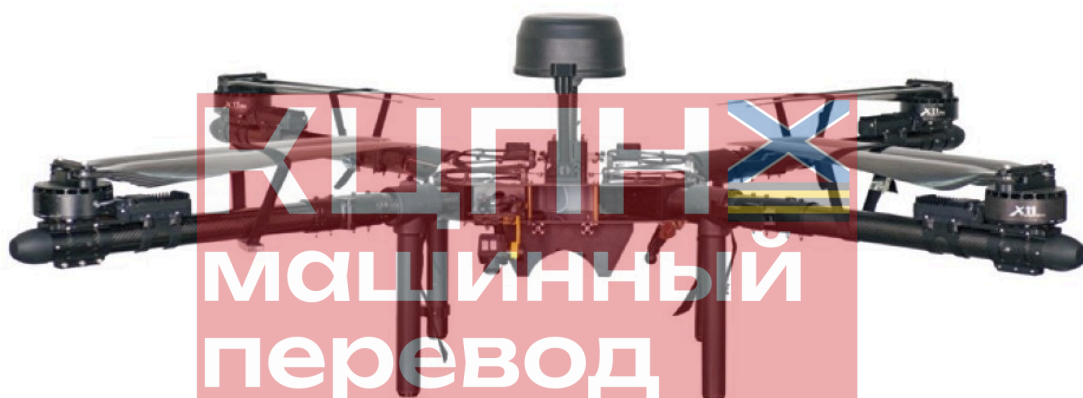


**РУКОВОДСТВО ПО ЛЕТНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ БПЛА UAS
PERUN MAX**



PERUN MAX

ООО «БАВОВНА МИЛТЕК

2025»

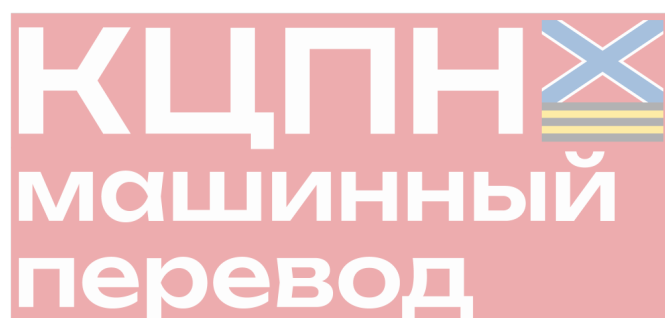
Пожертвовать на русскую Победу



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

--	--	--	--	--	--	--	--



Содержание

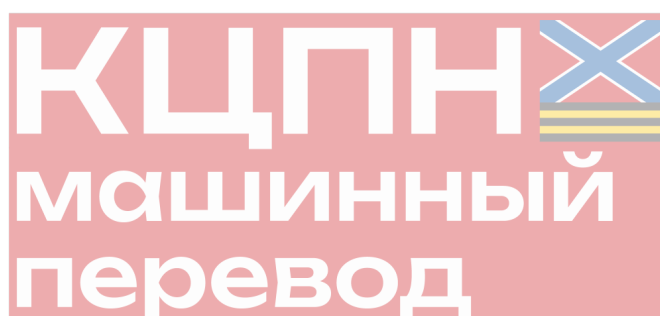
1. ОСНОВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О БПЛА UAS Perun MAX	6
1.1. Состав БПЛА UAS Perun MAX	7
1.1.1. БПЛА UAV Perun MAX	7
1.1.2. Наземная станция управления	10
1.1.3. Комплект документации	14
1.1.4. Транспортный кейс	14
1.1.5. Запасные лопасти	14
1.2. Общие требования безопасности	15
1.3. Основные тактико-технические характеристики БПЛА UAS Run MAX	15
2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ	18
3. ПОДГОТОВКА К ПОЛЁТУ	20
3.1. Проверка аккумуляторов и питания	20
3.2. Сборка БПЛА	21
3.2.1. Разворачивание и фиксация лучей	21
3.2.2. Разворачивание лопастей	22
3.2.3. Разворот магнитометра	23
3.2.4. Установка антенны GNSS	24
3.2.5. Развертывание антенны радиосвязи	26
3.2.6. Установка АКБ на платформу БПЛА	27
3.2.7. Осмотр БПЛА перед вылетом	28
3.2.8. Подключение АКБ к БПЛА	29
3.3. Развертывание НСК	30
3.3.1. Подключение компонентов модуля управления и цифрового видеопотока	30
3.3.2. Подключение компонентов модуля аналогового видеопотока	32
3.3.3. Процесс инициализации и подключения ПДК	33
3.4. Запуск Mission Planner	38
3.4.1. Планирование полёта в Mission Planner	39
3.4.2. Мониторинг и управление БПЛА через Mission Planner в режиме реального времени	47
3.5. Запуск QGroundControl	50
3.5.1. Планирование полётной миссии в QGroundControl	



3.5.2.	Мониторинг и управление БПЛА через QGroundControl в режиме реального времени	60
3.6.	Запуск VLinkApp	64
3.6.1.	Горячие клавиши и ошибки в VLinkApp	68
3.6.2.	Запись цифрового видео	70
3.7.	Проверка включения записи локального видео	73
3.8.	Установка ЗУ	73
4.	ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЁТА	76
4.1.	Порядок запуска двигателей	76
4.2.	Режимы полёта и порядок их активации	77
4.3.	Выполнение полёта и энергоэффективность	82
4.4.	Сброс нагрузки	84
4.5.	Возвращение к точке взлёта и посадка	86
4.6.	Завершение работы	88
5.	БОЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА UAS Run MAX	90
5.1.	Характеристики средств поражения	91
6.	ОСОБЫЕ СЛУЧАИ В ПОЛЁТЕ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ	92
7.	ЛЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	98
8.	ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ	102
8.1.	Монитор с функцией DVR	102
8.1.1.	Настройка данных OSD	102
8.1.2.	Просмотр тепловизионного видео	103
8.1.3.	Настройка частоты аналоговой видеосвязи	104
8.1.4.	Запись аналогового видео на карту памяти	106
8.1.5.	Система скремблирования аналогового видеосигнала	107
8.2.	Очки FPV	108
8.3.	Настройка ПДК	110
8.4.	Замена и обслуживание лопастей	114
8.5.	Обслуживание механизмов складывания лучей	116
8.6.	Обслуживание механизмов сброса (сервоприводов)	116
8.7.	Эксплуатация и уход за АКБ	116
8.8.	Зарядное устройство для АКБ 6-14S	



8.9.	Калибровка магнитометра	119
8.10.	Калибровка уровня БПЛА	124
8.11.	Сопряжение радиоретранслятора с БПЛА	125
8.12.	Условия стабильной радиосвязи БПЛА	131
8.13.	Звуковые сигналы летного контролера	136
8.14.	Утилизация комплекса и его компонентов.....	136
9.	ИНСТРУКЦИЯ ПО РАЗВЕРТЫВАНИЮ БПЛА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	138
10.	ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ	141
11.	УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	145



1. ОСНОВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О БпАК UAS Perun MAX

Беспилотный авиационный комплекс UAS Perun MAX (далее по тексту БпАК или комплекс) — это программно-аппаратная система с автономным дистанционно управляемым летательным аппаратом, предназначенная для выполнения тактических задач по поражению бронированной техники противника, его защищенных укрытий, доставки дополнительного оборудования (СВ, медикаментов, провианта, снаряжения и т. п.) с помощью беспилотного летательного аппарата (далее по тексту БПЛА или аппарат), оснащенного средствами поражения (СВ) и механизмом их сброса. БпАК может выполнять возложенные на него задачи в метеорологических условиях, указанных в разделе 2.4 настоящего руководства. Конструкция БпАК UAS Perun MAX предусматривает быстрое развертывание и сворачивание, минимальные требования к инфраструктуре запуска, что позволяет использовать комплекс со взлетно-посадочными площадками (ВПП), созданными в полевых условиях.

Основные задачи и сценарии применения БпАК:

- обнаружение и уничтожение бронетехники противника в полевых условиях;
- поддержка штурмовых действий для поражения вражеских бронетранспортеров, боевых машин пехоты, танков и т. д.;
- поражение боевых целей с помощью боевых модулей различного типа в количестве от одной до трех единиц общей массой до 32 кг, закрепленных в горизонтальном положении;
- проведение ударных операций в ночное время с использованием тепловизионной камеры высокой чувствительности (≤ 40 мК);
- дистанционное управление БПЛА из укрытий, защищенных, подземных, укрепленных позиций с помощью ретрансляторов связи. Надежность связи обеспечивается кабелем от радиоретранслятора до пункта управления.

Перед применением БПЛА UAV Perun MAX рекомендуется пройти обучение в учебном центре производителя.

Для наземных пилотов, имеющих опыт работы с программами Ardupilot (QGroundControl, Mission Planner), предусмотрена возможность ознакомления с базовой процедурой развертывания по упрощенной схеме, изложенной в разделе 9 «Инструкция по развертыванию БпАК в полевых условиях».

Назначение БПЛА

БпАК UAS Perun MAX предназначен для применения учреждениями различной направленности и подчиненности для поражения бронированных целей противника на тактической глубине боевых действий. Комплекс обеспечивает высокоточное поражение бронированной техники противника путем автономного или дистанционного управления из укрытий с целью поражения живой силы и техники противника. Предусмотрено применение в условиях ночного времени суток и активного радиоэлектронного противодействия без нарушения эксплуатационных ограничений.



Внешний экипаж БпАК

В состав внешнего экипажа БпАК входят три человека:

- наземный пилот (далее оператор);
- второй пилот (далее специалист-взрывотехник) с соответствующими допусками;
- техник-оператор.

В особых случаях допускается минимальный состав внешнего экипажа БпАК из двух человек:

- оператор;
- специалист-взрывотехник, имеющий соответствующие допуски.

Примечание: На выполнение миссии должен как можно меньше влиять человеческий фактор, все члены экипажа должны быть взаимозаменяемыми при условии наличия соответствующих допусков и необходимых знаний и навыков.

1.1. Состав БПЛА UAS Perun MAX

В состав комплекса входят:

- Три ударных БПЛА компактной конструкции, транспортируемые в специальных кейсах. Каждый кейс имеет размеры 1080х1080х590 мм.
- Наземная станция управления (НСУ) — это комплект наземного оборудования для эксплуатации БПЛА.
- Аккумуляторные батареи (АКБ) в количестве трех комплектов, из которых один основной, а два других — резервные.
- Комплект документации.

Комплектация БПЛА UAS Perun MAX предусматривает такой набор средств и оборудования, чтобы экипаж мог самостоятельно выполнить боевую задачу (БЗ) в полном объеме от ее подготовки до завершения, что заключается в успешном возвращении БПЛА и свертывании БПЛА в транспортное состояние. Данный раздел предназначен для объяснения каждой составляющей комплектации и её назначения в стандартной рекомендуемой комплектации БпАК.

Комплектность поставки является договорной и может быть изменена в соответствии с требованиями заказчика по предварительному согласованию с производителем БпАК.

Производитель оставляет за собой право вносить конструктивные и/или комплектующие изменения в состав БПЛА, если такие изменения не приводят к ухудшению его тактико-технических характеристик.

1.1.1. БПЛА UAV Perun MAX

БПЛА UAV Perun MAX — это беспилотный летательный аппарат квадрокоптерного типа с четырьмя подъемными двигателями, многоразового использования, являющийся составной частью БпАК и способный выполнять задачи по поражению бронированной техники противника, его защищенных укрытий, доставки дополнительного оборудования (ЗУ, медикаментов, провианта, снаряжения и т. п.).



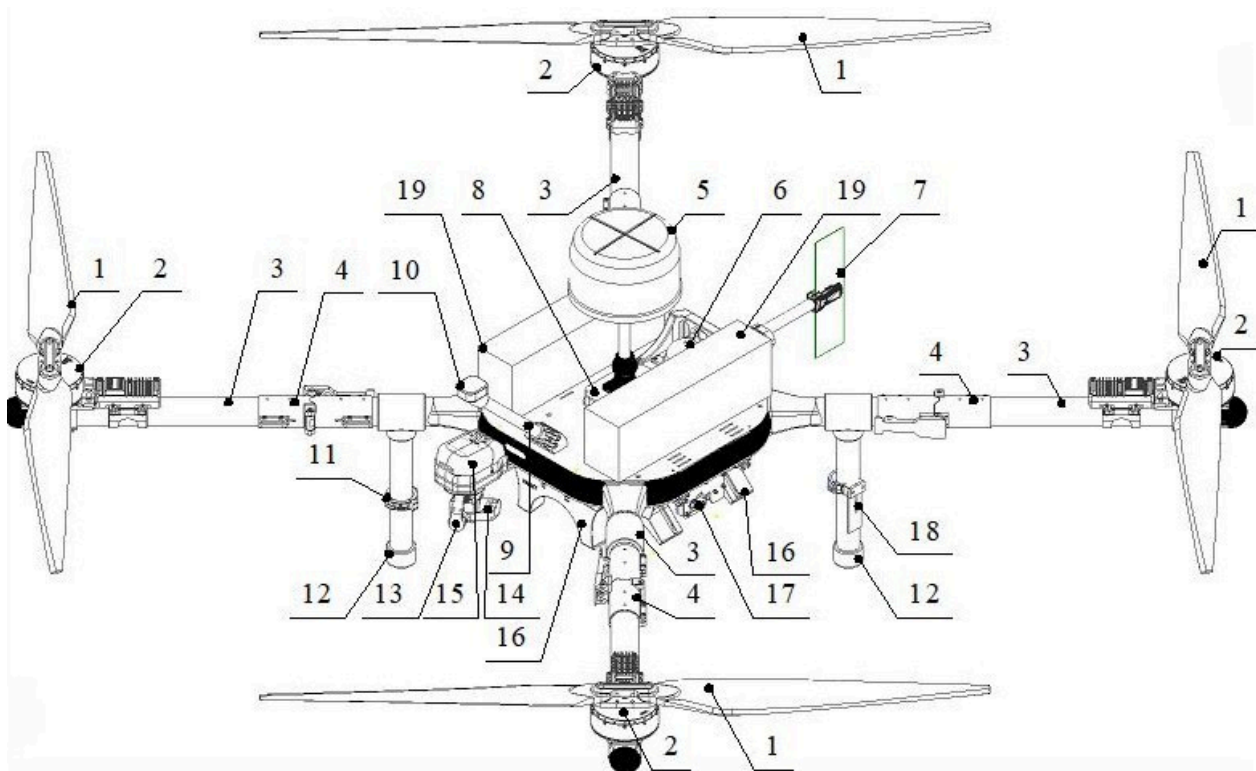


Рисунок 1. Основные части БПЛА

1 – Лопасти, 2 – Двигатели, 3 – Стрелы, 4 – Механизм складывания стрел, 5 – GNSS-антенна, 6 – Модуль цифрового видео (видеопередатчик – Video Transmitter – VTX), 7 – Антенна радиосвязи, 8 – Модуль распределения питания и управления, 9 – Мачта магнитометра, 10 – Магнитометр, 11 – Антенна аналоговой видеосвязи, 12 – Шасси, 13 – Тепловизионная камера, 14 – Гиростабилизированная подвеска камеры (gimbal), 15 – Модуль видеозаписи (DVR), 16 – Направляющие для ЗУ, 17 – Механизм сброса, 18 – Антенна цифровой видеосвязи (дипольная антенна решетка 1 800 – 2 400 МГц), 19 – АКБ.

Модель БПЛА типа UAV Perun MAX является первой версией БПЛА UAV Perun MAX, конструктивные особенности которой предусматривают боевое применение за счет:

- мощных двигателей Hobbywing X11 MAX и лопастей размером 48", что увеличивает грузоподъемность и надежность БПЛА;
- возможности варьировать вес БУ на борту БПЛА до 32 кг. Ориентировочный перечень комплектации БУ на одном БПЛА UAV Perun MAX приведен в разделе 5.1 данного руководства;
- модульности системы подвески БУ, что позволяет адаптировать их конфигурацию (количество, размещение и вид направляющих для необходимых БУ) под конкретную задачу с учётом типа, габаритов и массы БУ;
- расширение функциональности управления БПЛА благодаря более функциональной модели пульта дистанционного управления (ПДУ), который поддерживает до 16 каналов управления, что повышает функциональность системы управления;
- оснащение основного цифрового видеоканала системой воспроизведения видеоданных, использующей помехоустойчивую и защищенную радиосвязь через модемы радиосвязи Sine.video, с возможностью выбора частотного интервала в



диапазоне от 1 800 до 2 400 МГц, выбора скорости и мощности передачи данных;

- оснащение резервного аналогового видеоканала средствами усиления сигнала и его шифрованием обеспечивает невозможность просмотра перехваченного видеосигнала посторонними устройствами;

- оснащение камеры БПЛА функцией цифрового масштабирования (увеличение: 1х – 8х, плавная регулировка), возможностью переключения цветовых схем изображения и поддержкой форматов видеосигнала камеры: цифрового и аналогового;

- гибридная схема управления, сочетающая проводные и беспроводные каналы связи между ПДК и БПЛА.

Проводное соединение между ПДК и ретрансляторами через кабели (удлинители) обеспечивает возможность управления БПЛА из укрытых или защищенных позиций (в том числе подземных) на расстоянии до 100 метров, что существенно снижает риски для операторов.

Преимущество БПЛА «Регун МАХ» заключается в реализации сборной конструкции с незначительным количеством соединительных элементов, что обеспечивает быстрое приведение БПЛА в надежное рабочее состояние и его складывание после выполнения задач, снижение вероятности отказов и удобство транспортировки.

БПЛА состоит из корпуса, в котором размещено оборудование следующих систем (рис. 1):

- навигационной (GNSS-антенна 5, магнитометр 10);
- электронной (модуль распределения питания и управления 8);
- радиоуправления и телеметрии (модуль с антенной 7);
- передачи цифрового видеосигнала (модуль с антенной 18);
- передачи аналогового видеосигнала (модуль с антенной 11);
- тяговой системы (четыре электродвигателя 4 с лопастями Ø 48");
- прицеливания (тепловизионная камера 13, гиростабилизированная подвеска 14 в составе модуля видеозаписи DVR 15);
- сброса боеприпасов (сервопривод, механизм сброса 17).

Модули видеозаписи DVR 15 (digital video record – функция записи цифрового видео) и распределения питания и управления 8 БПЛА оснащены двумя картами памяти на 64 ГБ (class 10), которые используются для:

- записи, хранения и воспроизведения видео с цифровой камеры во время и после полёта;
- хранения служебных файлов, необходимых для работы БПЛА (параметры, скрипты, конфигурации);
- регистрации полетных данных (телеметрия, лог-файлы) для последующего анализа технического состояния, выявления сбоев, расследования инцидентов.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ФУНКЦИЯ ЗАПИСИ ЛОГ-ФАЙЛОВ ПО УМОЛЧАНИЮ ОТКЛЮЧЕНА. АКТИВАЦИЯ НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ ИЗ-ЗА ТРЕБОВАНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, В ЧАСТНОСТИ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К СЛУЖЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЛУЧАЕ ПОТЕРИ ИЛИ ПОХВАТА УСТРОЙСТВА.

1.1.2. Наземная станция управления БпАК

Наземная станция управления (НСК) является основным элементом инфраструктуры управления БПЛА, включающим радио- и видеоретранслятор, которые обеспечивают передачу сигнала управления и видеосигналов в процессе выполнения полета БПЛА. Вывод оперативной информации с БПЛА осуществляется с помощью:

Монитор 10" с функцией DVR предназначен для приема и отображения аналогового видеосигнала с бортовой камеры. Кроме того, на экран может выводиться положение БПЛА в пространстве, текущий режим и параметры полёта, уровень и качество радиосвязи.

Ноутбук обеспечивает вывод цифрового видеосигнала с камеры БПЛА, параметров полетной миссии, а также служебной информации из навигационной и силовой систем.

Очки FPV поддерживают отображение как аналогового, так и цифрового видеосигнала и могут использоваться в качестве основного или резервного средства визуализации в реальном времени.

В комплект НСК входят две катушки кабеля: для радиоретранслятора с цифровым видео и для видеоретранслятора с аналоговым видео, длина кабелей каждой из катушек составляет 100 м.

1.1.2.1. Ноутбук

Ноутбук является элементом НСК и используется для управления, мониторинга и настройки БПЛА в режиме реального времени, а также обеспечивает выполнение следующих функций:

- запись и просмотр телеметрии, видео и технических данных в режиме реального времени;
- обновление программного обеспечения, прошивок и выполнение диагностики систем комплекса;
- подключение периферийных устройств через интерфейсы HDMI, USB, Ethernet и т. д. (очки FPV, монитор с функцией DVR).

Ноутбук с операционной системой Windows оснащён следующим программным обеспечением (ПО):

VLinkApp, с помощью которого осуществляется мониторинг и настройка параметров цифрового видеоканала. Более подробная информация приведена в разделе 3.6 данного руководства.



Mission Planner (MP) или **QGroundControl (QGC)**, с помощью которых осуществляется планирование и контроль полетного задания. Более подробная информация приведена в разделах 3.4 и 3.5 данного руководства.

В комплект ноутбука входит мышь.

1.1.2.2. Пульт дистанционного управления RadioMaster

Пульт дистанционного управления RadioMaster TX16S предназначен для управления БПЛА. Описание элементов пульта и его характеристики приведены в разделах 3.3.3, 4.2, 4.3 и 8.3.

1.1.2.3. Монитор 10" с функцией DVR

На мониторе с функцией DVR отображается видеосигнал с тепловизионной бортовой камеры БПЛА с аналоговым выходом, одновременно может осуществляться запись видео на цифровой носитель. Изображение выводится с наложением OSD-данных (On-Screen Display), которые включают основные параметры телеметрии полёта БПЛА: высоту, скорость, направление движения, уровень связи и т. д.

Перечень основных OSD-данных, которые может отображать монитор с функцией DVR, приведен в разделе 8.1 данного руководства.

1.1.2.4. FPV-очки

FPV-очки (first person view – вид от первого лица) выполняют функцию дублирования видеоизображения с монитора с функцией DVR или ноутбука и предназначены для использования оператором во время ручного управления БПЛА с помощью ПДК. Их конструкция обеспечивает непосредственную визуализацию изображения с бортовой камеры, что может повысить точность маневрирования в визуальном режиме.

В комплект БПЛА входит карта памяти на 16 или 32 ГБ (class 10), предназначенная для записи видео с FPV-очков.

Характеристики и краткое руководство по использованию FPV-очков приведены в разделе 8.2 данного руководства.

