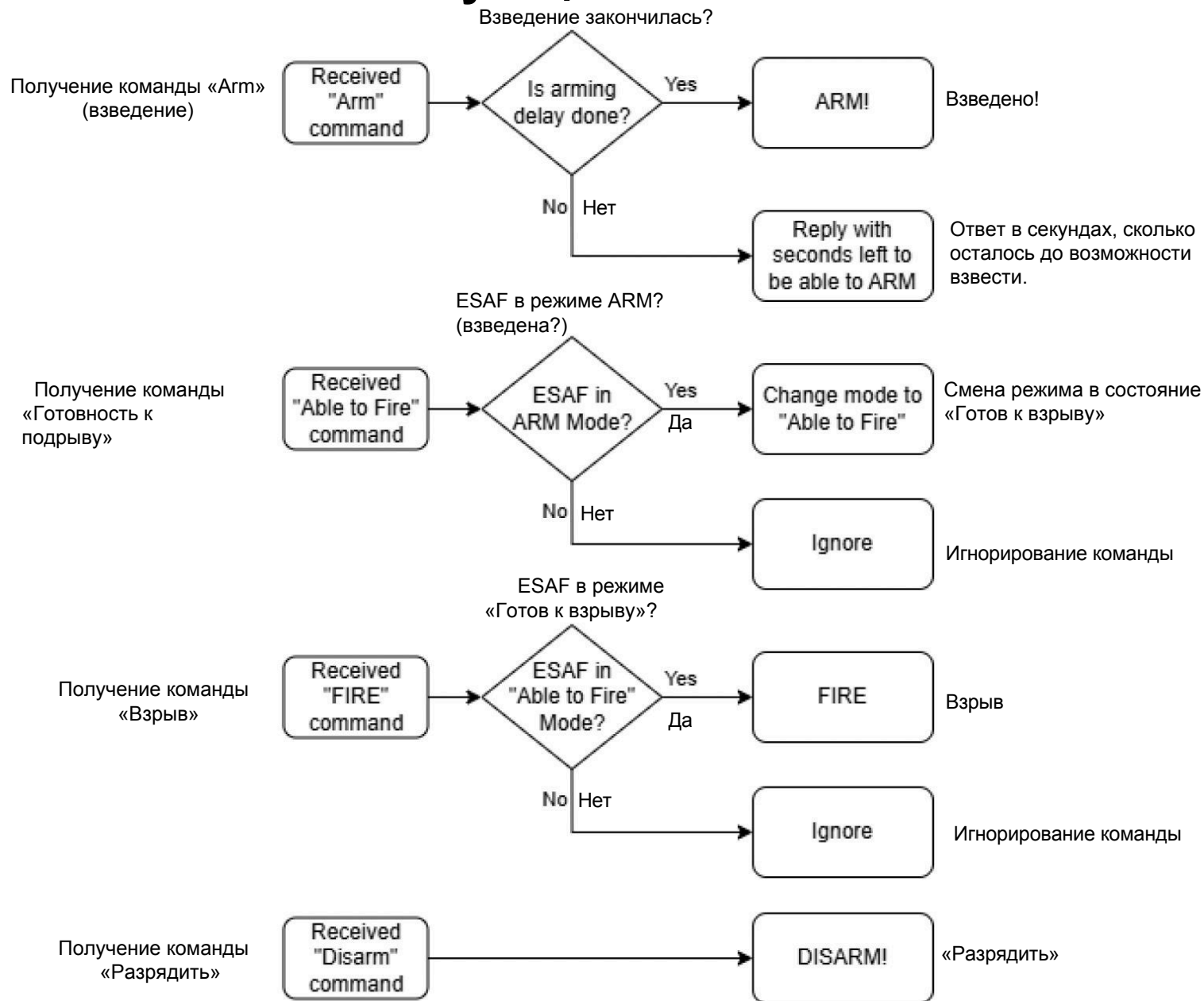
5.4.5.5 Остаток проводов детонатора сложить таким образом, чтобы он не был зафиксирован, и просто уложить его внутри фюзеляжа.

5.4.6 Закройте верхнюю крышку дрона.

5.4.7 Дрон готов к запуску.

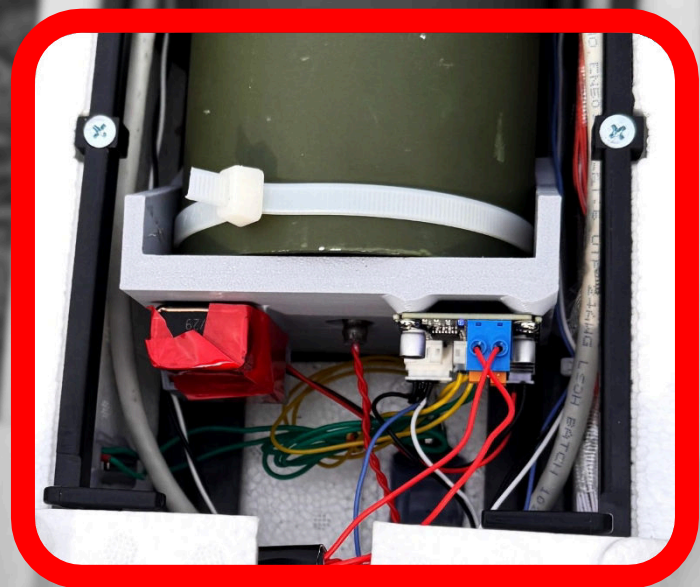


6. Коммутационная схема ESAF

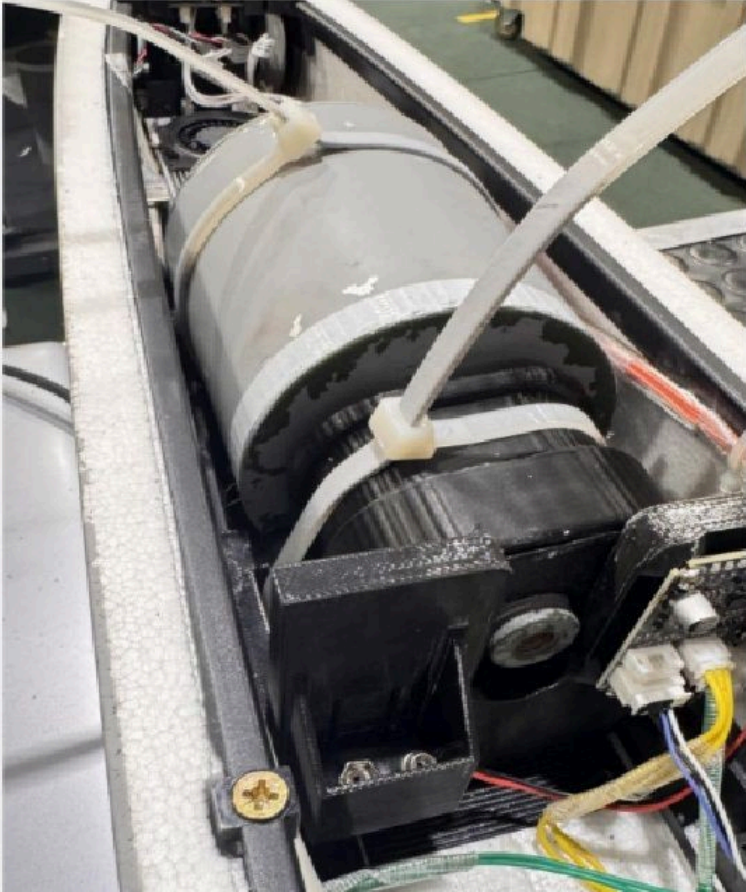


Блок электронной системы безопасности и взрыва (ESAF)

7 Приложения.



7.1 Боеприпасы для системы.



В настоящее время ведутся работы по разработке новых типов боеприпасов; данная инструкция будет дополняться по мере принятия новых типов боевых частей в эксплуатацию.

В настоящее время основными боеприпасами в системе «Хорнет» являются два типа, и это зависит от комплектации средства.

Стандартная комплектация Е3 и комплектация В3.

Боевая часть, версия Е (Payload E) — ударное ядро и осколки (УЯ+УФ).
Общий вес: 1,7 кг (фото крайнее слева). Состоит из: 0,8 кг взрывчатки С4, медной полусферы и осколочной оболочки (металлические шарики диаметром 6 мм) общим весом 0,9 кг вместе с внешним корпусом и эпоксидной заливкой.
Зона полного поражения (90%) — 20 метров.
Зона эффективного поражения (30%) — до 100 метров.
Бронепробиваемость — до 250 мм.