1.1.2.5. Видео- и радиоретрансляторы

Видеоретранслятор расширяет дальность видеосвязи с БПЛА, радиоретранслятор позволяет увеличить дальность канала управления и телеметрии БПЛА. Их применение позволяет оператору управлять БПЛА из укрытия, поддерживая стабильную связь в режиме реального времени.

Использование проводного соединения позволяет размещать видео- и радиоретрансляторы на расстоянии до 100 м от оператора. Это обеспечивает надежный канал передачи радио- и видеосигнала и повышает уровень безопасности экипажа при выполнении задач в зоне повышенного риска.

Описание и настройка модулей связи приведены в разделах 3.3.1, 3.3.2 и 8.11 данного руководства.

Для установки ретрансляторов на высоте с целью обеспечения прямой видимости между БПЛА и ретранслятором, а также их ориентации в направлении полёта предусмотрено использование металлических штативов высотой не менее 6 м.



1.1.2.6. Аккумуляторные батареи

Для автономного питания энергозависимых устройств БпАК используется несколько типов АКБ с учетом резервных единиц для обеспечения непрерывного цикла эксплуатации.

- БПЛА UAV Perun MAX комплектуются шестью литий-полимерными или литий-ионными АКБ конфигурации 9S, номинальной емкостью 85 000 мА·ч каждая. АКБ в бортовой сети соединяются последовательно, формируя конфигурацию 18S, с максимальным напряжением 75,6 В. Для оценки состояния заряда АКБ необходимо использовать тестер АКБ (cellmeter), позволяющий измерить общее напряжение батареи и напряжение на каждой отдельной ячейке. Для одного полёта требуется две батареи, которые устанавливаются в верхней части корпуса БПЛА и фиксируются ремнями. На каждый комплект питания аппарата (2 АКБ) предусмотрена поставка текстильной сумки и металлического кейса.

- НСК поставляется с четырьмя АКБ конфигурации 6S емкостью не менее 5 000 мА·ч. Две основные АКБ питают ретрансляторы через катушки с кабелем длиной 100 м для проводного подключения видеоретранслятора. Две резервные АКБ предназначены для замены основных в случае разряда и обеспечивают бесперебойную работу НСК во время выполнения задач.

- Для питания монитора с функцией DVR используются аккумуляторные батареи конфигурации 3S емкостью не менее 4 000 мА·ч.

- Для питания FPV-очков и ПДК применяются сменные литий-ионные элементы типа 18650.

Рабочий диапазон температур: от -5°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРА ДОПУСКАЕТСЯ ТОЛЬКО ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ АККУМУЛЯТОРА ИЛИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ВЫШЕ $+10^{\circ}\text{C}$.

Максимально допустимый дисбаланс между элементами составляет 0,2 В.

Максимально допустимый дисбаланс между батареями составляет 0,3 В.

АКБ могут быть разных производителей, однако должны соответствовать одинаковым характеристикам по напряжению, емкости, количеству элементов и типу химического состава.

1.1.2.7. Зарядные устройства

В состав одного комплекса БпАК входят несколько типов зарядных устройств, предназначенных для обслуживания соответствующих типов АКБ:

Зарядные устройства конфигурации 6–14S предназначены для зарядки аккумуляторных батарей БПЛА. В комплект поставки БпАК входят три зарядных устройства этого типа, по количеству ударных БПЛА, что позволяет осуществлять зарядку нескольких АКБ одновременно, ускоряя подготовительный цикл.



Зарядное устройство конфигурации 2–6S применяется для зарядки аккумуляторов, питающих ретрансляторы через катушки с кабелем длиной 100 м, а также монитора с функцией DVR.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ, НЕРЕКОМЕНДУЕМЫХ ИЛИ СОМНИТЕЛЬНЫХ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ.

В случае обнаружения поврежденной АКБ её следует немедленно изолировать, вынести в безопасное место, где нет рядом горючих материалов, нет риска задымления и обеспечена вентиляция или локальная изоляция на случай термической реакции, и передать для утилизации в соответствии с разделом 8.14.

Зарядное устройство для элементов типа 18650 используется для зарядки АКБ питания FPV-очков и ПДК.

АКБ БПЛА оснащены разъемами типа AS150; для обеспечения совместимости с зарядными устройствами, имеющими выход AS150U, в комплект поставки входят соответствующие адаптеры AS150U/AS150.

1.1.2.8. Инструменты и расходные материалы

В состав ЗИП входят вспомогательные элементы, которые используются при подготовке, обслуживании и эксплуатации БПЛА:

Тестер АКБ (cellmeter) предназначен для обязательной проверки состояния аккумуляторов перед выполнением БЗ. Подробная информация приведена в разделе

3.1.

Карта памяти объемом 16 или 32 ГБ (class 10) предоставляется для использования в FPV-очках.

Набор инструментов: набор шестигранных ключей (9 шт.), рожковый ключ 6x7 и крестовая отвертка PH2x100 мм применяются для ремонта БПЛА.

Барашковые гайки поставляются в составе комплекта запасных частей в качестве запасных, для замены утерянных при сборке или разборке магнитометра БПЛА.

Кабель RCA–RCA, 1,5 м, используется для передачи аналогового видеосигнала от катушки аналогового видеоретранслятора к монитору с функцией DVR или другому совместимому устройству.

Кабель Type C 3A имеет угловой разъем и предназначен для обновления прошивки радиоретранслятора.

Кабель питания XT60 применяется для дублирования питания монитора с функцией DVR.

Кабель Mini HDMI to HDMI используется для подключения FPV-очков к ноутбуку.

Сетевой фильтр (удлинитель), 10 м, позволяет одновременно подключать несколько зарядных устройств во время предполетной подготовки.

Консистентная смазка во флаконе — применяется для смазывания механизма сброса ЗУ в зимний период с целью предотвращения примерзания механизма.

Фиксатор резьбы (для разъемных соединений) используется для предотвращения самопроизвольного раскручивания резьбовых соединений под действием вибрации,



особенно болтовых креплений двигателей (раздел 8.4) и механизмов складывания лучей (раздел 8.5).

Ящик для инструмента используется для хранения комплекта ЗИП в собранном и защищенном виде.

1.1.3. Комплект « » документации

Руководство по летной эксплуатации – 1 шт.

Паспорт-формуляр на БПЛА UAS Perun MAX – 1 шт. Паспорт

БПЛА UAV Perun MAX – 3 шт.

1.1.4. Транспортный кейс для БпАК

Транспортный кейс имеет размеры 1080x1080x590 мм. Он предназначен для складского хранения БПЛА, его транспортировки и защиты от внешних факторов. В этом кейсе также опционально могут храниться GNSS-антенна UNA-3 и т. д. (то, что экипажу удобно хранить там). Запрещается перевозить в кейсе с БПЛА: ЗУ, АКБ, химические вещества, другие предметы, которые могут повредить БПЛА.

ВНИМАНИЕ: ТРАНСПОРТИРОВКА КЕЙСА В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ ЗАПРЕЩЕНА. СУЩЕСТВУЕТ РИСК ПОВРЕЖДЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ БПЛА.

1.1.5. Запасные -лопасти

Лопasti двигателей входят в состав запасных частей, инструментов и принадлежностей БПЛА (ЗИП) и предназначены для замены поврежденных или изношенных лопастей, установленных на аппарате. Замена осуществляется в соответствии с регламентом обслуживания в случае обнаружения трещин, деформаций или других признаков непригодности к эксплуатации.

В зависимости от направления вращения лопастей существует два вида лопастей, что, в свою очередь, обозначено на упаковке и на самих лопастях соответствующими наклейками с английской аббревиатурой. Обозначение направления: CW (Clockwise) – вращение по часовой стрелке, CCW (Counter Clockwise) – против часовой стрелки. Также направление обозначено на верхней части лопасти соответствующей стрелочкой. Лопасты в стандартной комплектации поставляются в количестве, достаточном для полной замены всех лопастей, установленных на аппарате, а именно 8 штук или 4 комплекта лопастей по 2 штуки.

Лопасты двигателя заменяются комплектом, то есть сразу две, даже если повреждена только одна лопасть. Несоблюдение этого требования может привести к значительному и даже опасному увеличению вибраций во время полёта. Порядок замены лопасти описан в разделе 8.4 данного руководства.



1.2. Общие требования к безопасности д

Требования безопасности конструкции и систем БпАК UAS Perun MAX соответствуют требованиям нормативно-правовых актов Украины, действующих в сфере применения комплекса, и ДСТУ 3135.0-95.

- Эксплуатация БПЛА возможна только подготовленным и допущенным к эксплуатации экипажем.
- Территория, на которой запускается комплекс, должна быть оснащена средствами пожарной безопасности, а именно сухим песком или огнетушителем класса D, предназначенным для тушения горящих металлов, а также аптечкой.
- Запуск БпАК должен производиться в месте, где нет препятствий для канала управления (раздел 8.12).

На БПЛА установлены антенны 5, 7, 11 и 18 (рис. 1), в составе НСК — антенны 9 (рис. 15) и 6 (рис. 17). Перед подачей на них питания следует проверить правильность подключения кабелей питания и целостность этих кабелей и разъемов. Повреждение кабеля и/или разъема питания антенны или неправильное соединение могут привести к выходу антенны из строя.

Во время взлета и посадки располагать БПЛА носовой частью «от себя».

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПЕРЕВОЗИТЬ ВЗРЫВАТЕЛИ (ДЕТОНАТОРЫ) И БПЛА В ОДНОЙ ТАРЕ!

В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЮБЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РАБОТЕ БПЛА ИЛИ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПОЛЕТ ЗАПРЕЩЕНО!

- Действия в случае возгорания АКБ см. в разделе 8.7.2.

1.3. Основные тактико-технические характеристики БПЛА UAS Perun MAX

БпАК UAS Perun MAX и БПЛА UAV Perun MAX, входящие в состав комплекса, соответствуют следующим тактико-техническим характеристикам.

Таблица 1. Тактико-технические характеристики БПЛА UAS Perun MAX.

Наименование характеристики	Величина (характеристика), единица измерения
Тип БПЛА	Квадрокоптерный
Тип силовой установки	Электрический
Скорость полёта БПЛА при скорости ветра до 5 м/с: — набора высоты (груз до 26 кг) — набора высоты (груз от 26 до 32 кг) — скорость посадки — крейсерская (груз до 26 кг) — максимальная	5,4 км/ч или 1,5 м/с 3,6 км/ч или 1,0 м/с от 0 км/ч или от 0 м/с 54 км/ч или 15 м/с 72 км/ч или 20 м/с



Наименование характеристики	Величина (характеристика), единица измерения
Тактический радиус действия при различных конфигурациях (масса, ветер без порывов), при крейсерской скорости полёта БПЛА в режиме AltHold: Нагрузка 32 кг, ветер 5 м/с Нагрузка 26 кг, ветер 5 м/с Нагрузка 20 кг, ветер 5 м/с Примечание: Если БПЛА используется в других погодных условиях, при другой скорости и в другом режиме, то результаты будут ОТЛИЧАТЬСЯ от указанных.	До 20 км До 22 км До 24 км Примечание: Расстояние с грузом, указанное в таблице, рассчитывается от точки взлета до точки интереса. Данные приведены с учетом остатка емкости АКБ для обратного маршрута БПЛА без полезной нагрузки.
Максимальная продолжительность полёта с ЗУ Без ЗУ	45 мин 55 мин
Время набора рабочей высоты при скорости ветра до 5 м/с (груз до 26 кг) Время набора рабочей высоты при скорости ветра до 5 м/с (груз от 26 до 32 кг)	2–3 мин 4–5 мин
Время развёртывания и подготовки БПЛА к полёту	10 мин
Время развёртывания и подготовки БПЛА к полёту	7 мин
Время оснащения средствами поражения	2 мин
Время сворачивания БПЛА	8 мин
Высота полёта: – рекомендуемая максимальная – рекомендуемая рабочая до цели – рекомендуемая высота сброса БУ	1000 м 100 м 100 м
Способ взлёта и посадки БПЛА	Вертикальный с/на ЗПМ (соответствующей требованиям раздела 2.7)
Массогабаритные характеристики:	
Масса пустого БПЛА (без АКБ и ЗУ)	28 кг
Масса АКБ (85 000 мА·ч, 9S)	20 кг
Максимальная взлетная масса БПЛА без	48 кг



ЗУ	
Максимальная взлетная масса БПЛА с ЗУ	80 кг
Наименование характеристики	Величина (характеристика), единица измерения
Максимальная масса целевой нагрузки	32 кг
Ширина с разложенными лопастями	1570 мм
Длина с разложенными лопастями	2660 мм
Высота	705 мм
Эксплуатационные характеристики	
Диапазон внешних условий, в которых функционирует БПЛА: — температура — давление — осадки (снег, дождь, туман) — скорость ветра	от -5 °С до +40 °С от 650 до 800 мм рт. ст. - <15 м/с
Тип АКБ для питания БПЛА требуются две одинаковые единицы	литий-полимерные или литий-ионные, 29,4 В, от 80 000 мА·ч
Каналы связи и частоты	
Максимальная дальность действия радиосвязи при расположении антенны радиоретранслятора на высоте 6 метров	35 км
Характеристики каналов (частота, защита, шифрование) — Управление — Телеметрия — Цифровое видео — Аналоговое видео — Устойчивость спутниковой навигационной системы	500–900 МГц, адаптивная псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ), AES-128/256 «симметричный» алгоритм шифрования. 900–1010 МГц, адаптивная ППРЧ, шифрование AES-128/256. 1800–2400 МГц, система шифрования сигнала DVBT-SoM. Переключение частот от 1080 до 1360 с шагом 40 МГц Программная защита от спуфинга



2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ У ОЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

2.1. Запреты и ограничения эксплуатации БПЛА UAS Perun MAX

В случае обнаружения отказа любой системы БПЛА или повреждения ЗУ полет запрещен.

Транспортировку, хранение и эксплуатацию комплекса следует осуществлять исключительно в соответствии с процедурами действующего руководства с учетом требований безопасности.

Категорически запрещается:

- использовать БПЛА не по назначению или вопреки руководству;
- эксплуатировать аппарат с любой выявленной неисправностью;
- использовать БПЛА, оснащенный ЗУ, для учебно-тренировочных полетов.

2.2. Ограничения по массам

Максимальная взлетная масса БПЛА – 80 кг.

Максимальная масса ЗУ – 32 кг.

2.3. Ограничения по центрированию

Угол наклона БПЛА относительно горизонтальной плоскости – 20°.

2.4. Ограничения по метеорологическим условиям

Эксплуатация БПЛА допускается при:

- температуре окружающей среды от -5 °С до +40 °С;
- скорости ветра на рабочей высоте не более 15 м/с;
- влажности воздуха — до 90 %.

Допустимая минимальная горизонтальная видимость в зоне взлёта-посадки — 200 м (ограничивается условиями устойчивой связи и визуальной заметности БПЛА).

Допустимая нижняя граница облачности при взлете и посадке — 100 м.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: БПЛА НЕ ОБОРУДОВАН СРЕДСТВАМИ БОРЬБЫ С ОБЛЕДНЕНИЕМ, ПОЭТОМУ ПОЛЕТЫ В УСЛОВИЯХ ОБЛЕДЕНИЯ ЗАПРЕЩЕНЫ.

- ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О ПРОВЕДЕНИИ ПОЛЁТОВ В УСЛОВИЯХ ТУМАНА ИЛИ ВОЗМОЖНОГО ОБМЕРЗАНИЯ ЧАСТЕЙ БПЛА ЛОЖИТСЯ НА ЭКИПАЖ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ БПЛА ВО ВРЕМЯ ПИЛОТИРОВАНИЯ В СЛОЖНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ!

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЗАПУСК БПЛА ПРИ НАЛИЧИИ ОСАДКОВ В ВИДЕ ДОЖДЯ, СНЕГА, А ТАКЖЕ ПРИ НАЛИЧИИ ТУМАНА И ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НИЖЕ - 5°С (УСЛОВИЯ ВОЗМОЖНОГО ОБЛЕДЕНИЯ).

- ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ БПЛА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ВОЗДУХЕ, КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

• ПРОДОЛЖЕНИЕ ПОЛЁТА ПРИ ПОПАДАНИИ В ДОЖДЕВОЙ/СНЕЖНЫЙ ЦИКЛОН;



- ПРОДОЛЖЕНИЕ ПОЛЁТА ПРИ ПОПАДАНИИ В ОБЛАКА, НАПОЛНЕННЫЕ ВЛАГОЙ (КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫЕ, ДОЖДЕВЫЕ И ГРОВОЗОВЫЕ);
- НАХОЖДЕНИЕ НА РАБОЧЕЙ ВЫСОТЕ, ГДЕ СКОРОСТЬ ВЕТРА ПРЕВЫШАЕТ 15 М/С ИЛИ ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА НА РАБОЧЕЙ ВЫСОТЕ НАРУШАЕТ ПРЕДЕЛЬНЫЕ НОРМЫ.

2.5. Ограничения по летным данным

Максимальная воздушная скорость горизонтального полёта — 20 м/с. Максимальная скорость при снижении — 4 м/с.

Максимальная высота полёта — 1000 м (без нагрузки).

Максимальная продолжительность полёта — 45 мин (с нагрузкой).

2.6. Ограничения по двигателям

2.5.1 Максимальное значение скорости ветра, при котором разрешается запуск двигателей — 15 м/с. Информацию о запуске двигателей БПЛА при скорости ветра от 15 м/с до 20 м/с см. в таблице 11.

2.5.2 Максимально допустимая скорость и высота полета, при которых обеспечивается устойчивая работа двигателей:

- скорость — 20 м/с;
- высота — 1000 м (без нагрузки).

2.7. Ограничения по взлетно-посадочной площадке

Взлетно-посадочная площадка (ВПП) должна быть свободной от посторонних предметов и препятствий. В качестве ВПП используется площадка размером не менее 10х10 м с неровностями поверхности не более 0,3 м. В секторе $\pm 15^\circ$ относительно направления взлета-посадки не должно быть препятствий высотой более 3 м на расстоянии 20 м.

2.8. Ограничения по условиям радиоэлектронной защиты.

БПЛА имеет в составе бортового оборудования устройства, чувствительные к внешнему электромагнитному излучению большой мощности. БПАК имеет в составе большое количество радиоэлектронного оборудования. При подготовке к выполнению полётов необходимо убедиться в отсутствии мощных источников радиоизлучения на маршруте полёта БПЛА и в зоне взлёта/посадки.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЁТОВ БЛИЖЕ 1000 М ОТ МОЩНЫХ РАДИОИЗЛУЧАТЕЛЕЙ. ТАКИХ КАК: РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ, СТАНЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ, МОЩНЫЕ УЗЛЫ РАДИОСВЯЗИ, ТРАНСЛЯЦИОННЫЕ ЦЕНТРЫ, ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, КОТОРЫЕ МОГУТ СОЗДАТЬ ПОМЕХИ В РАБОТЕ ОБОРУДОВАНИЯ БПЛА И НСК.



3. ПОДГОТОВКА К ПОЛЕТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ « »

Все узлы и модули БПЛА UAV Perun MAX унифицированы и позволяют осуществлять замену на аналогичные компоненты аппарата этой версии. Для сборки БПЛА не требуется использовать какой-либо вспомогательный инструмент.

Убедитесь в отсутствии механических повреждений и трещин на корпусе БПЛА, его лонжеронах, лопастях, АКБ, антеннах и кабелях.

3.1. Проверка аккумуляторов и и а питания

Перед каждым взлетом БПЛА необходимо проверять напряжение каждой АКБ, которую планируется использовать. Для оценки состояния заряда АКБ необходимо использовать тестер АКБ, позволяющий измерить общее напряжение батареи и напряжение на каждой отдельной ячейке, чтобы проверить АКБ на соответствие допустимым значениям напряжения.

Допустимые значения напряжения:

АКБ конфигурации 9S:

- минимальное рабочее напряжение* — 36,9 В;
- напряжение полностью заряженной батареи — 37,8 В.

АКБ конфигурации 18S (см. «Bat Voltage (V)» в Mission Planner / QGroundControl (МП/QGC)):

- минимальное рабочее напряжение* — 73,8 В;
- напряжение полностью заряженной батареи — 75,6 В.

АКБ конфигурации 6S:

- минимальное рабочее напряжение* — 24,6 В;
- напряжение полностью заряженной батареи — 25,2 В.

АКБ конфигурации 3S:

- минимальное рабочее напряжение* — 12,3 В;
- напряжение полностью заряженной батареи — 12,6 В.

* — Такой уровень напряжения является минимально допустимым для начала миссии. Взлет при более низком значении возможен, однако в этом случае ожидается снижение дальности, продолжительности полёта и общего запаса энергии АКБ по сравнению с расчётными значениями.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ПЕРЕД ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ПРОВЕРЬТЕ КАЖДУЮ АКБ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ВЗДУТИЯ, СЛЕДЫ НАГРЕВА, УТЕЧКУ ЭЛЕКТРОЛИТА ИЛИ ВИДИМЫЕ ДЕФЕКТЫ; В СЛУЧАЕ НАЛИЧИЯ ТАКИХ ПРИЗНАКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКБ ЗАПРЕЩЕНО.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ: ИСПОЛЬЗОВАТЬ АКБ РАЗНОЙ ЕМКОСТИ, НАПЯЖЕНИЯ ИЛИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В ОДНОЙ ПАРЕ.

Напряжение на каждой отдельной ячейке должно находиться в пределах 3,1 – 4,2 В. АКБ конфигурации 9S с напряжением менее 27 В, 18S – менее 54 В, 6S — менее 18 В, к эксплуатации не допускаются.



3.1.1. Проверка свободного места на картах памяти модуля DVR БПЛА и FPV-очков

Подключите каждую карту памяти к компьютеру и проверьте объем свободного места. Объем свободного места должен составлять не менее 5 ГБ. В случае недостатка места переместите видеозаписи с карт памяти в хранилище компьютера.

3.2. Сборка БПЛА « ».

Сборка БПЛА — это процесс перевода аппарата из транспортного положения в рабочее путем сборки и фиксации элементов конструкции 1–6 (рис. 2) и проверки его готовности к запуску.

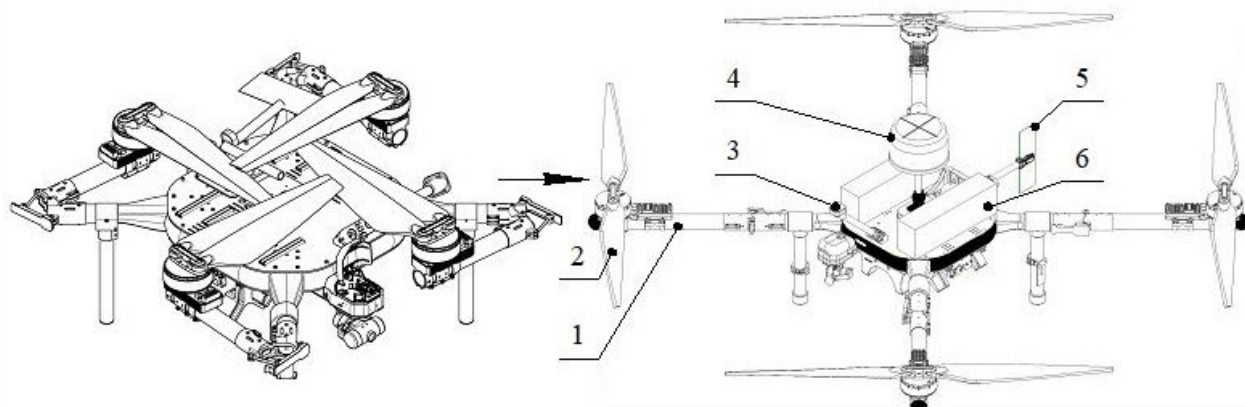


Рисунок 2. Элементы БПЛА, требующие сборки

1 – Лучи, 2 – Лопасти, 3 – Магнитометр, 4 – GNSS-антенна, 5 – Антенна радиосвязи, 6 – АКБ.

3.2.1. Развертывание и фиксация лучей

Снять транспортировочные фиксаторы лопастей. Разворачивать подвижные части лопастей 5 (рис. 3) в рабочее положение до обеспечения соосности подвижной части каждой лопасти 5 и её неподвижной части 1. Правильное позиционирование фиксирующего узла следует обеспечить посредством полного механического упора подвижной части механизма складывания луча 4 к неподвижной части 2 без люфта между ними.

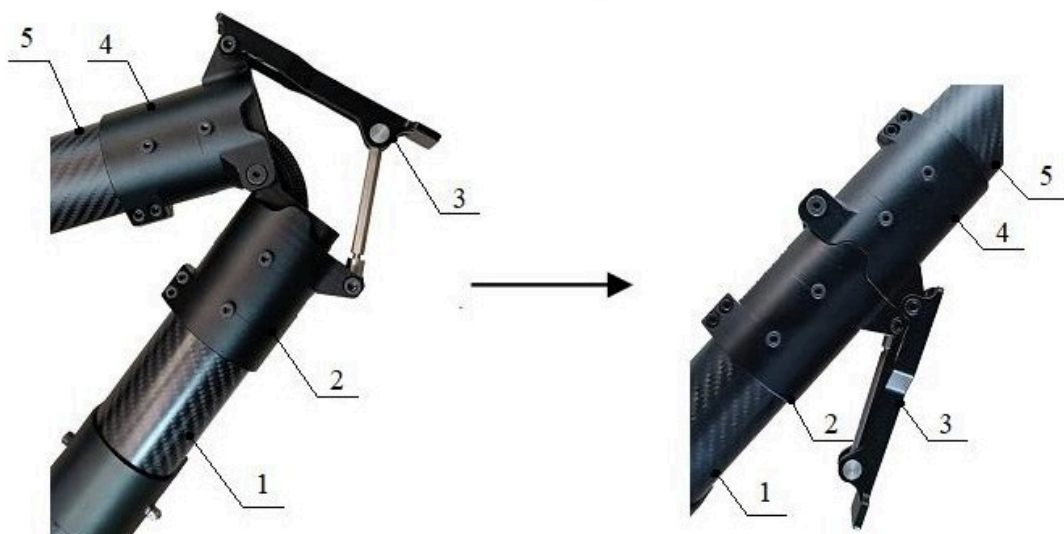


Рисунок 3. Положение луча перед фиксацией



1 — Неподвижная часть луча, 2 — Неподвижная часть механизма складывания луча, 3 — Ручка механизма складывания, 4 — Подвижная часть механизма складывания луча, 5 — Подвижная часть луча.

ВНИМАНИЕ: НЕ ПРИЛАГАЙТЕ ЧРЕЗМЕРНЫХ УСИЛИЙ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ЛУЧЕЙ.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ЕСЛИ ДЛЯ РАЗЛОЖЕНИЯ В КРАЙНЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТРЕБУЕТСЯ ПРИЛОЖИТЬ УСИЛИЕ, СЛЕДУЕТ ПРОВЕРИТЬ, НЕ ЗАЖАТ ЛИ КАБЕЛЬ ПИТАНИЯ МОТОРА ВНУТРИ ЛУЧА.

Зафиксируйте луч ручкой механизма складывания 2 (рис. 4), доведя её до положения полной фиксации. Достижение этого положения должно сопровождаться характерным звуком фиксации и исключать обратный ход без дополнительного усилия.



Рисунок 4. Замкнутый механизм складывания

1 — Неподвижная часть механизма складывания луча, 2 — Ручка механизма складывания, 3 - Подвижная часть механизма складывания луча, 4 - Подвижная часть луча, 5 - Крепежный ремень.

После фиксации на механизм складывания наложить крепежный ремень 5, который дополнительно удерживает луч в зафиксированном разложенном положении во время вибраций или перегрузок БПЛА в полете.

Проведите контроль положения лонжеронов в соответствии со следующими критериями:

- геометрическая точность балок: визуально проверить каждую балку на наличие перекосов, изгибов или деформаций;
- симметричность расположения: измерить расстояния от центра корпуса до торцов лопастей или центров двигателей с помощью натянутой нити для проверки одинаковости длин по диагоналям.

3.2.2. Раскрытие лопастей

Равномерно, с небольшим усилием, разверните лопасти до полного раскрытия, то есть до угла 180° между ними. Лопасти на всех двигателях должны



располагаться в одной плоскости, допустимое угловое отклонение между плоскостями лопастей соседних двигателей должно составлять не более 3°. После разворачивания лопастей проверьте правильное направление их вращения (CW/CCW).

Затяжку следует производить без чрезмерного усилия, соблюдая равномерность затяжки. Запрещается затягивать лопасти намертво, это приводит к повышенной вибрации.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПОВРЕЖДЕННЫЕ ЛОПАСТИ. ИХ РАЗРУШЕНИЕ ПОД НАГРУЗКОЙ ПРИВОДИТ К ПОТЕРЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЗАПУСКАТЬ ДВИГАТЕЛИ С НЕРАЗЛОЖЕННЫМИ, ЗАТЯНУТЫМИ ДО УПОРА ИЛИ НЕРАВНОМЕРНО НАТЯНУТЫМИ ЛОПАСТЯМИ. ЭТО МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ВИБРАЦИЯМ И ВЫХОДУ АППАРАТА ИЗ СТРОЯ.

Перед каждым полетом БПЛА оператор должен проверить:

- отсутствие трещин, сколов, вмятин или других повреждений на лопастях из композитных материалов и двигателях;

- равномерность затяжки узлов крепления лопастей. Момент затяжки должен обеспечивать свободное и симметричное сведение и разведение лопастей вручную без чрезмерного усилия. Это необходимо для правильного автоматического выравнивания лопастей под действием центробежной силы во время полета.

3.2.3. Развертка магнитометра «»

Магнитометр Nematite 3 (рис. 5), реализованный на базе датчика RM3100, выполняет функцию компаса с высокой стабильностью в условиях магнитных помех и низким дрейфом показаний. Данные векторов магнитного поля (X, Y, Z) передаются в полетный контроллер БПЛА для обработки и коррекции курса и ориентации аппарата. Ось X прибора должна быть направлена вперед по отношению к корпусу БПЛА.

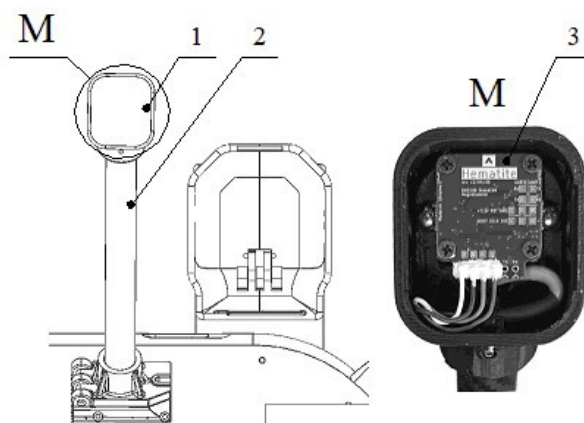


Рисунок 5. Магнитометр Nematite в защитном корпусе

1 — Защитный корпус магнитометра Nematite на БПЛА, 2 — Мачта, 3 — Магнитометр Nematite.

При подготовке к полёту следует поднять мачту 3 (рис. 6) магнитометра и зафиксировать её вручную барашковой гайкой 1 без чрезмерного усилия.



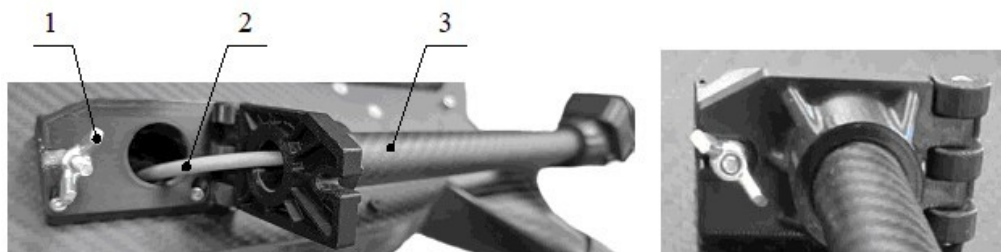


Рисунок 6. Крепление мачты магнитометра Nematite

1 — Баранка, 2 — Кабель питания, 3 — Мачта.

Во время сборки необходимо следить, чтобы кабель питания 2 или посторонние предметы не попали между элементами механизма фиксации магнитометра.

Магнитометр Nematite является высокоточным навигационным прибором, поэтому следует исключить любое механическое, радиоэлектронное, магнитное или иное внешнее воздействие, которое может привести к нарушению его работы или выходу из строя.

Калибровку магнитометра следует выполнять в соответствии с разделом 8.9.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЛЮБОЙ ИНСТРУМЕНТ ПРИ СБОРКЕ ИЛИ РАЗБОРКЕ МЕХАНИЗМА СКЛАДЫВАНИЯ МАГНИТОМЕТРА.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ДЕМОНТИРОВАТЬ МАГНИТОМЕТР ИЗ ЗАЩИТНОГО КОРПУСА 1 (РИС. 5) ИЛИ ВЫПОЛНЯТЬ ЛЮБЫЕ РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ С НИМ.

3.2.4. Установка GNSS-антенны

GNSS-антенна, обеспечивающая стабильный прием сигналов спутниковой навигации и оснащенная алгоритмами защиты от спуфинга координат.

Частоты системы GPS:

L1: 1575,42 МГц;

L2: 1227,60 МГц (частота аналоговой видеосвязи 1200, 1240, согласно разделу 8.1.3, создает помехи и мешает корректной работе этого диапазона);

L3: 1381,05 МГц;

L5: 1176,45 МГц (частота аналоговой видеосвязи 1160, согласно разделу 8.1.3, мешает корректной работе этого диапазона).

Визуально убедитесь в отсутствии механических повреждений GNSS-антенны UNA-3 (рис. 7). Поднимите мачту 2 (рис. 8) модуля в вертикальное положение и зафиксируйте её пластиковой накидной гайкой 1 без использования инструментов.





Рисунок 7. GNSS-антенна UNA-3

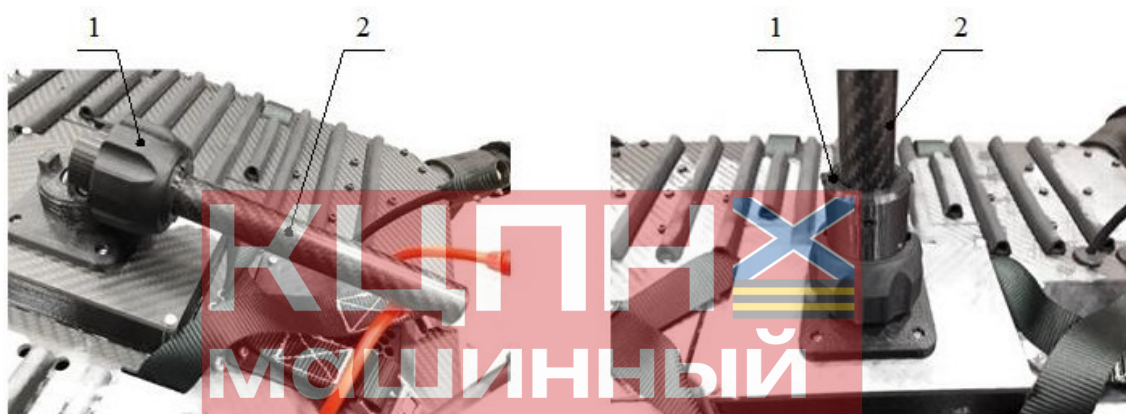


Рисунок 8. Фиксация мачты в вертикальном положении

1 — Накидная гайка, 2 — Мачта.

Соедините замки разъемов GX12 (4-контактный) (рис. 9) мачты 2 и GNSS-антенны UNA-3, зафиксируйте замок разъема 2 металлической гайкой 1 и затяните её вручную с достаточным усилием, чтобы исключить самопроизвольное раскручивание во время полёта.



Рисунок 9. Соединение разъемов GX12 (4-

контактный): 1 – Металлическая гайка; 2 – Замок разъема.

Наденьте GNSS-антенну UNA-3 на мачту до упора и дополнительно зафиксируйте пластиковой гайкой модуля, также без чрезмерного усилия (рис. 10).





Рисунок 10. Установленная GNSS-антенна UNA-3

Примечание: Все гайки затягиваются вручную с «достаточной, но не чрезмерной» силой, чтобы избежать повреждения резьбы или корпуса.

Особенности эксплуатации зимой — для предотвращения обледенения верхней части антенны UNA-3 при отрицательной температуре окружающей среды рекомендуется обрабатывать верхнюю часть антенны UNA-3 силиконовой смазкой или другим невысыхающим смазочным материалом. Ледяная корка на поверхности UNA-3 может снижать эффективность приема GNSS-сигналов и количество доступных спутников.

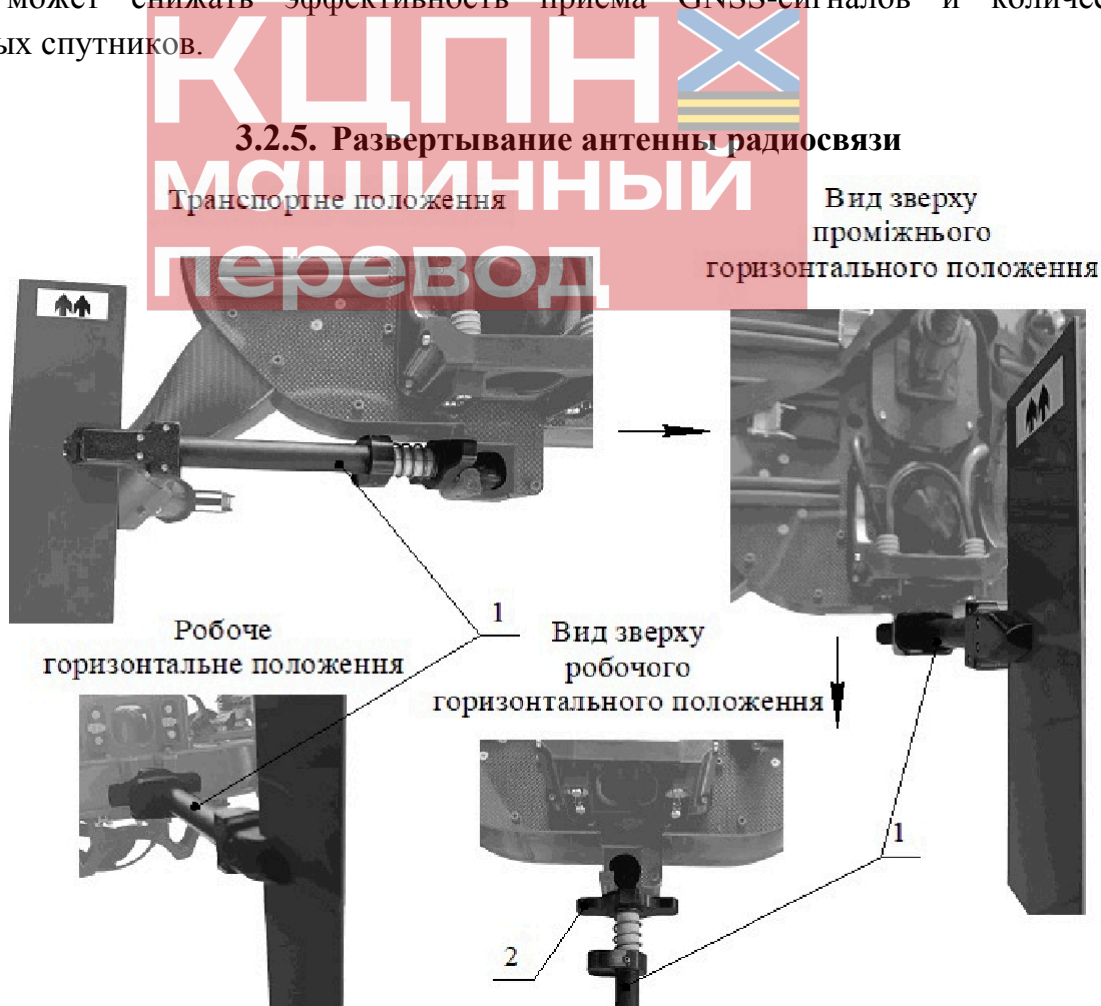


Рисунок 11. Развертывание антенны радиосвязи



1 – Антенна радиосвязи на мачте, 2 – Пятая часть механизма блокировки складывания антенны радиосвязи.

Проверьте антенну радиосвязи на мачте 1 (рис. 11) и механизм блокировки складывания антенны на борту БПЛА на наличие видимых повреждений.

Поверните антенну радиосвязи на мачте 1 на 90° по часовой стрелке в вертикальное положение. Отодвиньте пята механизма блокировки складывания антенны радиосвязи 2 и поверните антенну радиосвязи на мачте 1 на 90° вниз. Отпустите механизм блокировки в рабочее положение. Проверьте фиксацию антенны в горизонтальной плоскости.

Антенна радиосвязи Sine.link обеспечивает стабильную радиосвязь между БПЛА и НСК. Работает в диапазоне частот 500–1010 МГц, заданном в программе LinkApp, в соответствии с разделом 8.11.2 (рис. 104).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ РАДИОМОДЕМ SINE.LINK БЕЗ ШТАТНОЙ АНТЕННЫ РАДИОСВЯЗИ SINE.LINK, С ПОВРЕЖДЕННОЙ ИЛИ НЕСОВМЕСТИМОЙ АНТЕННОЙ, А ТАКЖЕ С ПОВРЕЖДЕННЫМ ИЛИ ОТСОЕДИНЕННЫМ КАБЕЛЕМ. ЭТО ПРИВОДИТ К ВЫХОДУ ПЕРЕДАТЧИКА ИЗ СТРОЯ.

Мачта антенны радиосвязи изготовлена из полимерного материала для предотвращения её экранирования.

3.2.6. Установка АКБ на платформу БПЛА

Разместите АКБ параллельно друг другу и выровняйте их по центру платформы с учетом отверстий для фиксирующих ремней (рис. 12). Раздвиньте ремни в стороны, чтобы избежать попадания под АКБ.

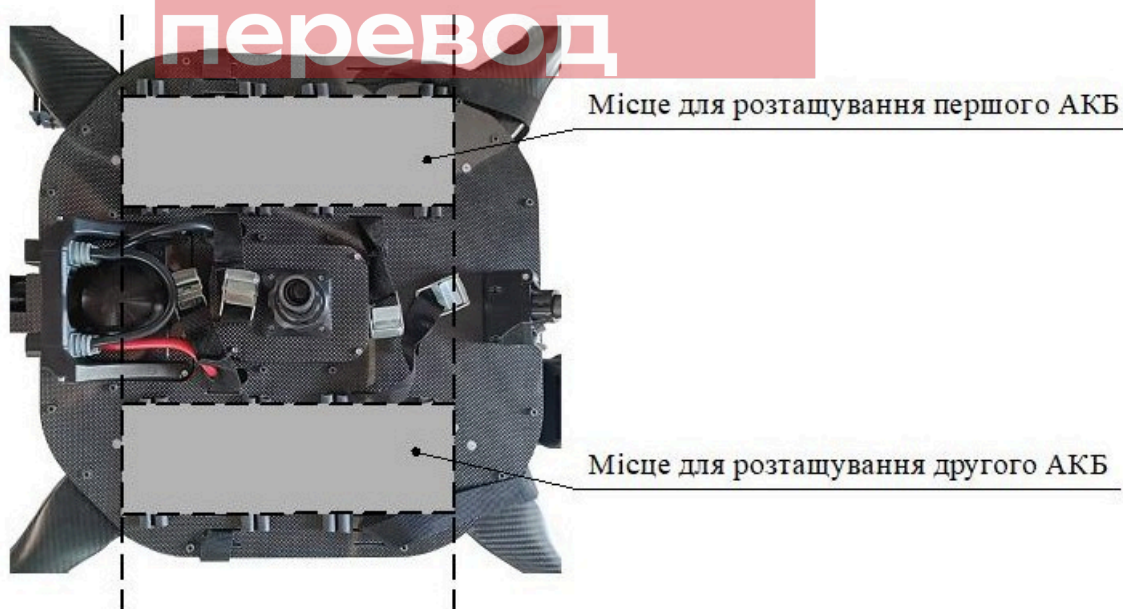


Рисунок 12. Места расположения двух АКБ на платформе

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ПЕРЕД ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ПРОВЕРЬТЕ КАЖДУЮ АКБ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ВЗДУТИЯ, СЛЕДЫ НАГРЕВА, УТЕЧКУ



ЭЛЕКТРОЛИТА ИЛИ ВИДИМЫЕ ДЕФЕКТЫ; ПРИ НАЛИЧИИ ТАКИХ ПРИЗНАКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКБ ЗАПРЕЩЕНО.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ: ИСПОЛЬЗОВАТЬ АКБ РАЗНОЙ ЕМКОСТИ, НАПЯЖЕНИЯ ИЛИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В ОДНОЙ ПАРЕ.