Боевая часть, версия В (Payload B) — ударное ядро и осколки (УЯ+УФ). Общий вес: 4 кг. (фото внизу слева).
Состоит из: 1,4 кг взрывчатки С4, медной полусферы весом 1,4 кг и осколочной оболочки (металлические шарики диаметром 6 мм) общим весом 1,3 кг вместе с внешним корпусом и эпоксидной заливкой.
Зона полного поражения (90%) — 20 метров.
Зона эффективного поражения (30%) — до 100 метров.
Бронепробиваемость — до 250 мм.



7.2.1 Детонаторы. Общий обзор, описание и внутренняя конструкция.

Электродетонаторы серии ЭДП (рис. 7.2 а) состоят из капсуля-детонатора №08-А (или Ж) и электрозажигателя, собранных в общей гильзе. Электрозажигатель — это платино-иридиевый мостик (короткая проволока диаметром 22...26 микрон), припаянный к концам жил двух изолированных проводов и окруженный зажигательным составом в виде твердой капли, покрытой влагоизолирующим слоем.

Провода от мостика выведены наружу через пластиковую пробку, плотно зажатую в отверстии гильзы. В войска поставляются также электродетонаторы ЭДП-р, отличающиеся от электродетонаторов ЭДП только наличием муфты с резьбой, с помощью которой они соединяются с зарядами и шашками, имеющими воспламеняющие гнезда с резьбой. В войска поступают, кроме того, электродетонаторы: ЭДП-С [...] (рис. 7.2 б), где вместо точек в маркировке указывается цифра, обозначающая время задержки взрыва в миллисекундах. Также они имеют отдельную металлическую заводскую бирку у конца провода с маркировкой цифрой, обозначающей время задержки взрыва в миллисекундах. Электродетонаторы всех трех указанных типов изготавливаются с платино-иридиевыми мостиками. Они имеют следующие характеристики: сопротивление в холодном состоянии — от 0,8 до 1,5 Ом; расчетное сопротивление в нагретом состоянии (при взрыве) вместе с отводными проводами длиной 1 м — 2,5 Ом; минимальный расчетный ток для взрыва единичного электродетонатора — 0,5 А при постоянном и 1 А при переменном токе; безопасный долгосрочный ток — 0,05 А.

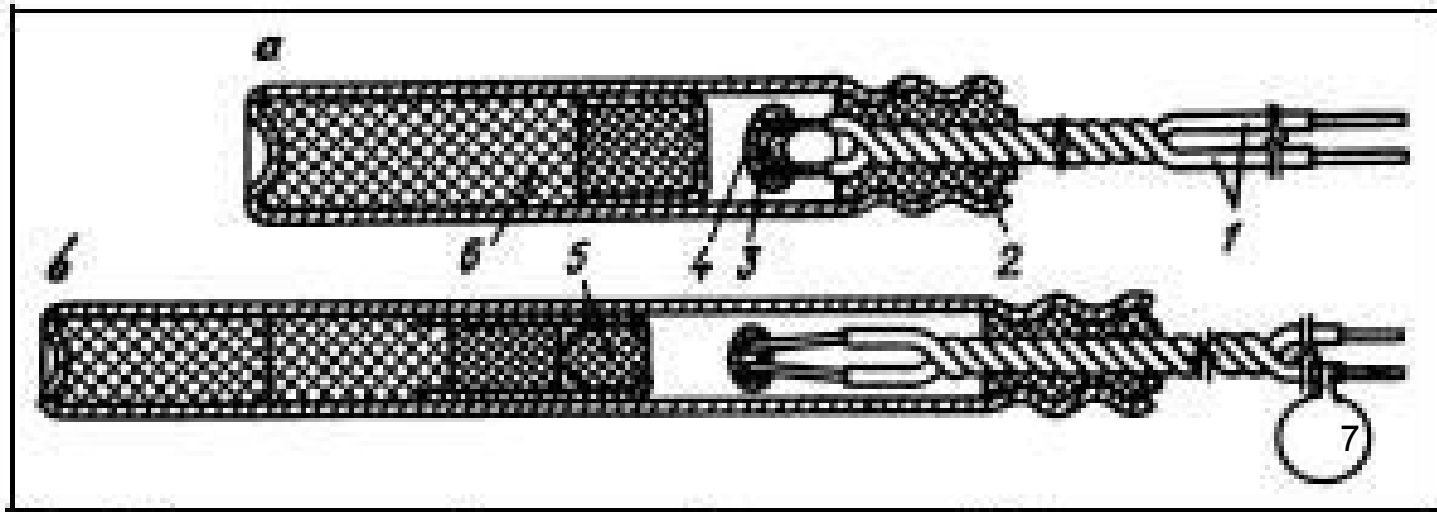


Рис. Схема электродетонаторов мгновенной (а) та короткозамкнутой (б) действия: 1 — провод; 2 — пробка; 3 — мосточек розжаривания; 4 — запал; 5 — сповільнювач; 6 — ініціюючий заряд.