Перед фиксацией проверьте правильность размещения АКБ относительно центра масс платформы. Фиксация АКБ выполняется с максимальным допустимым усилием. Пряжки 1 должны располагаться на верхнем ребре АКБ, а свободные концы ремня 2 — под ремнем или быть прикреплены к контактной ленте (застежке-липучке) без натяжения (рис. 13).

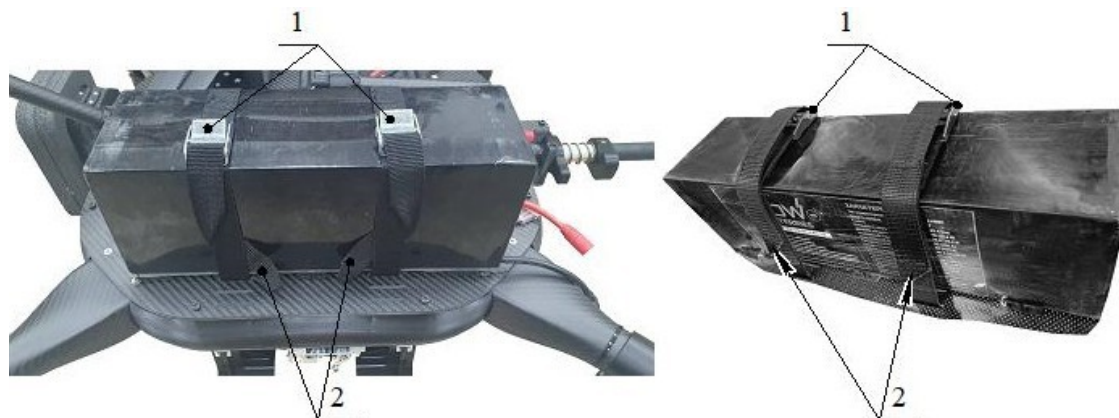


Рисунок 13. Фиксация АКБ на БПЛА

1 — Пряжка, 2 — Свободный конец ремня.

При правильном закреплении — при движении АКБ должен двигаться и

аппарат. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: НЕПРАВИЛЬНО УСТАНОВКА

ВЫЗВАТЬ АКБ МОЖЕТ
ВИБРАЦИИ, СДВИГ ЦЕНТРА МАССЫ И
ЧРЕЗМЕРНАЯ НАГРУЗКА НА КОНСТРУКЦИЮ БПЛА.

3.2.7. Осмотр БПЛА перед вылетом

Перед выполнением полёта необходимо провести внешний осмотр и техническую проверку основных узлов БПЛА:

- Осмотреть конструкцию аппарата на наличие повреждений: трещин, пробоин, деформаций;
- Проверить затяжку лопастей двигателей в соответствии с разделом 3.2.2;
- Оценить состояние механизмов складывания лопастей. Лопасты БПЛА должны быть полностью разложены и зафиксированы. Механизм фиксации должен быть защелкнут, фиксация сопровождается характерным щелчком. Крепежные ремни, дополнительно фиксирующие лопасти в разложенном состоянии, должны быть надежно затянуты. Наличие люфтов или неполная фиксация являются основанием для запрета на полет до устранения неисправности;
- Проверить целостность и надежность крепления:
 - GNSS-антенны;
 - магнитометра;



- антенны радиосвязи;
- ремешков фиксации АКБ.
- Снять транспортировочный футляр с гиросtabilизированного подвеса и проверить его. Он должен свободно двигаться по всем осям. Люфты и отсутствие крепежных элементов недопустимы;
- Оценить состояние тепловизионной камеры. Снять защитную крышку, проверить отсутствие загрязнений на объективе. При необходимости очистить линзу сухой безворсовой тканью.

3.2.8. Подключение АКБ к БПЛА « »

Подключать АКБ к БПЛА следует непосредственно на месте взлета (ЗПМ). Если предварительное подключение необходимо для настройки НСК и аппарата, по завершении обязательно отключите питание, переместите БПЛА к ЗПМ и подключите АКБ повторно.

ВНИМАНИЕ: ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВКЛЮЧЕННОГО БПЛА СТРОГО ЗАПРЕЩЕНО, ЭТО МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ОШИБКИ В СИСТЕМЕ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПРИВЕСТИ К ПЕРЕВОРОТУ АППАРАТА ВО ВРЕМЯ ВЗЛЕТА ИЛИ НЕКОРРЕКТНОЙ РАБОТЕ В ПОЛЕТЕ.

Перед подключением обеих АКБ проверьте их напряжение в соответствии с разделом 3.1. Последней подключайте АКБ с более низким уровнем заряда.

Убедитесь, что аккумуляторные батареи установлены параллельно и симметрично по центру верхней платформы БПЛА. Подключите АКБ к аппарату, соединив разъемы QS10 1 (рис. 14) с соответствующими разъемами на корпусе БПЛА. Проверьте надежность соединения и отсутствие смещения АКБ в фиксирующих ремнях.



Рисунок 14. Разъемы АКБ

1 – Разъем QS10, 2 – Балансировочный разъем (используется во время зарядки и для контроля напряжения АКБ).

ВНИМАНИЕ: ПОДКЛЮЧЕНИЕ АКБ ВЫПОЛНЯЙТЕ ТОЛЬКО ПОСЛЕ ПРОВЕРКИ ПОДКЛЮЧЕНИЙ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ.



ВНИМАНИЕ: ПОДКЛЮЧЕНИЕ АКБ ВЫПОЛНЯЙТЕ ТОЛЬКО ПОСЛЕ СНЯТИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЧЕХЛА С ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПОДВЕСКИ.

ВАЖНО: ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ АППАРАТА К АКБ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВСТАВЛЯТЬ РАЗЪЕМЫ НЕ ДО КОНЦА. РАЗЪЕМЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ВСТАВЛЕНЫ НАИБОЛЕЕ ПЛОТНО.

3.3. Развертывание НСК

Соедините компоненты наземной станции управления в два отдельных узла: модуль управления цифровым видеопотоком и модуль аналогового видеопотока. Подключение следует выполнять в соответствии со схемами, указанными в руководстве. Все соединения должны быть надежно зафиксированы и проверены на работоспособность до начала полетного задания. Ретрансляторы располагать на расстоянии не менее 1,5 м друг от друга и ориентировать их антенны в направлении вектора полета БПЛА.

3.3.1. Подключение компонентов модуля управления и цифрового видеопотока



Рисунок 15. Модуль управления и цифрового видеопотока

1 – Катушка радиоретранслятора, 2 – АКБ 6S, 3 – ПДК, 4 – Ноутбук, 5 – Монитор с функцией DVR, 6 – АКБ 3S, 7 – Очки FPV, 8 – Блок радиоретранслятора, 9 – Антенна радиоретранслятора (логопериодическая дипольная антенна 1 800 – 2 400 МГц Rx, ширина луча 25°), 10 – Тренога с мачтой.



Установите треногу с мачтой 10 (рис. 15) радиоретранслятора в устойчивое вертикальное положение. Закрепите блок радиоретранслятора 8 на мачте таким образом, чтобы выносная антенна радиоретранслятора 9 была ориентирована в направлении запланированного маршрута. Установите антенну на высоте, достаточной для обеспечения радиогоризонта. Для разложения антенны цифрового видео оттяните пятку механизма блокировки и разверните антенны управления и цифрового видеопотока параллельно друг другу. Отпустите механизм блокировки в рабочее положение. Проверьте фиксацию антенн в горизонтальной плоскости и их параллельность. В зависимости от условий местности рекомендуемая высота составляет от 2 до 6 метров.

Подключите Ethernet-кабель от катушки радиоретранслятора к модулю Etherlink (рис. 16, А) и USB-кабель от разъема USB-C на модуле Etherlink (рис. 16, В) к разъему USB-A ноутбука 4 (рис. 15).



Рисунок 16. Модуль Etherlink и разъемы Ethernet и USB на ПДК

Для управления БПЛА и видеонаблюдения (цифрового потока) с ноутбука 4 подключите второй Ethernet-кабель от катушки радиоретранслятора 1 к ноутбуку 4.

Примечание: Кабели, указанные в данном разделе, входят в комплект БПЛА. Важно использовать именно эти кабели, особенно USB-кабель, поскольку он гарантированно поддерживает передачу данных.

Для вывода цифрового видео с экрана ноутбука 4 на внешнее устройство отображения используйте HDMI-кабели:

- для просмотра в FPV-очках 7 подключите кабель HDMI от ноутбука 4 к разъему mini HDMI очков;
- для просмотра на мониторе с функцией DVR 5 подключите кабель HDMI между ноутбуком 4 и монитором 5.

Питание FPV-очков 7 осуществляется от АКБ типа 18650, монитора с функцией DVR — от АКБ 6 конфигурации 3S.



3.3.2. Подключение компонентов модуля аналогового видеопотока

Установите треногу с мачтой 7 (рис. 17) видеоретранслятора в устойчивое вертикальное положение. Закрепите антенну видеоретранслятора 6 на мачте таким образом, чтобы она была ориентирована в направлении запланированного маршрута. Установите антенну на высоте, достаточной для обеспечения радиогоризонта. В зависимости от условий местности рекомендуемая высота составляет от 2 до 6 метров.



Рисунок 17. Модуль аналогового видеопотока (резервного)

1 – Катушка видеоретранслятора, 2 – АКБ 6S, 3 – АКБ 3S, 4 – Монитор с функцией DVR, 5 – Очки FPV, 6 – Антенна видеоретранслятора, ширина луча 40°, 7 – Тренога с мачтой.

Для вывода аналогового видео на монитор с функцией DVR 4 подключите кабель RCA – RCA из комплекта БпАК к соответствующим разъемам на панели катушки видеоретранслятора 1. Подключите кабель 3,5 мм – RCA из комплекта монитора к AV-входу монитора. Соедините RCA-разъемы обоих кабелей между собой (папа-мама).

Питание монитора с функцией DVR 4 осуществляется от АКБ 3 конфигурации 3S.

Для просмотра аналогового видео в очках FPV 5 подключите кабель 3,5 мм – RCA из комплекта очков к разъему AV на корпусе очков и к соответствующим разъемам RCA на панели катушки видеоретранслятора 1.

Примечание: штатным считается использование монитора с функцией DVR для подключения к модулю аналогового видеопотока с целью просмотра аналогового видео и телеметрии. Очки FPV применяются в составе модуля управления и цифрового видеопотока для просмотра цифрового видео.



Последовательность подключения ретрансляторов к источнику питания.

Подключите две АКБ конфигурацией 6S к каждой из катушек ретрансляторов через разъемы XT60.

Подсоедините кабели от катушек видео- и радиоретранслятора к соответствующим выносным антеннам ретрансляторов, совместив метки красного цвета на проводах питания и на соответствующих разъемах блоков радиоретрансляторов. Вставьте разъемы до фиксации (щелчка). Кабель катушки должен быть надежно соединен с разъемом ретранслятора, без перекоса или ослабленного контакта. При подъеме антенн ретрансляторов на высоту более 1 м закрепите провода питания вдоль их мачт с помощью изоляционной ленты, чтобы предотвратить их отсоединение от разъемов под собственным весом.

Активируйте кнопки-переключатели на корпусах катушек для питания ретрансляторов. Рабочее состояние ретрансляторов и готовность к передаче сигнала по кабелю подтверждает индикатор, который должен мигать желтым цветом на корпусах катушек.

Настройка OSD-данных, просмотр тепловизионного видео и настройка частоты аналоговой видеосвязи описаны в разделе 8.1. В случае отсутствия аналогового видеосигнала на мониторе с функцией DVR выполните действия в соответствии с разделом 8.1.3.

3.3.3. Процесс инициализации и подключения модуля управления цифровым видеопотоком ()

Убедитесь, что модуль управления и цифрового видеопотока (рис. 15) собран и подключен к источнику питания. Проверьте подключение обоих кабелей, подведенных к ПДК 3. Удерживайте кнопку питания 11 (рис. 24) в течение 3–4 секунд до тех пор, пока не загорятся светодиоды ПДК.

Подключите ПДК к ПО типа MP или QGC (в соответствии с разделами 3.4 или 3.5) и проверьте наличие телеметрии. Появление телеметрических данных свидетельствует об успешном установлении двусторонней связи между ноутбуком (ПДК) и БПЛА. До соединения ПДК с MP или QGC ПДК будет подавать звуковой сигнал о своей готовности.

3.3.3.1. Выбор модели БПЛА

Перед использованием ПДК убедитесь, что выбранная модель БПЛА 2 (рис. 18) соответствует аппарату UAV Perun MAX. В случае несоответствия необходимо активировать модель «PMx-V1», которая должна отображаться в поле 2.

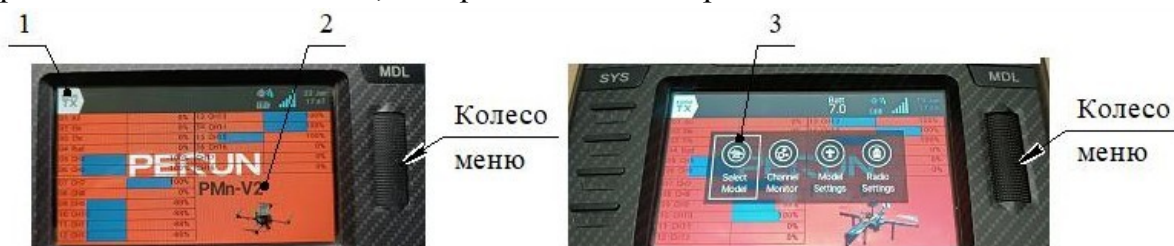


Рисунок 18. Вход в меню выбора модели БПЛА



1 – Кнопка меню, 2 – Название активированной модели ПДК, 3 – Меню выбора модели БПЛА.

Войдите в меню ПДК, нажав кнопку 1 или колесико меню. В меню выбора модели нажмите кнопку 3.

В открывшемся списке выберите модель «PMx-V1» 3 (рис. 19) и подтвердите выбор кнопкой 5.

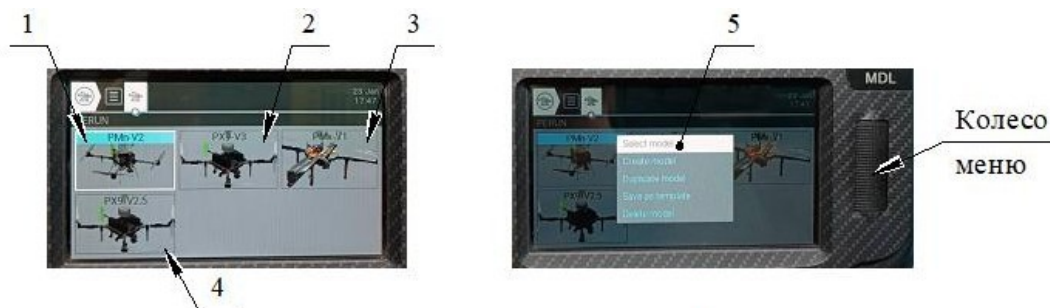


Рисунок 19. Выбор модели БПЛА

1 – PMn-V2 (БПЛА Perun Mini версия 2), 2 – PX9-V3 (БПЛА Perun X-9 версия 3), 3 – PMx-V1 (БПЛА Perun MAX версия 1), 4 – PX9-V2.5 (БПЛА Perun X-9 версия 2.5), 5 – Кнопка выбора модели.

Убедитесь, что в поле 1 (рис. 20) отображается модель «PMx-V1». Это означает, что органы управления ПДК соответствуют управлению БПЛА Perun MAX.

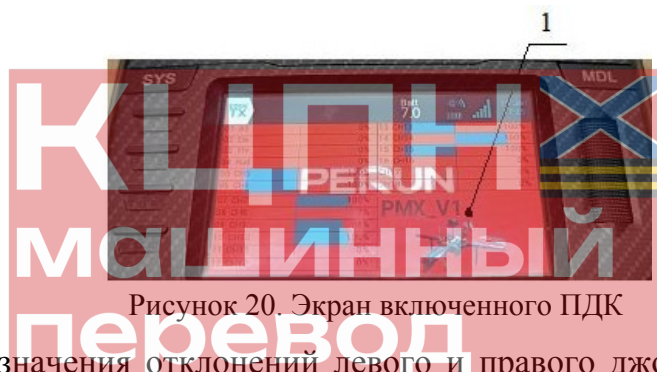


Рисунок 20. Экран включенного ПДК

Проверьте значения отклонений левого и правого джойстиков управления на экране ПДК в каналах: 01 Ail, 02 Ele, 03 Thr, 04 Rud (рис. 20). Все значения должны равняться нулю. Это подтверждает, что джойстики находятся в нейтральном положении. В случае обнаружения отклонений отрегулируйте значения механически и/или выполните калибровку джойстиков.

3.3.3.2. Калибровка ПДК

Перед первым полетом обязательно выполните калибровку ПДК для обеспечения корректного управления БПЛА. Для этого нажмите системную кнопку SYS (рис. 23), чтобы войти в меню настроек. На экране выберите изображение 1 (рис. 21) для перехода в меню «HARDWARE».

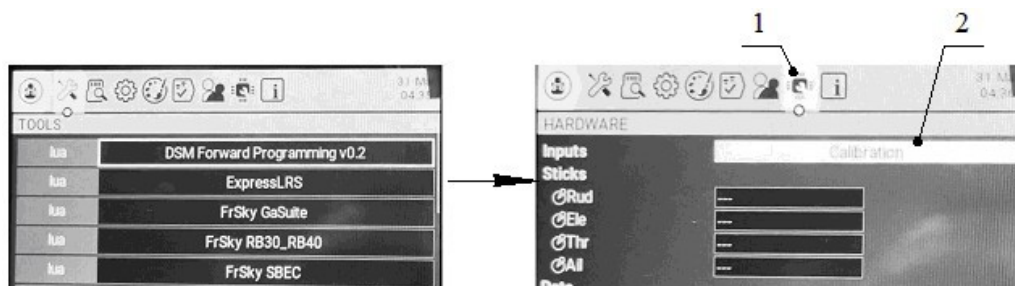


Рисунок 21. Путь открытия меню «HARDWARE» на экране ПДК



1 – Обозначение меню «HARDWARE», 2 – пункт Calibration.

Прокрутите колесико меню (рис. 23) до пункта Calibration 2 (рис. 21) и нажмите на него (колесико меню (рис. 23)), чтобы войти в меню CALIBRATION.

Для начала калибровки ПДК снова нажмите колесико меню. Установите органы управления ПДК 3, 4, 5, 7, 8, 9 в центральное положение и убедитесь, что индикаторы на экране а) (рис. 22) также находятся по центру шкал. Нажмите колесико меню (рис. 23) для сохранения положений, на экране должен появиться экран б) (рис. 22).

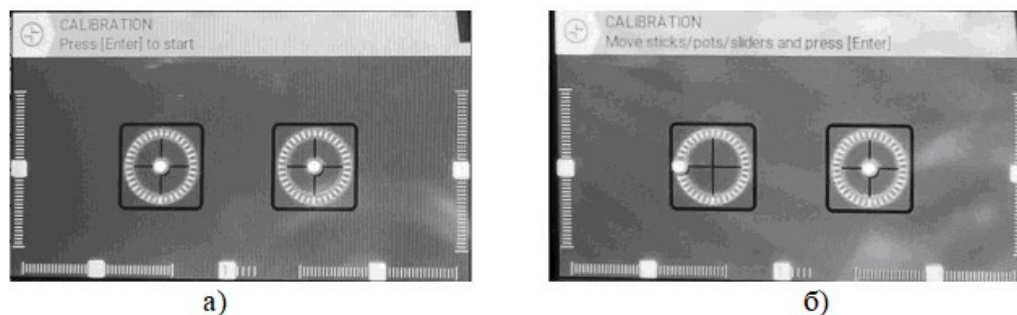


Рисунок 22. Окна меню «CALIBRATION» на экране ПДК

Последовательно переместите каждый орган управления ПДК: левый джойстик, левый ползунок, S1, S2, правый ползунок, правый джойстик (рис. 23) в крайние положения во всех направлениях, по два раза.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: НЕ ВРАЩАЙТЕ ЛЕВЫЙ И ПРАВЫЙ ДЖОЙСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПО КРУГУ. ДОПУСКАЮТСЯ ТОЛЬКО ДВИЖЕНИЯ ВВЕРХ-ВНИЗ И ВЛЕВО-ВПРАВО.

Поочередно нажмите каждую из кнопок выбора ЗУ и убедитесь, что соответствующие индикаторы на экране меняют состояние в соответствии с нажатой кнопкой.



Рисунок 23. Органы управления ПДК, участвующие в калибровке

S1 – Поворотный регулятор наклона объектива камеры, S2 – Поворотный регулятор масштаба отображения видеотрансляции, НЗ – Не задействованный орган управления.



Нажмите колесико меню для завершения калибровки ПДК. На экране ПДК должна появиться надпись «Calibration Completed». Нажмите кнопку возврата для выхода из меню «CALIBRATION».

После завершения калибровки проверьте значения отклонений левого и правого джойстиков управления на экране ПДК в каналах: 01 Ail, 02 Ele, 03 Thr, 04 Rud (рис. 20). Все значения должны равняться нулю. Убедитесь в правильности отклика всех органов управления ПДК в соответствии с функциональным назначением каналов.

3.3.3.3. Описание элементов управления ПДК

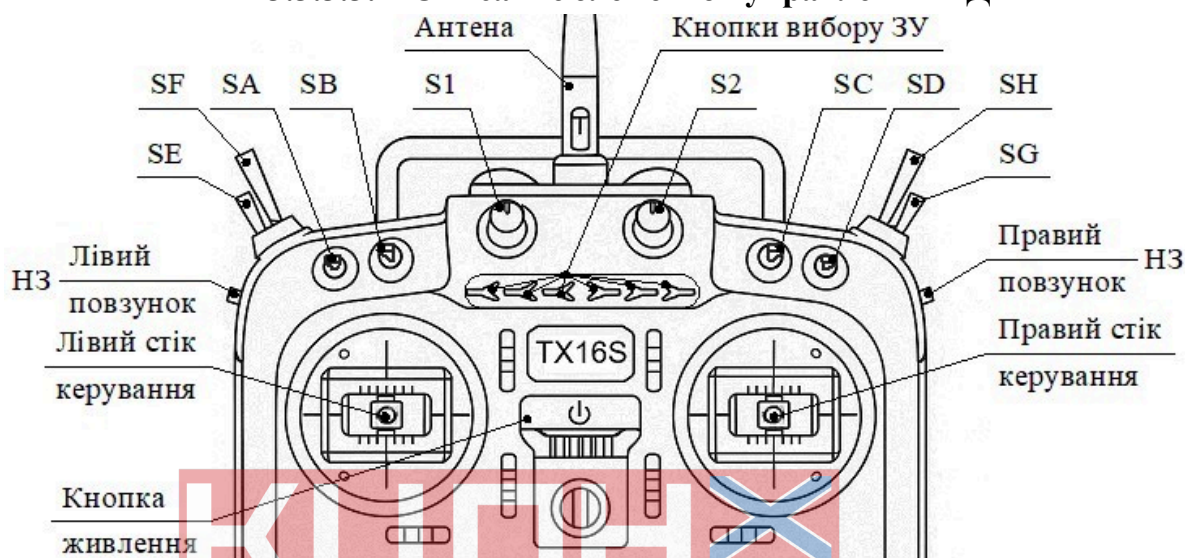


Рисунок 24. Органы управления ПДК

SF — ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный) переключатель, SF — переключатель GPS, SA — переключатель режимов полёта (рис. 70), SB — переключатель режимов полёта (рис. 70), S1 — поворотный регулятор наклона объектива камеры, S2 — поворотный регулятор масштаба отображения видеотрансляции, SC — предохранитель сброса ПЗУ, SD — переключатель VTX аналогового видео, SH — переключатель активации механизма сброса ПЗУ, SG — переключатель DVR, НЗ — Не задействованные органы управления.

Кнопка питания включает и выключает ПДК длительным нажатием (3–4 с).

Левый джойстик управления описан в разделах 4.1 и 4.2.

SE — Переключатель обеспечивает стабилизацию БПЛА с минимальными колебаниями как при полете с ПЗ, так и без него. В крайнем верхнем положении «От себя» активируется режим стабилизации с нагрузкой. В крайнем нижнем положении «К себе» активируется режим стабилизации без ПЗ. Среднее положение сохраняет последний активный режим.

SF — Переключатель GPS включает или выключает источник позиционирования БПЛА. SA, SB — Переключатели режимов полёта описаны в разделе 4.2.

S1 — Поворотный регулятор дистанционно наклоняет объектив камеры БПЛА с помощью сигнала широтно-импульсной модуляции (ШИМ) вертикально вниз в крайнем левом положении цилиндра и поднимает его выше горизонта в вертикальном верхнем положении шкалы цилиндра.



ВНИМАНИЕ: НАПРАВЛЯТЬ КАМЕРУ НА СОЛНЦЕ ЗАПРЕЩЕНО. ЭТО ПРИВЕДЕТ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ТЕРМОВИЗИОННОЙ МАТРИЦЫ.

S2 — Поворотный регулятор обеспечивает управление масштабом отображения цифрового видеосигнала в ПО VLinkApp. Максимальное увеличение (Zoom In) отображения видеотрансляции происходит в крайнем правом положении цилиндра, а стандартное изображение без увеличения — в крайнем левом положении цилиндра.

Примечание: Изменение масштаба этим ползунком влияет как на изображение видео в ПО оператора, так и на локальную запись видео в модуле видеозаписи DVR 15 (рис. 1) на БПЛА.

Кнопки от 1 до 6 без фиксации, со световой индикацией. Позволяют выбрать ЗУ для сброса. Нажатие кнопки сопровождается красным световым сигналом, подтверждающим её активацию и активацию соответствующего ЗУ. Одновременно может быть активирована только одна кнопка из шести и, соответственно, выбрано только одно ЗУ. Нажатие кнопок выбора ЗУ не приводит к сбросу выбранного ЗУ при условии, что переключатели SC и SH находятся в положении «От себя».

SC – Трехпозиционный переключатель с фиксированными положениями. В крайнем верхнем положении «От себя» или среднем положении переключатель блокирует инициирование сброса ЗУ. В крайнем нижнем положении «К себе» позволяет выполнить сброс выбранного ПЗ. Выполняет функцию дополнительного предохранителя от непреднамеренного сброса ПЗ во время работы с ПДК.

ВНИМАНИЕ: ПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ В КРАЙНЕМ ВЕРХНЕМ ПОЛОЖЕНИИ «ОТ СЕБЯ» ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ НА ВСЕМ СРОКЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТА, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ МОМЕНТОВ СБРОСА ПЗ. ЭТО НЕОБХОДИМО, ПОСКОЛЬКУ ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ ОДНА ИЗ КНОПОК ВЫБОРА ЗУ ВСЕГДА ОСТАЕТСЯ АКТИВНОЙ.

SH – Двухпозиционный пружинный переключатель без фиксации положения. Переключение в крайнее верхнее положение «На себя» иницирует непосредственно сброс предварительно выбранной кнопкой выбора ПЗУ, если предохранитель SC находится в крайнем нижнем положении «На себя – Разрешение» (рис. 71).

SD – Трехпозиционный переключатель с фиксированными положениями. Переключатель VTX аналогового видео отвечает за включение (положение «К себе») или выключение (положение «От себя» и среднее положение) с камеры БПЛА в ПО VLinkApp. Рекомендуется активировать видеотрансляцию только в ключевых точках маршрута, например, в зоне сброса ЗУ, для фиксации выполнения БЗ. Во все остальные периоды полёта видеотрансляция аналогового видео должна оставаться выключённой, то есть переключатель должен находиться в верхнем положении, даже при отсутствии подключённого монитора, с целью предотвращения перехвата сигнала или раскрытия позиции оператора противником.



SG – Трехпозиционный переключатель с фиксированными положениями. Переключатель DVR отвечает за запись видеосигнала на карту памяти, установленную в бортовой модуль видеозаписи DVR 15 (рис. 1). В положении «На себя» запись включена. В положениях «От себя» и среднем запись отключена.

НЗ – Органы управления ПДК, не имеющие фиксированного функционала по умолчанию, однако могут быть индивидуально настроены оператором для реализации дополнительных функций в соответствии с задачами конкретной миссии или стандартами экипажа.

Правый джойстик управления описан в разделах 4.2 и 4.6.

БПЛА UAS Perun MAX имеет конфигурацию с подключением ПДК к антенне радиоретранслятора через проводной канал, поэтому антенна ПДК не выполняет функции непосредственной радиосвязи с БПЛА.

Примечание: Назначение команд осуществляется в конфигурационном ПО перед полетом. Рекомендуется фиксировать изменение функционала в соответствующей документации экипажа для предотвращения ошибочных действий во время эксплуатации.

3.4. Запуск Mission Planner

Убедитесь, что ноутбук и ПДК подключены между собой с помощью USB-кабеля (рис. 15) и каждый из них подключен к катушке питания радиоретранслятора кабелями Ethernet; блок питания радиоретранслятора и БПЛА подключены к АКБ; кабель блока питания радиоретранслятора подключен к радиоретранслятору, а кнопка питания на блоке включена. В «Диспетчере устройств» ноутбука откройте вкладку «Порты» и определите название COM-порта, который появился после подключения ПДК к ноутбуку (рис. 25).

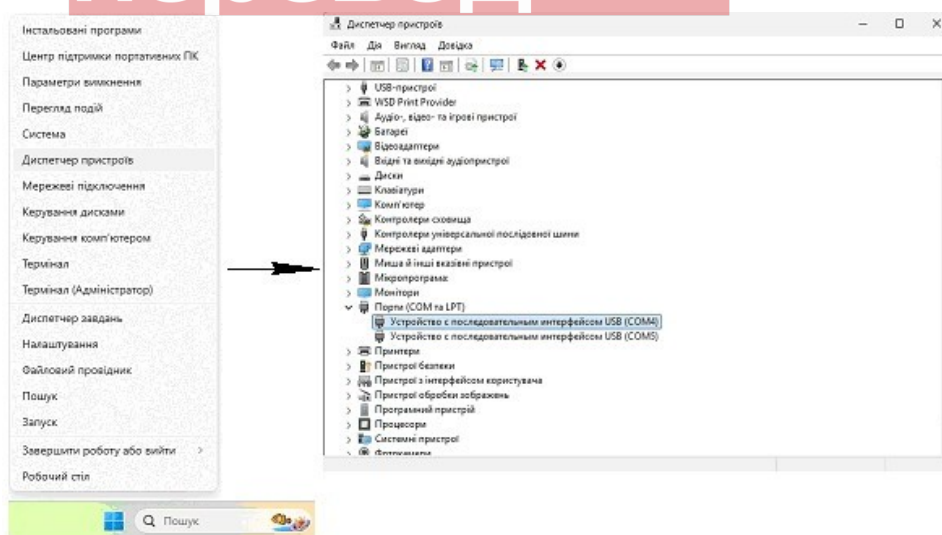


Рисунок 25. Определение COM-порта в «Диспетчере устройств»

Запустите Mission Planner (МП). В правом верхнем углу выберите соответствующий COM-порт 1 (рис. 26), установите скорость соединения 2 — 115200 и нажмите кнопку CONNECT 3.



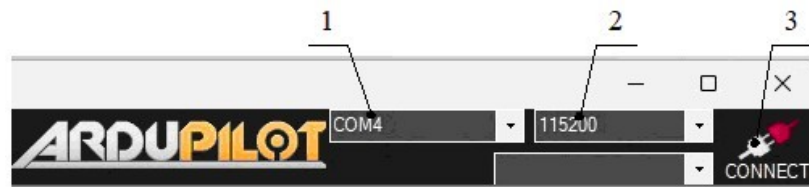


Рисунок 26. Этапы подключения к Mission Planner

1 – Меню портов, 2 – Скорость соединения, 3 – Кнопка соединения МР с полетным контроллером БПЛА.

После инициализации соединения начнётся процесс подключения МР к полетной системе управления. На экране ноутбука отобразится интерфейс загрузки (рис. 27).

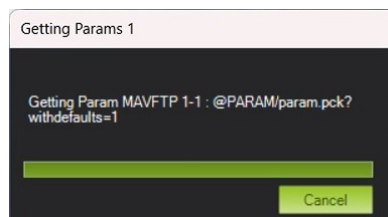


Рисунок 27. Процесс соединения МР с полетным контроллером БПЛА

После успешного подключения в левой части главного окна МР появится телеметрическая информация от полетного контроллера (рис. 28).

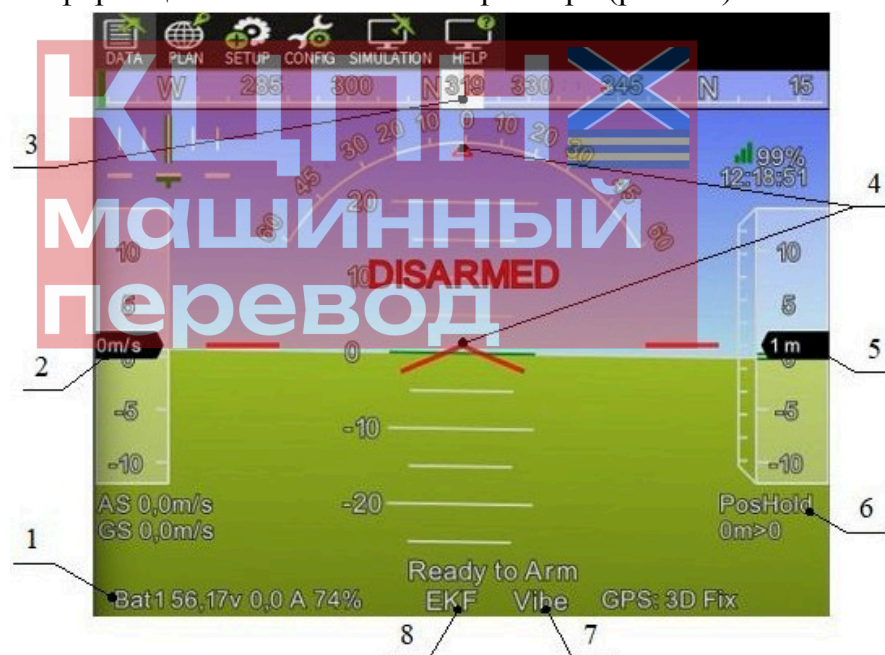


Рисунок 28. Элементы меню DATA в МР

1 – Показатели АКБ, 2 – Скорость полёта БПЛА, 3 – Азимут, 4 – Горизонтальные и боковые углы наклона БПЛА, 5 – Высота, на которой находится БПЛА, 6 – Режим полёта БПЛА, 7 – Показатель вибраций, 8 – Показатель положения, скорости и ориентации аппарата.

3.4.1. Планирование полетной миссии в Mission Planner

По возможности рекомендуется планировать маршрут так, чтобы избежать полёта БПЛА с боковым смещением или в обратном направлении. Такие режимы допускаются лишь на коротких участках из-за повышенного энергопотребления.



При планировании миссии для выполнения боевой задачи после сброса БУ рекомендуется выполнить облет с учетом ширины луча управления 25^0 от антенны радиоретранслятора. Если заряд АКБ позволяет, после сброса БУ облет следует выполнить из соображений безопасности БПЛА. В случае недостаточного заряда АКБ после сброса БУ точку, формирующую облет, следует пропустить в соответствии с рис. 40.

Во вкладке Actions (рис. 29), меню DATA, удалите значение скорости, чтобы оно равнялось нулю, затем установите скорость полёта БПЛА, введя значение в м/с в соответствующее поле. Нажмите кнопку «Change Speed» несколько раз. Во время полёта целесообразно изменять скорость аппарата в соответствии с логикой, изложенной в разделах 4.3, 7.2 и 7.3, для экономии заряда АКБ и увеличения дальности полёта.

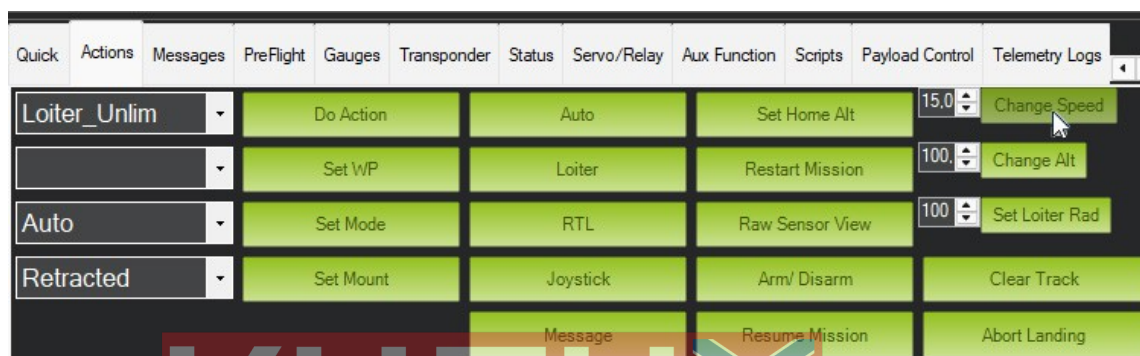


Рисунок 29. Задание скорости полёта БПЛА в МР

Стандартная крейсерская скорость БПЛА составляет 15 м/с. Увеличение скорости возможно при попутном ветре.

Установка точки взлета (Home).

В верхнем меню МР нажмите вкладку PLAN (рис. 30). На свободном поле карты нажмите правой кнопкой мыши и выберите Takeoff.

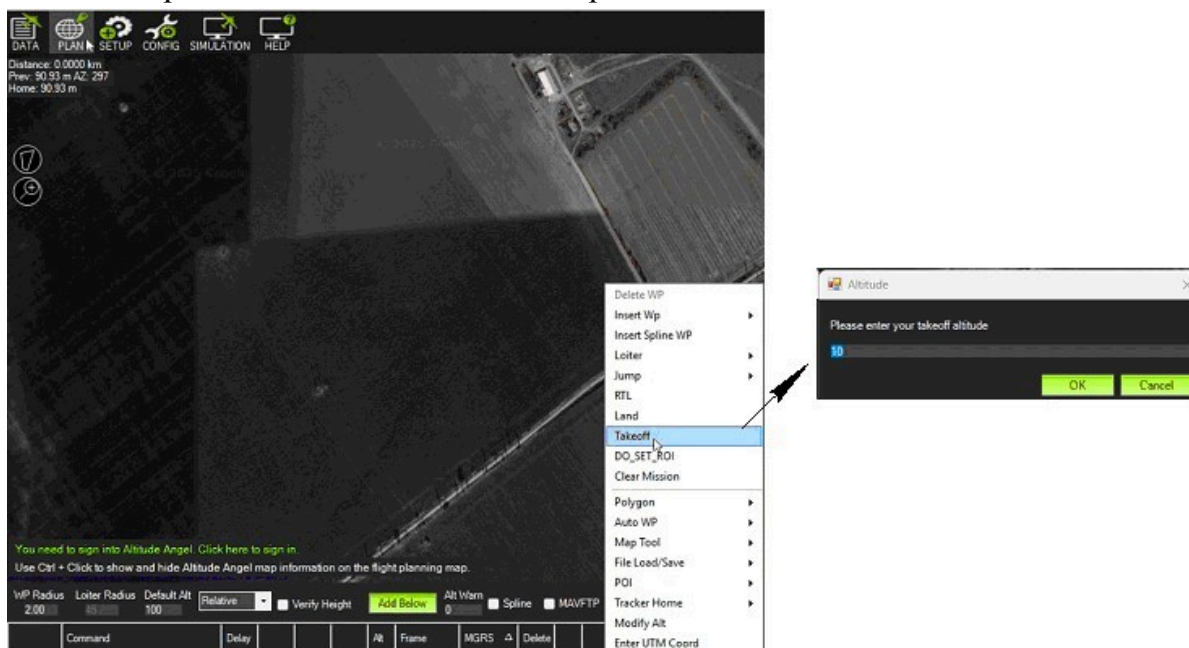


Рисунок 30. Установка первой точки миссии



В окне параметров команды Takeoff укажите высоту начала миссии (в метрах над уровнем запуска). Это означает, что взлет БПЛА осуществляется до заданной высоты, после чего автоматически запускается миссия, запрограммированная в МР. Рекомендуемая высота для начала миссии — не менее 30 м. При выборе высоты необходимо учитывать рельеф в районе взлета, поскольку наличие препятствий может повлиять на радиогоризонт (раздел 8.12).

В результате установки точки Takeoff в месте расположения БПЛА автоматически формируется точка Home 1 (рис. 31).

Далее набор высоты рекомендуется выполнять по глissаде. Вертикальный подъем аппарата приводит к избыточному потреблению энергии от АКБ, создает угрозу для экипажа из-за нахождения АКБ непосредственно над ним и упрощает обнаружение места взлета противником.

Формирование глissады выхода БПЛА на высоту 200 м.

Для создания следующей точки маршрута 2 (waypoint, WP) на свободном поле карты коротко нажмите левой кнопкой мыши.

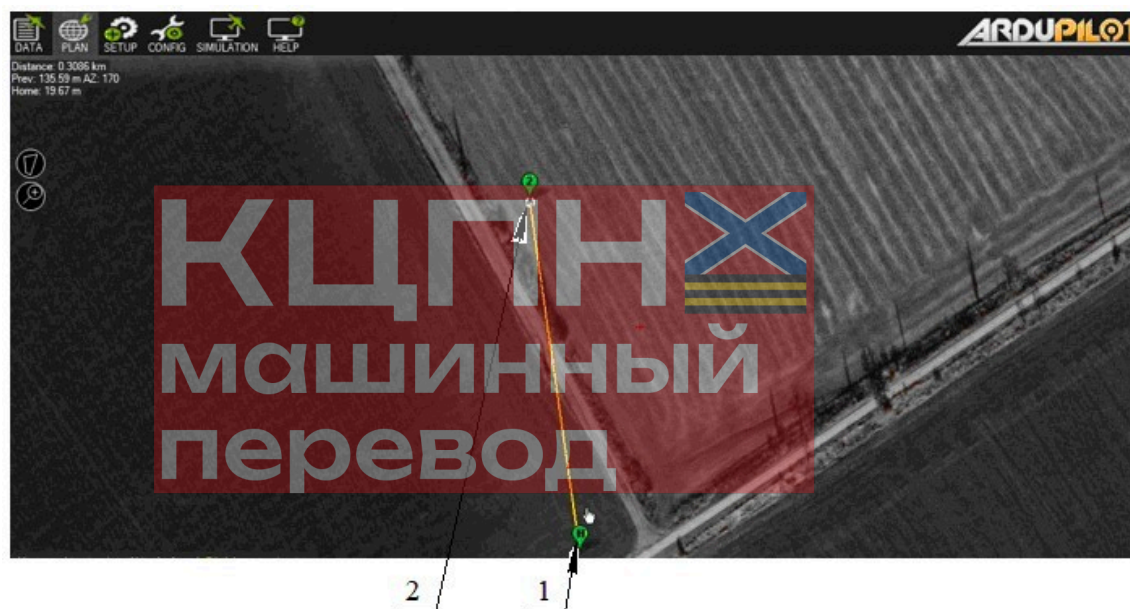


Рисунок 31. Отображение точек маршрута в МР 1

– Точка взлета (Home), 2 – Следующая точка маршрута.

Переместите созданную WP, удерживая левую кнопку мыши, на расстояние 1500 – 2000 м от точки взлета в направлении дальнейшего маршрута. Расстояние между точками Home 1 и WP 2 отображается в столбце 8 таблицы (рис. 32). Для установки высоты WP 2, на которую должен прибыть аппарат, нажмите на её значение в столбце 4 второй строки таблицы и введите 200 м. Длину маршрута между Home 1 и WP 2 следует рассчитывать с учётом глissады: примерно 100 м высоты на каждые 1000 м горизонтального расстояния.

Пример: для набора высоты 200 м дальность маршрута должна составлять 2 000 м, при высоте 150 м — 1 500 м.



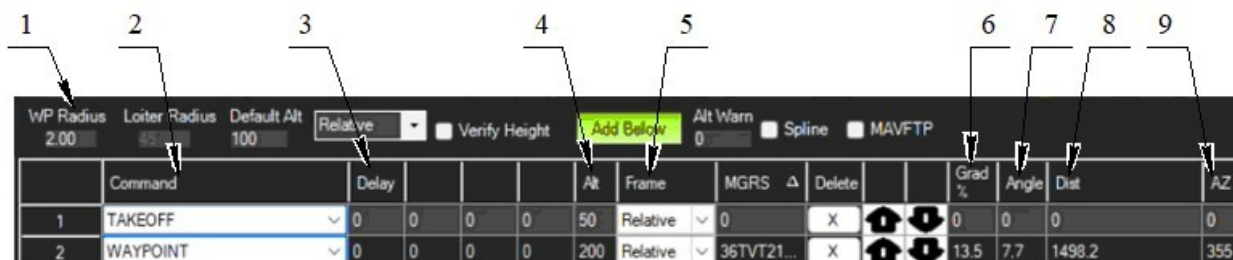


Рисунок 32. Элементы нижнего меню маршрута в МР

1 - Значения, применяемые автоматически при создании новых WP.