7 — заводская маркировочная бирка, на которой указана задержка детонации в миллисекундах.



7.2.2 Общий вид детонаторов. Входная проверка исправности детонаторов.



Входная проверка детонаторов возложена на сапера экипажа и является его ответственностью.

Электродетонаторы ЭДП и ЭДП-р предназначены для подрыва зарядов как в воздухе, так и под водой (см. фото — слева ЭДП, справа ЭДП-р. Цвет проводов детонаторов может быть любым). В войска поставляются также электродетонаторы ЭДП-р, отличающиеся от электродетонаторов ЭДП только наличием муфты с резьбой, с помощью которой они соединяются с зарядами и шашками, имеющими запальные гнезда с резьбой.

7.2.2.1 Лицо, проводящее работы с детонаторами, должно заземлиться перед началом работ.

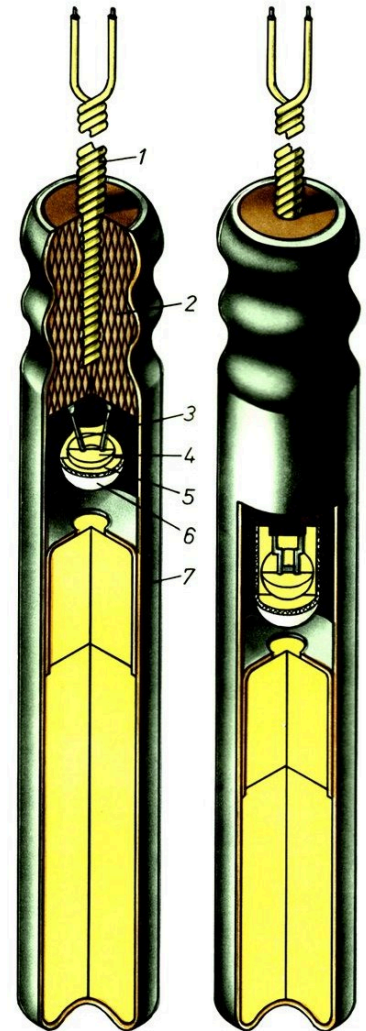
7.2.2.2 Проверка детонаторов начинается с визуального осмотра упаковки детонаторов и фиксации информации, нанесенной на лицевую часть упаковочной коробки. Обычно там содержится следующая информация: количество изделий (в штуках); пределы сопротивления изделий (измеряются на производстве) отОм до Ом; номер партии; дата изготовления; штамп ОТК и подпись приемщика.

При помятой, влажной (или со следами ненадлежащего хранения, плесени и т. п.), деформированной упаковке - извлекать детонаторы из нее с максимальной осторожностью и исключительно в том случае, если корпуса детонаторов визуально не деформированы и не имеют следов внешней коррозии (особенно КД-08Ж).

7.2.2.3 Категорически запрещается курить и/или использовать открытый огонь в процессе подготовки электродетонаторов к использованию.

7.2.2.4 Категорически запрещается проводить какие-либо манипуляции со средствами инициирования (не только с электродетонаторами) рядом с взрывчатыми веществами и/или боевыми частями.

7.2.2.5 Подготовка электродетонаторов должна происходить в зоне, где нет оголенной электропроводки, искр, механических и грузовых работ.



7.2.2 Общий вид детонаторов.

Входная проверка исправности. Правила безопасности при работе с детонаторами.

7.2.2.6 Обязательно проверьте, зашунтованы ли детонаторы в упаковке (как правило, детонаторы советского и украинского производства поставляются с завода-изготовителя незашунтованными). Шунтирование представляет собой замыкание зачищенных медных жил одного детонатора между собой путем скручивания. Поэтому обязательно проверьте наличие шунтирования проводов детонатора (они должны быть скручены не менее чем на три оборота), и, при отсутствии, сразу же выполните шунтирование. Правило очень простое — у детонатора два состояния: либо зашунтированный, либо подключенный к взрывной сети.