2 – Command. Тип команды, выполняемой в соответствующей WP. Основные значения: TAKEOFF — взлет до заданной высоты, WAYPOINT — перелет к указанной точке, RETURN TO LAUNCH (RTL) — автоматическое возвращение БПЛА к точке запуска (Home), DELAY — задержка аппарата в заданной точке на заданное время.

3 – Delay. Время задержки, в течение которого БПЛА остается в точке после ее достижения перед выполнением следующей команды, с.

4 – Alt. Высота выполнения команды, м.

5 – Frame. Система отсчета высоты, где Relative — высота относительно точки запуска (Home).

6, 7 – Grad / Angle. Курс или угол до точки, °.

8 – Dist. Расстояние до WP от предыдущего WP, м.

9 – Az. Азимут от предыдущей WP до текущей WP, °.

Если согласно плану миссии полет должен выполняться по определенному азимуту, WP следует размещать на карте так, чтобы значение азимута в столбце 9 соответствовало заданному направлению.

Примечание: Для удобного размещения WP на расстоянии более 2 км от предыдущей, уменьшите масштаб карты, прокручивая колесико мыши.

Установка и удаление, при необходимости, следующих точек миссии.

Создайте новую WP 3 (рис. 33), переместите её (зажав левую кнопку мыши), контролируя параметры 1.

Для сброса БУ рекомендуемая высота составляет 100 м. Соответственно, для снижения с 200 м до 100 м требуется горизонтальное расстояние 1000–1500 м.

Поэтому WP 3 необходимо расположить так, чтобы до точки сброса ЗУ оставалось не менее 1000 м для постепенного снижения аппарата по глиссаде.

Далее создайте новую WP 4, разместите её на карте в соответствии с логикой миссии, контролируя параметры 2.

При построении сложной миссии дополнительные WP создаются по той же схеме, с учетом:

- постепенного изменения высоты, в пределах прямой видимости радиогоризонта,
- направления полёта (азимута).

Если полет предполагает движение по определенному направлению, точки маршрута необходимо размещать так, чтобы азимут между ними соответствовал заданному курсу.





Рисунок 33. Отображение и параметры WP 3 и WP 4

1 – Параметры WP 3, 2 – Параметры WP 4, 3 – Расположение WP 3, 4 – Расположение WP 4.

Для ориентировки БПЛА в обратном направлении используется алгоритм расчета обратного азимута:

Определите начальный азимут A в градусах от 0° до 360° .

Проверьте диапазон:

если $A < 180^\circ$, то $A' = A + 180^\circ$; если A

$\geq 180^\circ$, то $A' = A - 180^\circ$.

Убедитесь, что результат находится в пределах 0° –

360° . Примеры:

Начальный азимут $70^\circ \rightarrow$ обратный азимут $A' = 70^\circ + 180^\circ = 250^\circ$.

Начальный азимут $210^\circ \rightarrow$ обратный азимут $A' = 210^\circ - 180^\circ = 30^\circ$.

Примечание: Расчет обратного азимута необходим не только для возвращения аппарата, но и для ориентирования в случае потери связи, спуфинга или необходимости аварийного выхода из опасной зоны.

Для создания задержки БПЛА перед выполнением следующего действия необходимо добавить отдельный WP с командой задержки. Для этого необходимо:

- создать новую WP, нажав кнопку Add Below 4 (рис. 34), она добавляет новую WP ниже активной;

- в столбце Command выбрать команду DELAY для созданной WP;
- в столбце Secop указать продолжительность задержки в секундах.



Задержка перед сбросом БПЛА, как правило, используется для обеспечения времени на оценку обстановки с помощью видеотрансляции и корректировки положения аппарата, а также непосредственно для сброса БПЛА в авторежиме или через ПДК, подробнее в разделе 4.4.

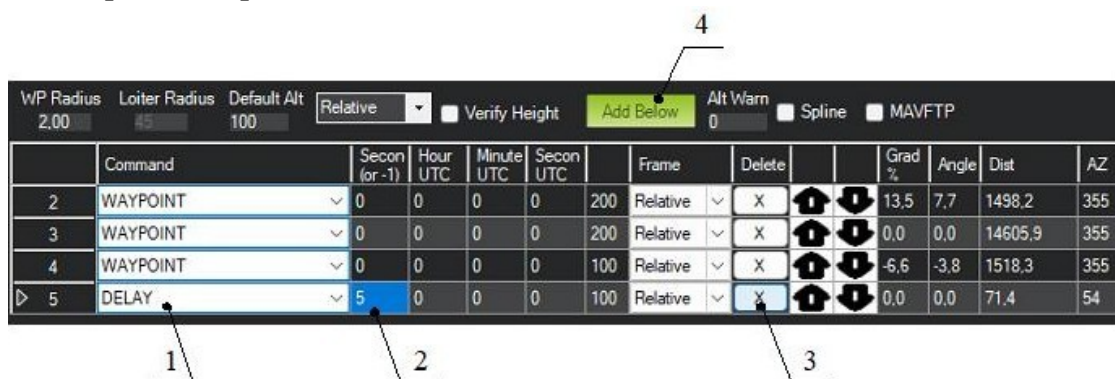


Рисунок 34. Создание и удаление задержки в полете аппарата

1 – Команда задержки БПЛА в точке предыдущего WP, 2 – Заданное количество секунд задержки, 3 – Кнопка удаления соответствующего WP.

Если по ошибке добавлена лишняя WP, её можно удалить, нажав кнопку 3 в столбце Delete напротив соответствующей строки.

Добавление команды на автоматический сброс ЗУ.

Для автоматического сброса ЗУ после задержки (DELAY) необходимо добавить отдельную WP с командой открытия сервопривода, для этого:

- нажмите кнопку Add Below 4 для добавления новой WP ниже активной;

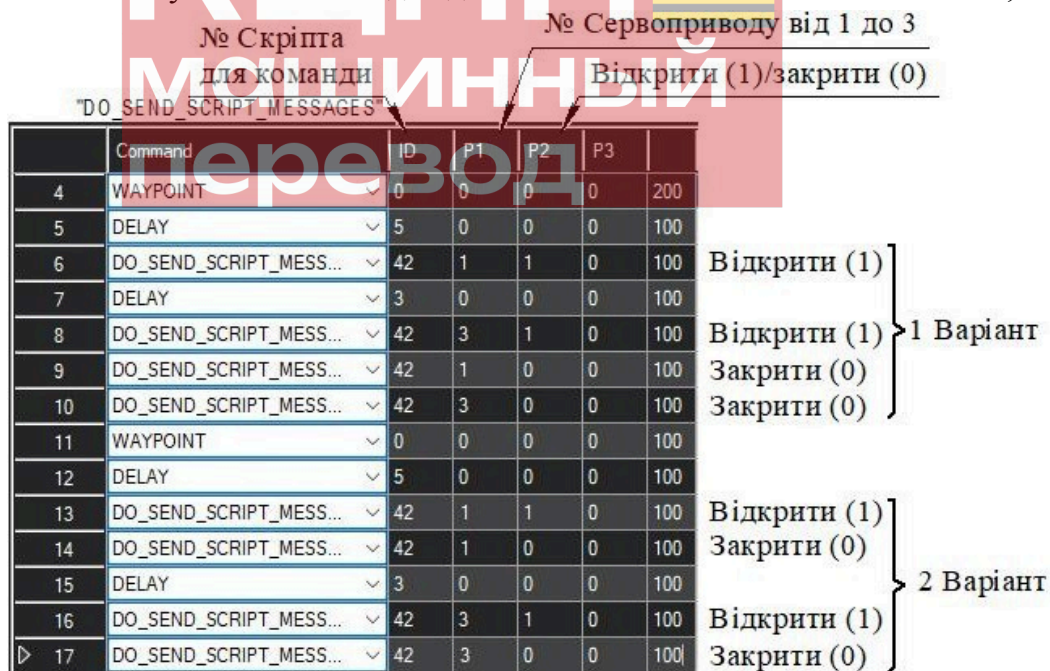


Рисунок 35. Создание команд на открытие и закрытие механизма сброса ПЗ

- в столбце Command выбрать команду DO_SEND_SCRIPT_MESSAGES (рис. 35);
- в столбце ID ввести значение 42 в качестве идентификатора, запрограммированного для управления сервоприводами;



- в столбце P1 укажите номер сервопривода в соответствии с логикой, приведенной в разделе 4.4;
 - в столбце P2 ввести значение 1, которое выдает команду на открытие указанного сервопривода (то есть сброс ПУ).
- Перед каждым сбросом ПУ рекомендуется добавлять задержку от 3 до 5 секунд. Для закрытия сервопривода после сброса ЗУ необходимо:
- Добавить новую WP, нажав Add Below 4;
 - в столбце Command выбрать команду DO_SEND_SCRIPT_MESSAGES;
 - в столбце ID указать значение 42;
 - в столбце P1 указать номер соответствующего сервопривода;
 - в столбце P2 ввести значение 0, которое подает команду на закрытие указанного сервопривода.

Команды на закрытие сервоприводов можно:

- группировать после завершения всех сбросов ПЗ — 1-й вариант;
- или добавлять после каждого сброса — 2-й вариант.

В примере на рисунке 35 в WP4 запрограммировано: задержка 5 с (строка 5), сброс ЗУ1 (строка 6), через 3 с — сброс ЗУ3 (строка 8), после чего — закрытие сервоприводов 1 и 3 (строки 9 и 10).

Формирование глиссады снижения БПЛА с высоты 200 м.

Если обратный полёт БПЛА выполняется на высоте около 200 м, рекомендуется несколько вариантов снижения аппарата, которые позволят обеспечить плавное снижение аппарата по глиссаде перед посадкой.

Первый вариант: установить последний WP на расстоянии примерно 2 000 м от WP Home с высотой 200 м. Для этого необходимо добавить последнюю WP, переместить её на карте так, чтобы значение возле показателя Home 1 (рис. 36) составляло около 2 000 м.

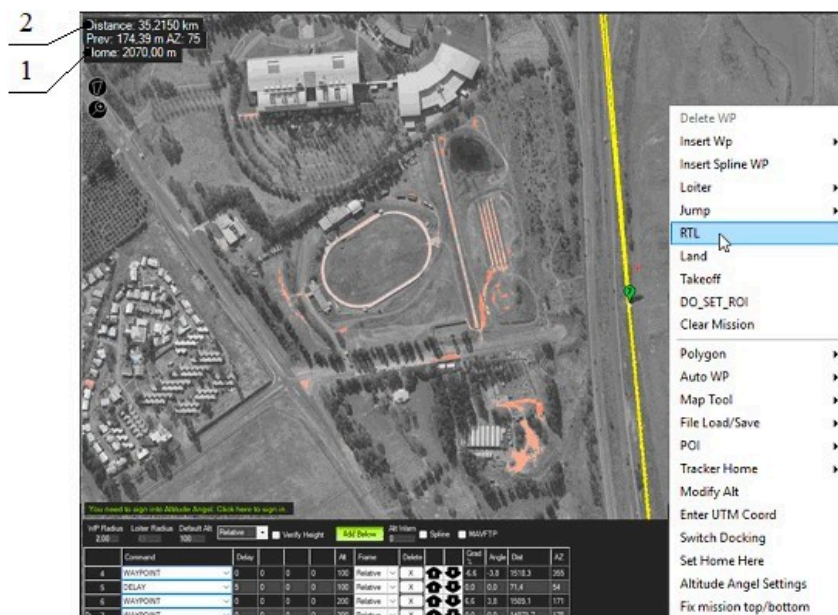


Рисунок 36. Выбор команды RTL



1 – Расстояние от активной WP до точки взлета (Home), 2 – Общая протяженность маршрута от точки взлета (Home) до активной WP.

Второй вариант: установить последнюю WP над WP Home на высоте 30 м. Для этого необходимо добавить последнюю WP, переместить её на карте так, чтобы значение рядом с индикатором Home 1 составляло около 0 м.

После этого щелкните правой кнопкой мыши на свободном поле карты и выберите команду RTL, это задаст автоматический возврат аппарата к WP Home после выполнения маршрута. В случае ограниченного заряда АКБ рекомендуется использовать второй вариант возврата к точке взлета.

Общую длину маршрута можно посмотреть рядом с показателем Distance

2.

Перед записью миссии в полетный контроллер проверьте её на:

- логическую последовательность WP;
- правильность глиссад (изменение высоты на 200 м — дистанция ~ 2 000 м);
- отсутствие лишних маневров и перепадов высоты;
- точность зоны действия и точки сброса ЗУ;
- учет ограничений и угроз.

В случае отклонений миссию скорректировать.

Для загрузки созданного маршрута на полетный контроллер, модуль распределения питания и управления БПЛА 8 (рис. 1) нажмите кнопку «Write» во вкладке PLAN (рис. 37).

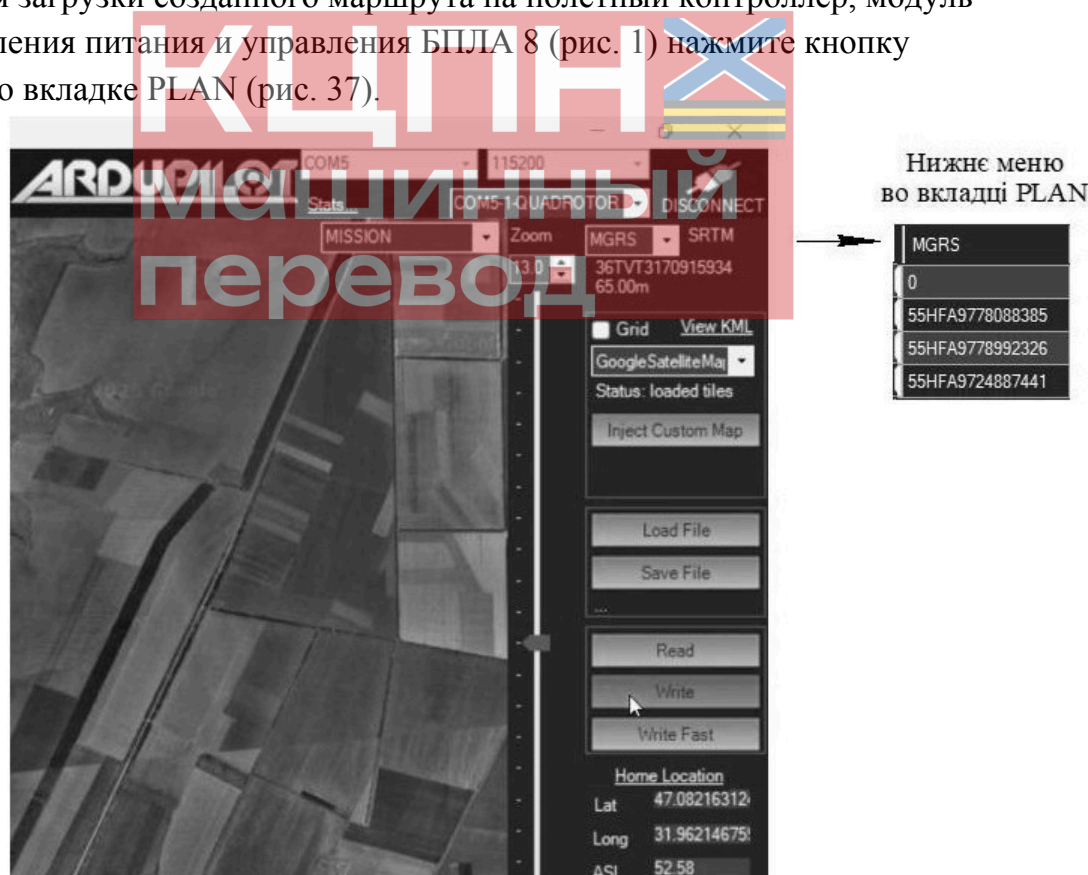


Рисунок 37. Элементы правого меню во вкладке PLAN MP

ВНИМАНИЕ: ДЛЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧИ
МИССИИ К БПЛА
РЕКОМЕНДУЕТСЯ НАЖАТЬ КНОПКУ «WRITE» НЕСКОЛЬКО РАЗ.



Перейдите в меню Data, откройте вкладку Messages 2 (рис. 42) и проверьте наличие сообщения «**Flight plan received**» среди последних записей. Его наличие подтверждает успешную загрузку миссии.

В случае подготовки миссии заранее порядок её активации перед полётом следующий:

Создайте миссию заранее в MP. Нажмите «Save File» (рис. 37), чтобы сохранить её в файл на ноутбуке. Перед запуском БПЛА, после подключения ПДК и MP на ноутбуке к аппарату, нажмите «Load File» в MP и откройте сохраненную миссию. Нажмите «Write», чтобы записать миссию в память полетного контроллера аппарата.

Inject Custom Map — вставка пользовательской карты или изображения поверх стандартной карты (например, аэрофотоплана).

Load File – загрузка ранее созданной миссии с ноутбука. Save File – сохранение текущей миссии в файл на ноутбуке.

Read — загрузка миссии из памяти полетного контроллера БПЛА в MP. Write — запись миссии из MP в память полетного контроллера аппарата.

Write Fast – ускоренная запись маршрута в контроллер (без проверки подтверждения для каждой точки).

В случае применения системы координат MGRS (рис. 37) для тактической навигации вместо стандартной системы Geo целесообразно изменить тип координат. В правом меню вкладки PLAN замените Geo на MGRS. После этого в нижнем меню вкладки PLAN координаты будут отображаться в формате: 36T YJ 23480 79820, где 36T — зона, YJ — квадрат 100×100 км, остальные цифры — положение в метрах.

3.4.2. Мониторинг и управление БПЛА через Mission Planner в реальном времени

Во время полета БПЛА необходимо постоянно контролировать показатели меню DATA (рис. 28) и во вкладке Quick (рис. 38). Описание каждого из показателей приведено в таблице 2.



Рисунок 38. Элементы меню Quick в MP

Для мониторинга технического состояния, навигации и выполнения задач в ходе полета БПЛА используются эти показатели.



Таблица 2. Элементы меню Quick.

Bat Voltage (V) напряжение аккумулятора, В когда напряжение меньше 63 В, а невыполненная часть маршрута превышает 50% - начинать RTL	Bat Current (Amps) потребляемый ток, А <i>более 200 А (пустой БПЛА) – плохо более 220 А (БПЛА с 3У) - плохо</i>	Used EST (мА·ч) приблизительная затраченная энергия из АКБ, мА·ч	Efficiency (мАч/км) энергоэффективность: расход мАч на метр полёта <i>более xxxx мАч/км - плохо</i>	GPS Yaw (deg) курс по GPS
Sat Count количество спутников 32 – хорошо; менее 24 или 33 и более – подавление	GPS HDOP горизонтальная точность позиционирования <i>более 0,7 – подавление</i>	V Acc (м) вертикальная погрешность позиционирования	H Acc (м) горизонтальная погрешность позиционирования	Точность определения скорости точность определения скорости по GPS
Pitch (deg) тангаж, наклон носа вверх-вниз (ось Y), °	Roll (deg) крен, наклон аппарата влево/вправо (ось X), °	Yaw (deg) курс, поворот влево/вправо (ось Z), °	RX RSSI показатель качества принимаемого радиосигнала <i>более 76 – норма</i>	Mag Field магнитное поле 450–510 – норма, < 400 или >600 – магнитные помехи
Altitude (м) абсолютная высота над уровнем моря, м	Altitude (м) высота относительно точки запуска, м	AirSpeed (м/с) воздушная скорость, м/с	GroundSpeed (м/с) скорость относительно земли, м/с	ClimbRate (м/с) скорость набора/снижения высоты, м/с
Dist to Home (м) расстояние до точки запуска, м	WP No номер активной точки маршрута	Расстояние до WP (м) расстояние до текущей точки маршрута, м	Latitude (dd) широта	Longitude (dd) долгота

С помощью вкладок Vibe 7 и EKF 8 (рис. 28) можно осуществлять контроль за навигационными параметрами во время полёта. В случае возникновения магнитных аномалий или превышения вибраций эти показатели позволяют оперативно выявить отклонения. В норме уровни Vibe 7 и EKF 8 не должны превышать первую деление шкалы 2 и 1 (рис. 39) на соответствующем индикаторе.





Рисунок 39. Показатели вкладок EKF и Vibe в МР

1 – Предельные параметры нормы показателей EKF Status, 2 – Предельные параметры нормы показателей Vibration.

Управление полётом аппарата в МР, параллельно с ПДК, осуществляется во вкладке Actions, меню DATA, где можно:

- Изменить скорость полёта БПЛА (рис. 29) — удалить значение скорости, чтобы оно равнялось нулю, затем ввести значение в м/с и нажать кнопку «Change Speed».

ВАЖНО: ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА ЦЕЛЕСООБСТВЕННО ИЗМЕНЯТЬ СКОРОСТЬ АППАРАТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛОГИКОЙ, ИЗЛОЖЕННОЙ В РАЗДЕЛАХ 4.3, 7.2 И 7.3, ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА И УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЁТА.

- Укажите текущую WP: для этого необходимо в поле слева от кнопки «Set WP» (рис. 40) выбрать ту WP, до которой необходимо продолжить полет, после чего нажать «Set WP».