7.2.2.7 Визуальный контроль состояния детонаторов состоит из проверки целостности корпуса и проводов. При визуальном повреждении проводов (обрыве одного или обоих проводов) рекомендуется обрезать провода, ориентируясь на самый короткий, зачистить концы проводов и зашунтировать их между собой. При этом запрещается разводить провода в разные руки, чтобы не создать разность потенциалов. Корпуса детонаторов, которые примяты, имеют нарушение целостности и другие дефекты, должны быть отбракованы и уничтожены. Обращаться с ними нужно как с чрезвычайно опасными взрывными устройствами. Использование их по назначению КАТЕГОРИЧЕСКИ запрещено.

7.2.2.8 Сопротивление электродетонаторов измеряется с помощью мультиметра, поставляемого в комплекте сапера, при установке порога в 200 Ом (ВАЖНО — только при этой настройке; если установить другой порог измерения, возможно срабатывание изделия). Во время проверки, с целью защиты проверяющих от повреждений осколками гильз, электродетонаторы необходимо размещать за щитами из досок, за стальными листами, за грунтовыми валиками, под дерном, мешком с песком или в грунте (в песке) на глубине 5... 10 см; при открытом размещении проверяемых электродетонаторов они должны находиться как можно дальше от проверяющих лиц.

7.2.2.9 Электрическое сопротивление электродетонаторов должно соответствовать указанному на упаковке детонаторов. Сопротивление менее 0,8 Ом и более 2,5 Ом (на нагретом детонаторе) является основанием для браковки. Категорически запрещается использовать такие детонаторы.

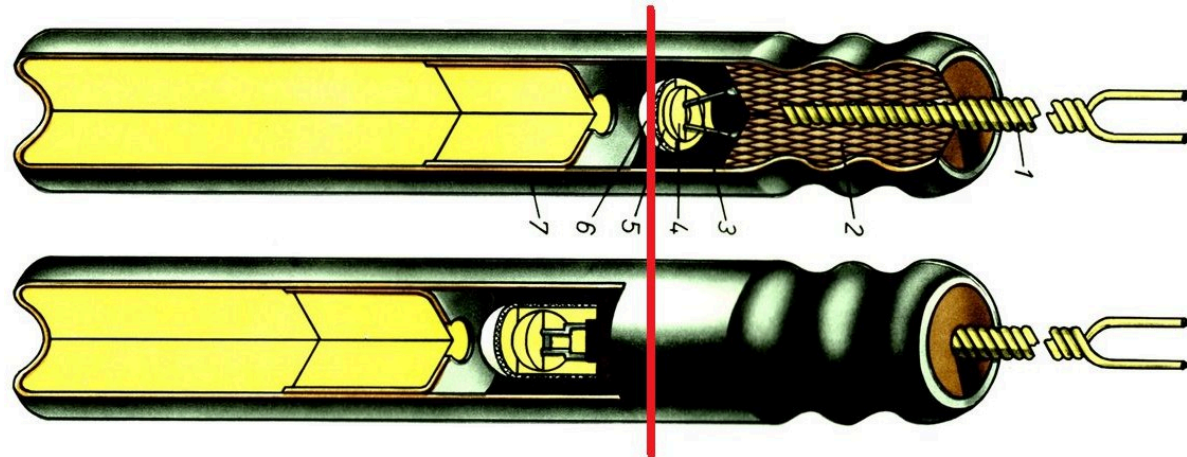
7.2.2.10 Проверку сопротивления ЭДП следует проводить исключительно на полностью размотанном проводе, при этом корпус детонатора должен находиться как можно дальше от людей и самого специалиста. После проверки сопротивления ОБЯЗАТЕЛЬНО зашунтировать концы проводов, и исключительно в таком виде детонаторы должны транспортироваться.



7.2.3 Правила безопасности при применении детонаторов.

Детонаторы являются наиболее опасными элементами взрывных устройств, правила обращения с ними необходимо выполнять максимально точно и неукоснительно.

7.2.3.1 Брать детонатор можно либо за провод, либо за место обкатки (не более чем в 10 мм от торца электродетонатора, из которого выходят провода). На рисунке показана красная линия, которую категорически запрещено пересекать при захвате электродетонатора пальцами и/или инструментом, и всегда держать таким образом, чтобы кумулятивная воронка на торце детонатора была обращена в сторону от специалиста-сапера и не была направлена на его части тела или других бойцов.



7.2.3.2 Категорически запрещается при снятии шунтирования с детонатора разводить провода в разные руки (это может создать разность потенциалов на проводах детонатора, что, в конечном итоге, может привести к срабатыванию изделия в самый неожиданный момент).