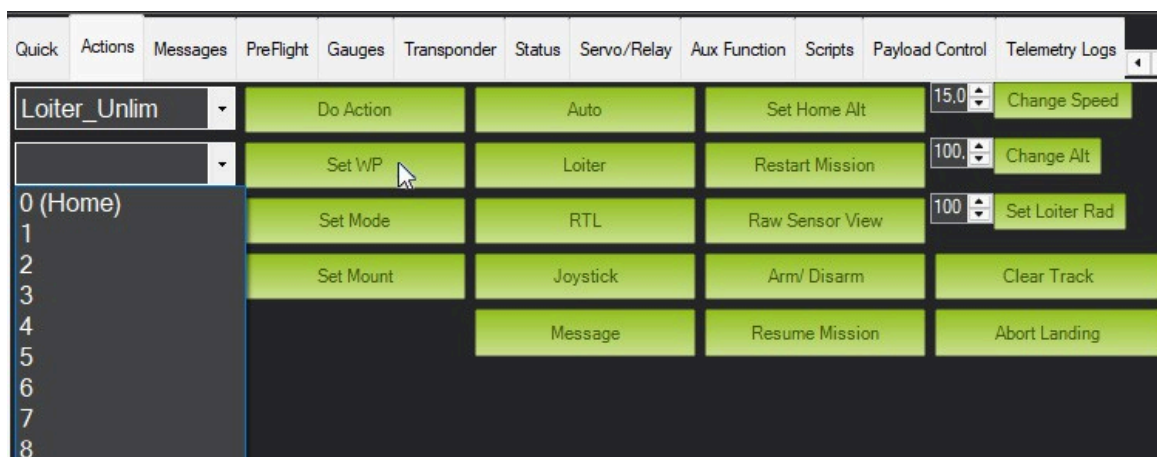


Рисунок 40. Задание следующей точки маршрута (WP) полёта БПЛА в МР

- Измените режим управления: для этого необходимо в поле слева от кнопки «Set Mode» (рис. 41) выбрать желаемый режим управления, например AltHold, затем нажать кнопку «Set Mode».





Рисунок 41. Задание желаемого режима управления БПЛА

Также изменять режим управления можно непосредственно в меню DATA, нажимая на отметку 6 (рис. 28).

В случае возникновения особых или нештатных ситуаций соответствующие сообщения сначала появляются на рабочем поле МР среди элементов меню DATA, например «Ready to Arm» 1 (рис. 42), после чего исчезают из этого поля, но сохраняются во вкладке Messages 2 того же меню. Подробная информация по таким сообщениям приведена в разделе 6 данного руководства.

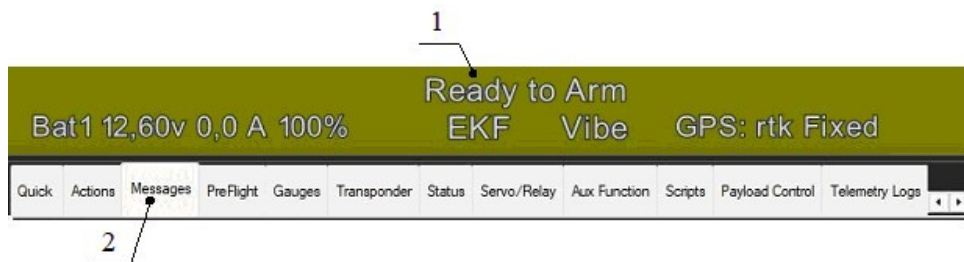


Рисунок 42. Отображение сообщений в МР

3.5. Запуск QGroundControl с

Убедитесь, что ноутбук и ПДК подключены между собой с помощью USB-кабеля (рис. 15) и каждый из них подключен к катушке питания радиоретранслятора кабелями Ethernet; блок питания радиоретранслятора и БПЛА подключены к АКБ; кабель блока питания радиоретранслятора подключен к радиоретранслятору, а кнопка питания на блоке включена.



В «диспетчере устройств» ноутбука откройте вкладку «Порты» и определите название COM-порта, который появился после подключения ПДК к ноутбуку (рис. 25).

Запустите QGroundControl (QGC). В левом верхнем углу нажмите значок QGC (рис. 43) и выберите Application Settings. Перейдите на вкладку Comm Links и нажмите кнопку Add для создания нового канала связи.

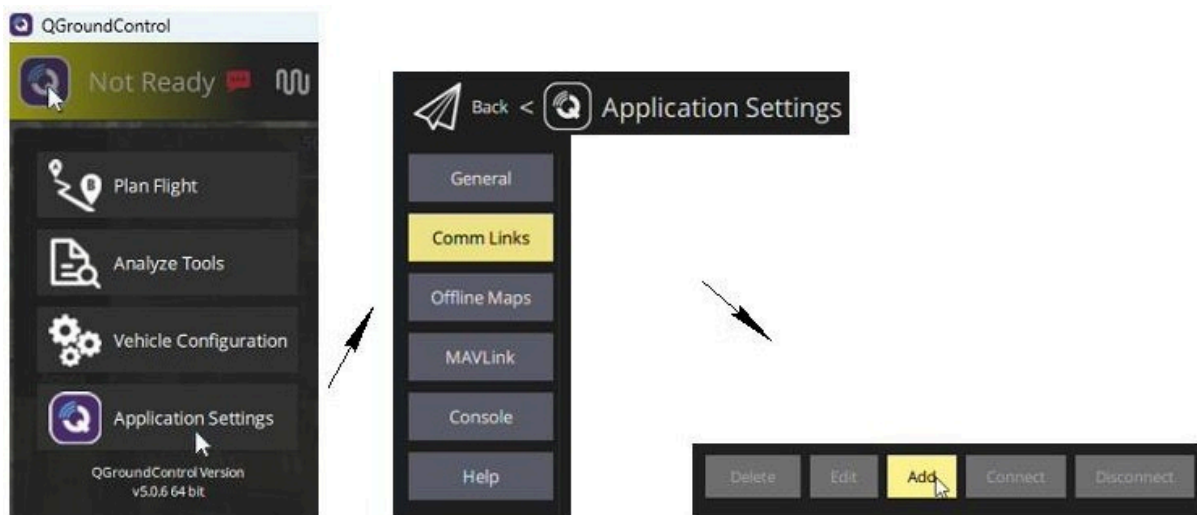


Рисунок 43. Подключение QGC к полетной системе управления

В окне настройки нового соединения (рис. 44) задайте произвольное название соединения, активируйте опцию Automatically Connect on Start. В поле Serial Port выберите соответствующий COM-порт (рис. 25), установите скорость соединения — 115200 (рис. 44) и нажмите OK. После создания соединения в QGC нажмите Connect напротив соответствующего порта для инициализации подключения ПДК, затем нажмите Back для завершения настройки.

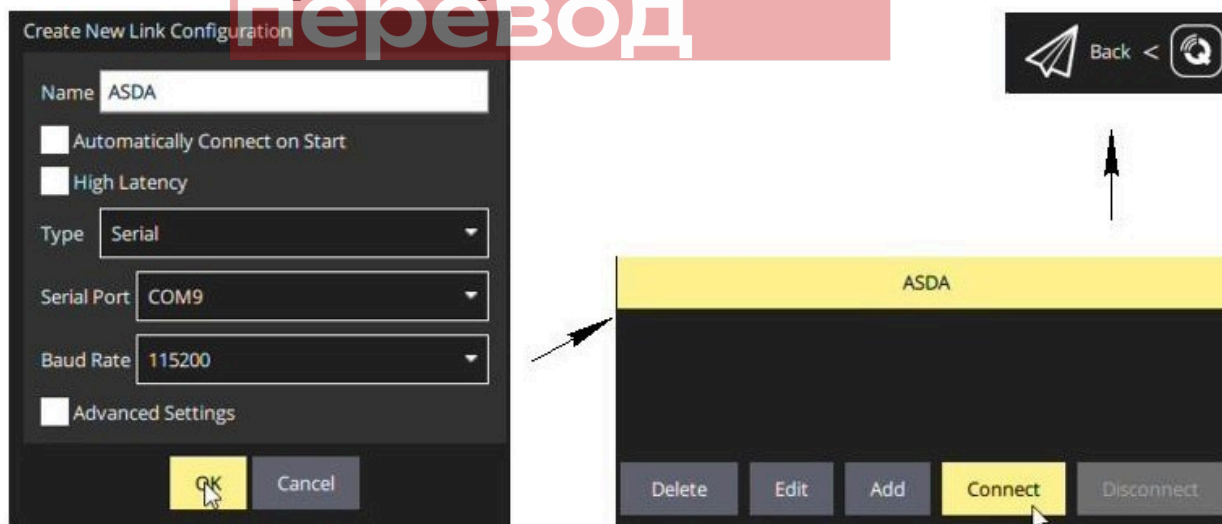


Рисунок 44. Порядок добавления нового соединения в QGC

Запись логов телеметрии.

По умолчанию запись телеметрических журналов включена. Файлы сохраняются на ноутбуке в стандартной директории приложения. Для проверки или изменения настроек откройте Application Settings (рис. 45). Перейдите на вкладку General, в разделе Telemetry Logs from Vehicle. Если все флажки сняты, запись



отключена, если установлены запись активна. Для подтверждения изменений нажмите Back.

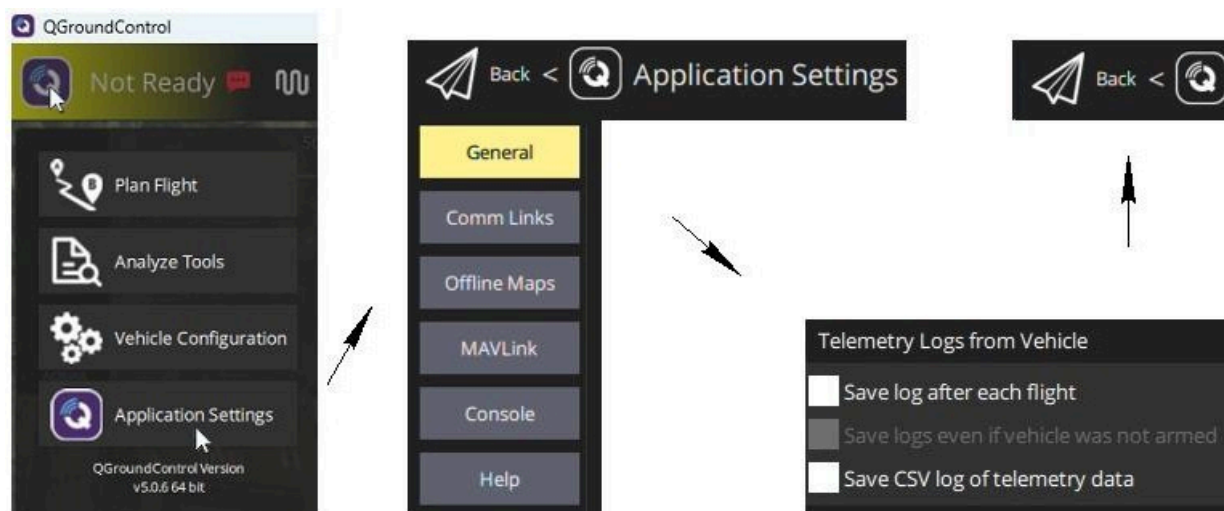


Рисунок 45. Порядок активации записи телеметрических логов

Во время активной записи автоматически создаются файлы: .tlog и .csv.

Сессию регистрации необходимо завершать корректно, чтобы обеспечить полное сохранение данных телеметрии. После потери связи необходимо выполнить команду Disconnect через окно соединения или в меню Application Settings, перейти на вкладку Comm Links и нажать кнопку Disconnect. Это гарантирует правильное закрытие файла.

Рекомендуется выполнять как минимум один Disconnect в конце смены, при необходимости после каждого вылета.

После успешного соединения QGC с ПДК и завершения настроек главное окно QGC будет выглядеть так, как показано на рис. 46.

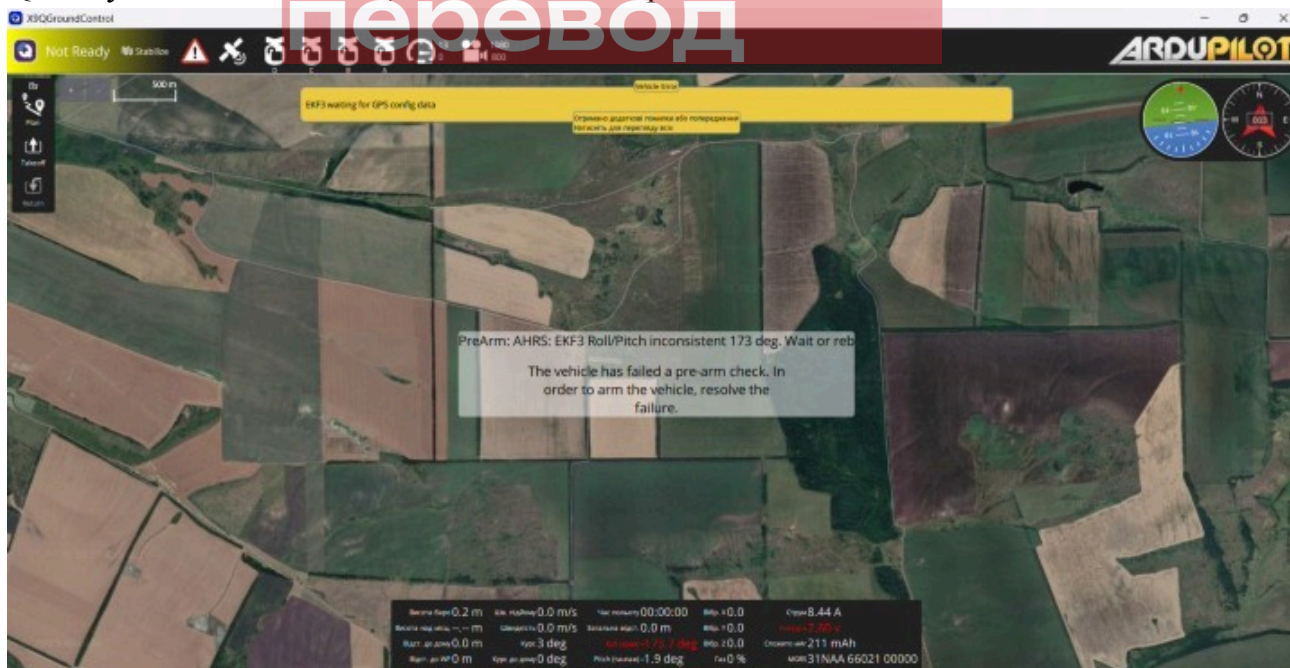


Рисунок 46. Процесс синхронизации завершен



3.5.1. Планирование полетной миссии в QGroundControl ()

По возможности следует планировать маршрут таким образом, чтобы избежать полёта БПЛА с боковым смещением или в обратном направлении. Такие режимы допустимы только на коротких участках из-за повышенного энергопотребления.

При планировании миссии для выполнения боевой задачи после сброса БУ рекомендуется выполнить облет с учётом ширины луча управления 25^0 от антенны радиоретранслятора. Если заряд АКБ позволяет, после сброса БУ облет следует выполнить из соображений безопасности БПЛА. В случае недостаточного заряда АКБ после сброса БУ точку, формирующую облет, следует пропустить в соответствии с рис. 56.

Создайте новую миссию, нажав в левом верхнем углу значок QGC (рис. 47) и перейдя на вкладку Plan Flight. В окне File выберите Empty Plan.

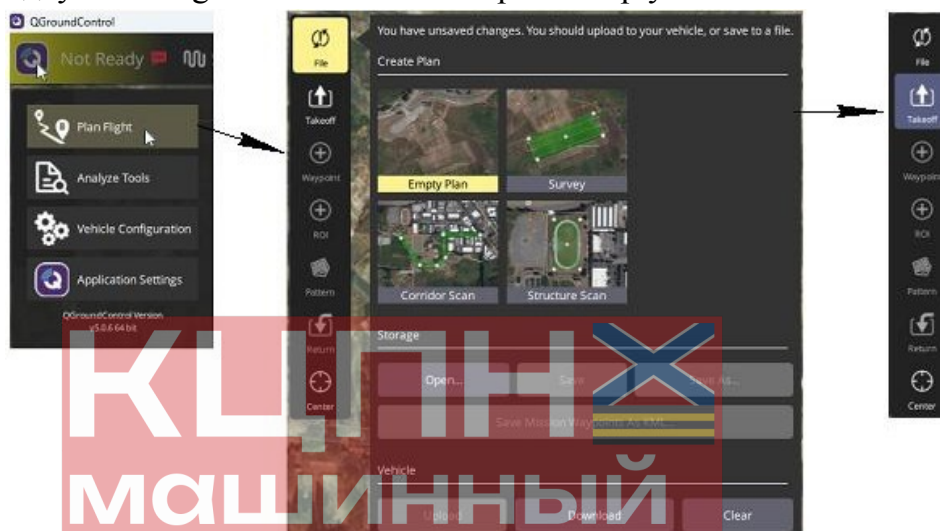


Рисунок 47. Выбор поля для создания миссии.

Установка точки взлета (Takeoff).

В правом меню QGC нажмите Takeoff (рис. 47). Затем на карте в точке расположения БПЛА щелкните левой кнопкой мыши. В результате будет автоматически создана точка Takeoff (рис. 48).

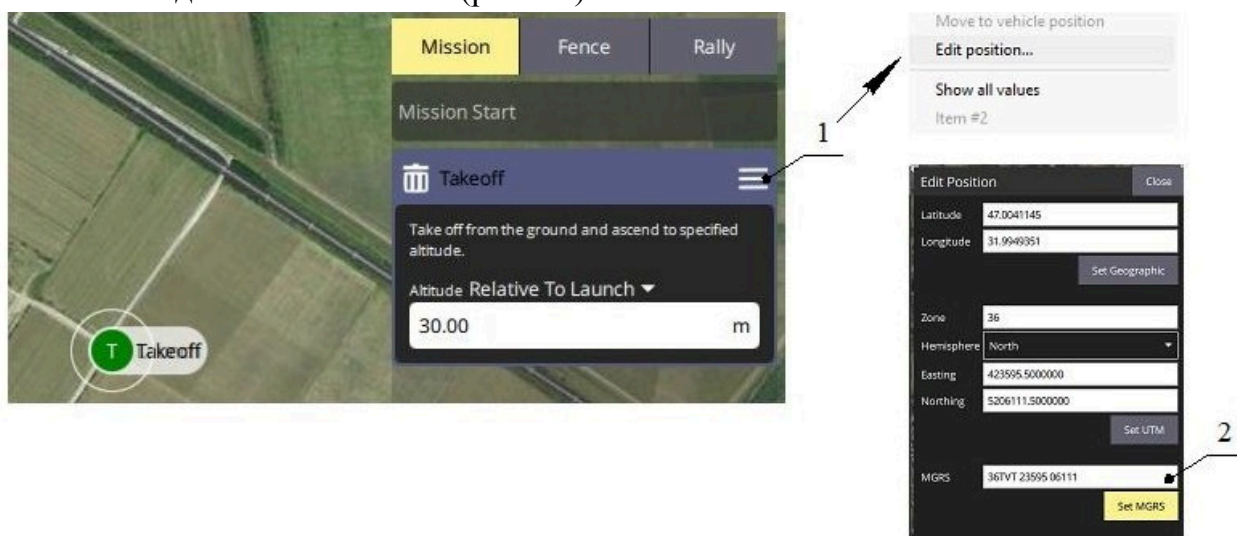


Рисунок 48. Установка первой точки миссии



В окне параметров этой команды укажите высоту взлета (в метрах над уровнем запуска). После достижения этой высоты БПЛА автоматически перейдет к выполнению миссии, запрограммированной в QGC. Рекомендуемая высота взлета — не менее 30 м. При выборе высоты необходимо учитывать рельеф в районе взлета, поскольку наличие препятствий может повлиять на радиогоризонт (раздел 8.12).

Далее набор высоты рекомендуется выполнять по глассаде. Вертикальный подъем аппарата приводит к избыточному потреблению энергии от АКБ, создает угрозу для экипажа из-за нахождения АКБ непосредственно над ним и упрощает обнаружение места взлета противником.

В случае необходимости использования системы координат MGRS 2 (рис. 48) для тактической навигации вместо стандартной системы Geo необходимо изменять тип координат после установки каждой точки миссии. Для этого откройте меню созданной точки 1, выберите Edit position, в поле MGRS введите нужную координату и нажмите Set MGRS для сохранения.

Формирование глассады выхода БПЛА на высоту 200 м.

Для создания точки маршрута WP 3 (рис. 49) нажмите в правом меню QGC кнопку Waypoint 1, после чего щелкните левой кнопкой мыши на свободном поле карты.

В параметрах WP 3 задайте высоту в поле Altitude 8. Задайте скорость полёта в поле Flight Speed 8. Чтобы применить эту скорость ко всем последующим точкам, установите флажок 9. Если скорость должна быть только для WP 3, снимите флажок 9.

Стандартная крейсерская скорость БПЛА составляет 15 м/с. Увеличение скорости возможно при попутном ветре. Оперативное изменение крейсерской скорости возможно через управление в QGC во время полета в режимах Auto и RTL.

Если полет предполагает движение в определенном направлении, точки маршрута необходимо размещать так, чтобы азимут между ними соответствовал заданному курсу.

Для ориентации БПЛА в обратном направлении используется алгоритм расчета обратного азимута:

Определите начальный азимут A в градусах от 0° до 360° .

Проверьте диапазон:

если $A < 180^\circ$, то $A' = A + 180^\circ$; если $A \geq 180^\circ$, то $A' = A - 180^\circ$.

Убедитесь, что результат находится в пределах 0° – 360° . Примеры:

Начальный азимут $70^\circ \rightarrow$ обратный азимут $A' = 70^\circ + 180^\circ = 250^\circ$.

Начальный азимут $210^\circ \rightarrow$ обратный азимут $A' = 210^\circ - 180^\circ = 30^\circ$.



Примечание: Расчет обратного азимута необходим не только для возвращения аппарата, но и для ориентирования в случае потери связи, спуфинга или необходимости аварийного выхода из опасной зоны.

Переместите WP 3, удерживая левую кнопку мыши, на расстояние 1 500 – 2 000 м от точки взлёта в направлении дальнейшего маршрута. Расстояние между точками Takeoff 11 и WP 3 отображается в верхнем меню – п. 5. Длину участка между Takeoff 11 и WP 3 следует рассчитывать с учётом глиссады: примерно 100 м набора высоты на каждые 1000 м горизонтального расстояния.

Пример: для достижения высоты 200 м длина маршрута должна составлять ориентировочно 2 000 м, для высоты 170 м — расстояние $\approx$ 1 700 м.