7.2.3.3 Категорически запрещается прикладывать к детонатору избыточную силу при установке его в гнездо боевой части (БЧ). Это может вызвать деформацию корпуса электродетонатора, что, в конечном итоге, может привести к срабатыванию изделия в самый неожиданный момент, тем самым инициировав взрыв всей боевой части. Если детонатор не входит в гнездо — не следует вдавливать его туда с большой силой. Лучше отойти на несколько шагов назад, извлечь



7.2.3 Правила безопасности при применении детонаторов.

детонатор, осторожно зафиксируйте его в безопасном положении (например, под мешочком с песком или в грунте), не спеша достаньте проколку и ещё раз расширьте гнездо в боевой части. После чего повторите все операции в обратном порядке. Обычно такие нюансы возникают зимой при низких температурах, когда взрывчатое вещество в БЧ затвердевает от мороза.

7.2.3.4 Запрещается бросать, ударять о твердую поверхность, сжимать, наступать и прикладывать силу к детонатору.

7.2.3.5 Категорически запрещается при работе с электродетонаторами использовать любые приборы, излучающие радиоволны (радиостанции всех видов, мобильные телефоны, средства РЭБ и РЭР и т. д.). Радиоволны наводят напряжение на проводах детонатора, что может привести к взрыву изделия. Минимальное расстояние от переносной радиостанции — 5 метров; стационарные радиостанции, средства РЭБ и РЭР — не менее 25 метров.

7.2.3.6 Упаковка и перевозка инициаторов должна осуществляться в неметаллических кейсах или коробках, отдельно от БК, средств инициирования и источников электропитания. Лучший вариант — кейс с отдельными карманами под каждую единицу (каждое изделие). Также существует вариант упаковки каждого отдельного изделия в отдельный металлический бокс, специально подготовленный для этой задачи.

7.2.3.7 Маркировка на кейсе (коробке, упаковке) должна наноситься самим специалистом. Тип изделия, количество, дата проверки, подпись.

7.2.3.7 Учет, хранение и количественное использование, а также обратная связь с производителем возлагаются на сапера экипажа с докладом командиру экипажа.



7.2.4 Правила безопасности при обращении с БЧ.

При подготовке БЧ к боевому выходу проверяются:

7.2.4.1 Гнездо крепления инициатора (проверка посадочного места под детонатор; целостность и плотность посадочного места).

7.2.4.2 Целостность корпуса и элементов БЧ.

7.2.4.3 Надежная упаковка и подготовка к перевозке БЧ очень важны (лучший вариант — в штатной упаковке с завода-изготовителя или в отдельном ящике, в котором не будет никаких других грузов). Категорически запрещается перевозка в одной таре БЧ (взрывчатых веществ) и инициаторов. Рекомендуется перевозить тару с инициаторами вообще в другом транспортном средстве или в салоне автомобиля, максимально отдельно от БЧ.

7.2.4.4 Прямой запрет на перевозку снаряженных ВЧ с инициаторами, даже с предохранителями. Это касается также перевозки ВЧ с установленными электродетонаторами.

7.2.4.5 К подготовительным работам также относится формирование гнезда под детонатор. Из набора сапера берется прокалыватель (диаметр прокалывателя соответствует диаметру стандартного детонатора ЭДП/ЭДП-р/ЭД-8-1100-Ж) и с торцевой стороны БЧ под углом 90° делается прокол во взрывчатом веществе (С4) на всю глубину прокалывателя. Отверстие в корпусе БЧ (гнездо детонатора) под прокол формируется при производстве.

7.2.4.6 После формирования прокола вставьте в гнездо детонатора силиконовый уплотнитель (белое кольцо — грибочек, входит в комплект сапера). Обязательно проверьте плотность установки силиконового уплотнителя в гнезде детонатора в БЧ.

7.2.4.7 Категорически запрещается бросать, сильно зажимать и/или иным образом деформировать корпус БЧ.

7.2.4.8 Категорически запрещается вносить модификации в боевую часть (БЧ), разбирать, заменять элементы и материалы.

7.2.4.9 Категорически запрещается хранить на позиции, в месте хранения и/или во временных тайниках БЧ вместе с детонаторами. Обязательно требуется зонирование помещений и/или мест работы.

7.2.4.10 Ответственность за хранение средств инициирования (электродетонаторов), доступ к этим средствам и соблюдение правил и норм ТБ и ОП при работах со взрывчатыми веществами и средствами инициирования возлагается на сапера экипажа.