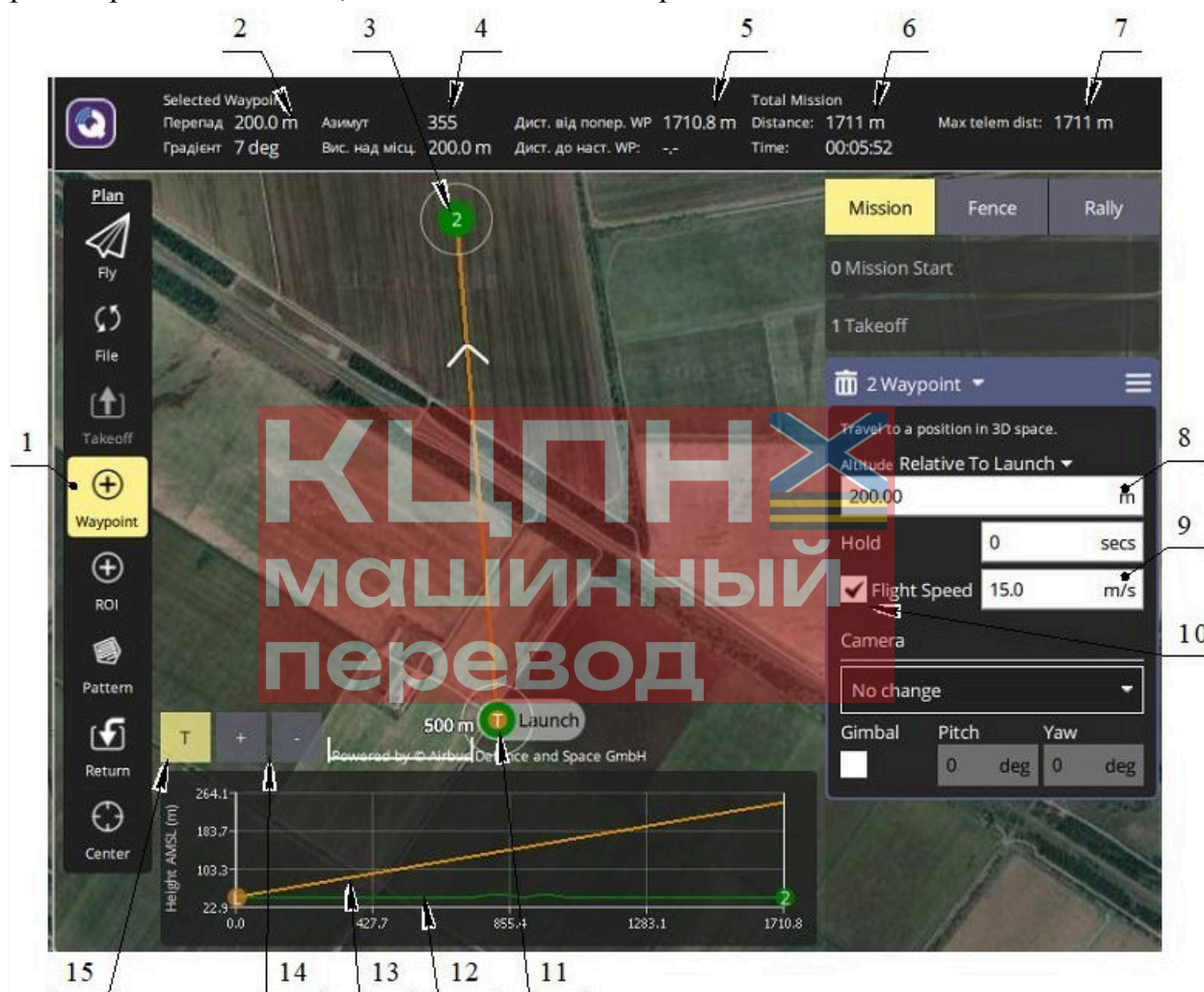


Рисунок 49. Отображение точек маршрута и элементов меню миссии в QGC

1 – Кнопка создания новой WP, 2 – Высота БПЛА в созданной WP, рассчитывается относительно точки взлета, 3 – Отображение созданной WP на карте, 4 – Азимут направления полёта, 5 – Расстояние от предыдущей WP, 6 – Расстояние от точки Takeoff, 7 – Максимальная дистанция приёма телеметрических данных, 8 - Поле ввода высоты БПЛА в WP, 9 – Поле ввода скорости полёта БПЛА до WP, 10 – Флажок применения заданной скорости полёта БПЛА ко всем WP, 11 - Первая точка миссии Takeoff, 12 - Высота рельефа над уровнем моря под запланированной траекторией, 13 - Высота запланированной траектории полета БПЛА над уровнем моря, 14 – Кнопки масштабирования карты, 15 – Кнопка включения/выключения графика высот аппарата и рельефа над уровнем моря.



Если согласно плану миссии полет должен выполняться по заданному азимуту, разместите WP таким образом, чтобы значение азимута в позиции 4 соответствовало нужному направлению.

Примечание: Для удобного размещения точек WP на большом расстоянии измените масштаб карты с помощью кнопок 14 или прокручивая колесико мыши.

В случае появления красной линии 1 (рис. 50) на карте и в графике расстояний между WP это означает, что траектория полёта БПЛА пересекает рельеф местности. Для устранения пересечения необходимо изменить маршрут или увеличить высоту 4 одной или обеих крайних WP. После этого линии будут отображаться как стандартные 3.

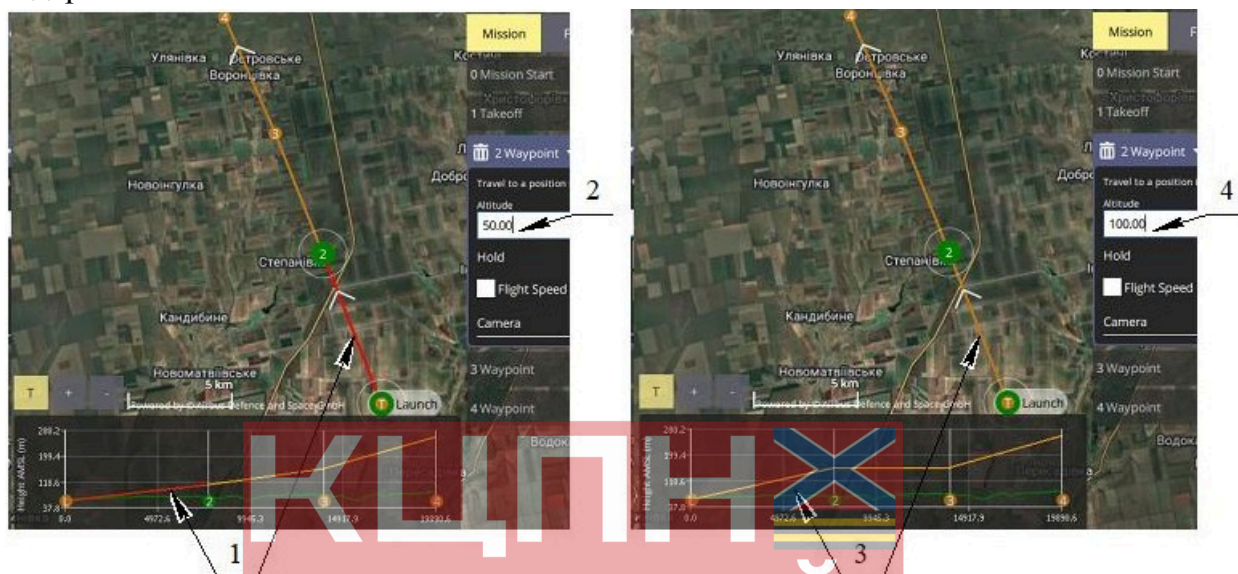


Рисунок 50. Контроль высоты маршрута относительно рельефа местности в QGC

1 – Траектория полета БПЛА с пересечением рельефа местности (красная линия), 2 – Высота WP, приводящая к пересечению рельефа, 3 – Траектория полета БПЛА без пересечения рельефа местности (корректная траектория), 4 – Высота WP, обеспечивающая безопасный облет рельефа.

Установка и удаление, при необходимости, следующих точек миссии.

Создайте новую WP4 7 (рис. 51), переместите её на необходимое расстояние, удерживая левую кнопку мыши, ориентируясь на параметры 1, 3 и 4.

Рекомендуемая высота для сброса БУ составляет 100–150 м (в зависимости от размера цели). Для снижения с 200 м до 100 м необходимое горизонтальное расстояние составляет 1 000 – 1 500 м. Расположите WP4 7 так, чтобы до точки сброса БУ в WP5 оставалось не менее 1 000 м для обеспечения постепенного снижения аппарата по глиссаде.

Далее создайте новую WP5 2, разместите её на карте в соответствии с логикой выполнения задачи, контролируя параметры 1, 3 и 4.



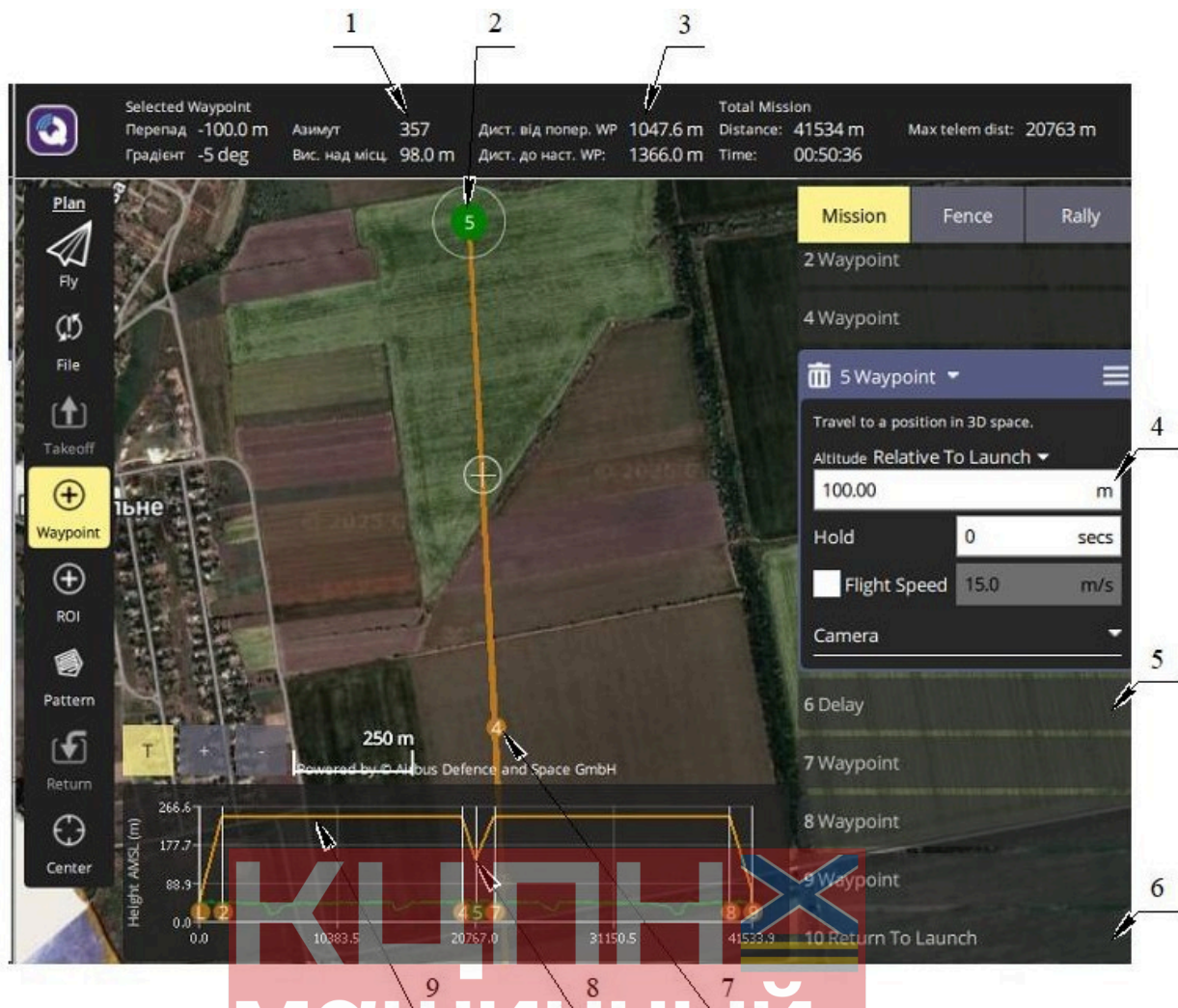


Рисунок 51. Отображение и параметры WP 3 и WP 4

1 – Азимут до WP 5, 2 – Расположение WP 5, 3 – Расстояние между WP4 и WP 5, 4 – Высота БПЛА над WP 5, 5 – Команда задержки в WP 5, 6 – Команда возврата БПЛА в точку Takeoff, 7 – Расположение WP 4, 8 – Отображение изменения высоты аппарата в точке WP 5 на графике высот над уровнем моря, 9 – График высот над уровнем моря.

На примере графика высот над уровнем моря 9 (рис. 51) БПЛА выполняет полет по следующей логике миссии:

WP1 – WP2 – Взлетная глиссада протяженностью 1 700 м;

WP2 – WP4 – Горизонтальный полет к цели на высоте 200 м, расстояние 18 000 м;

WP4 – WP5 – Снижающаяся глиссада до высоты 100 м перед сбросом БУ, протяженность 1 000 м;

В WP5 — задержка 5 с;

WP5 – WP7 – Подъемная глиссада до высоты 200 м, протяженность 1 300 м;

WP7 – WP8 – Полет к точке взлета Takeoff на высоте 200 м, расстояние 18 000 м; WP8 – WP9 – Снижающаяся глиссада до высоты 30 м перед посадкой, протяженность 1 700 м;

WP9 – WP10 – Автоматическая посадка БПЛА в режиме RTL.

В сложных маршрутах дополнительные WP создаются по той же схеме с учетом: – постепенного изменения высоты в пределах радиогоризонта,



– необходимого направления полёта (азимута).

Создание задержки перед следующим действием.

Первый вариант: Для организации паузы перед выполнением команды необходимо:

- создать новую WP, нажав Waypoint 1 (рис. 47), и щелкнуть левой кнопкой мыши на свободном поле карты;
- нажать треугольник 4 (рис. 52) возле созданной WP и выбрать команду Delay 1;
- в поле Delay 5 задать продолжительность задержки в секундах.

Второй вариант: в меню настроек WP, над которой требуется пауза в полете, в поле Hold 6 задать необходимую продолжительность паузы в секундах.

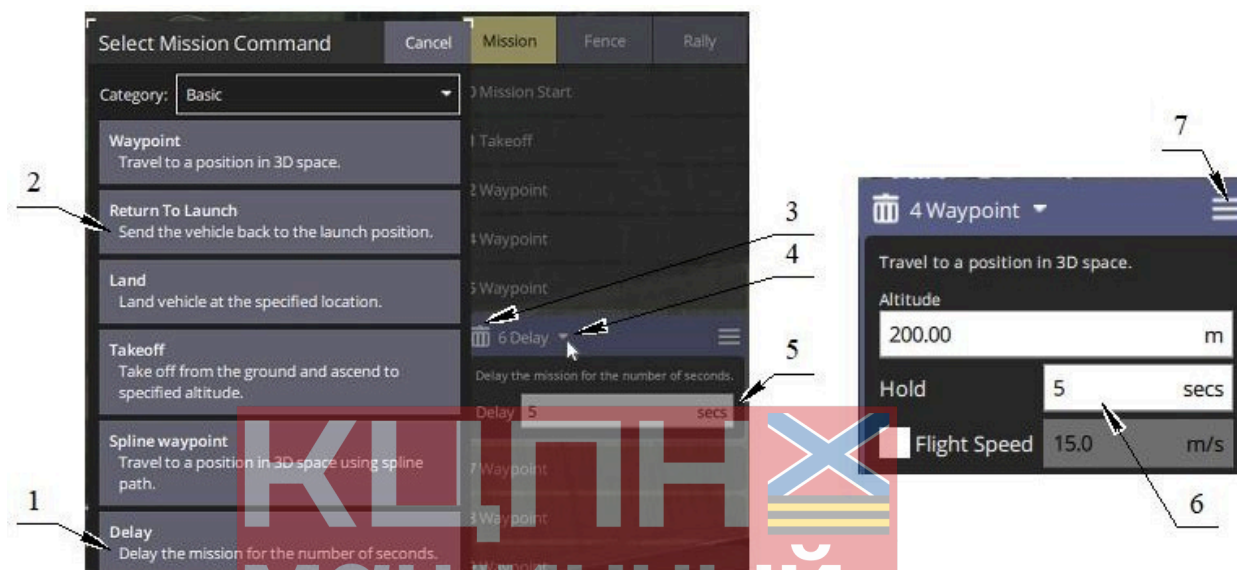


Рисунок 52. Создание и удаление задержки в полете аппарата

Задержка используется, в частности, для:

- оценки обстановки по видеотрансляции;
- корректировки положения аппарата;
- сброса ПЗУ с помощью ПДК, подробнее в разделе 4.4.

Если WP добавлена по ошибке, её можно удалить, нажав кнопку 3 перед соответствующей WP.

При вводе высоты в точках миссии с задержкой, то есть запланированной сброса ЗУ, следует учитывать, что в QGC она задается относительно точки взлета. Если между точкой взлета и точкой сброса существует перепад рельефа, на графике высот над уровнем моря 9 (рис. 51) и индикаторе «Высота над местностью» в верхнем меню необходимо скорректировать параметр высоты так, чтобы в показателе «Высота над местностью» отображалась нужная высота выполнения сброса.

В верхнем меню QGC в режиме полёта (рис. 55) предусмотрены кнопки для активации сервоприводов, обеспечивающих сброс ЗУ. Функция поддерживается для БПЛА UAV Rerun X-9 V2 и V2.5, на ПДК которых имеется достаточное количество каналов для управления сбросом ЗУ. Для UAV Rerun X-9 MAX количество свободных каналов ПДК ограничено, поэтому используется



сервоэкстендер. В этом случае команда сброса ЗУ прописывается через скрипты, а не путем изменения частоты ШИМ-сигнала. Поскольку QGroundControl не поддерживает добавление пользовательских скриптов, функция сброса ЗУ через интерфейс QGC временно недоступна. Перед запуском аппарата рекомендуется проверить работоспособность кнопок и переключателей ПДК, обеспечивающих управление сбросом ПЗУ.

ВНИМАНИЕ: ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МИССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА UAV RERUN X-9 MAX СЛЕДУЕТ ПРЕДУСМОТРЕТЬ СБРОС ПАМЯТИ ЧЕРЕЗ ПДК.

Формирование глиссады снижения БПЛА с высоты 200 м.

Для формирования глиссады полета БПЛА перед посадкой, с экономией АКБ, добавьте предпоследнюю WP над точкой Takeoff 11 (рис. 49) и установите для неё высоту 30 м. Добавьте последнюю WP в любом месте, нажмите кнопку 4 (рис. 52) рядом с ней и выберите команду Return To Launch 2. После установки этой команды точка исчезнет с карты.

Перед записью миссии в полетный контроллер проверьте её на:

- логическую последовательность WP;
- правильность глиссад (изменение высоты на 200 м — расстояние ~ 2 000 м);
- отсутствие лишних маневров и перепадов высоты;
- точность зоны действия и точки сброса ЗУ;
- учет ограничений и угроз.

В случае отклонений миссию скорректировать.

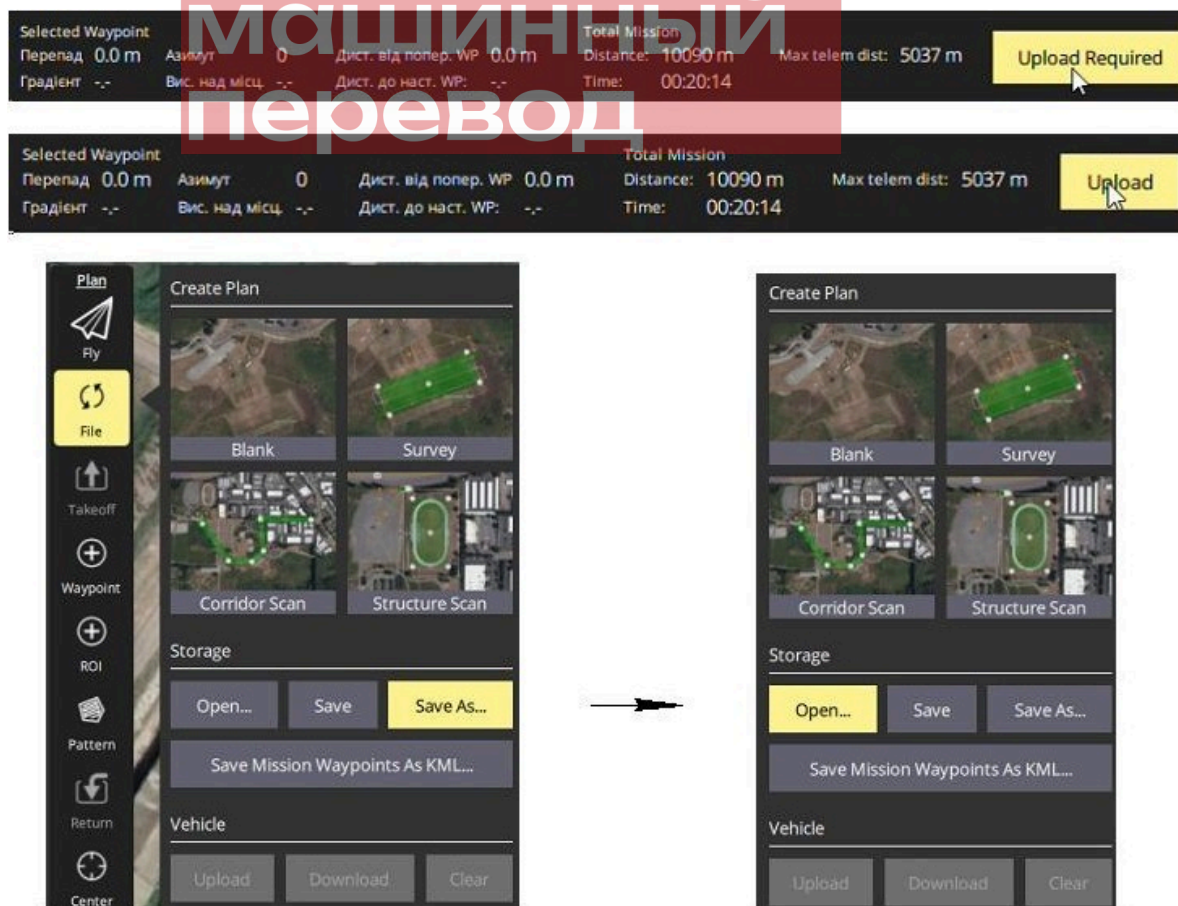


Рисунок 53. Элементы меню «File» в QGC



Для загрузки созданного маршрута на полетный контроллер, модуль распределения питания и управления БПЛА 8 (рис. 1), нажмите кнопку «Upload Required» в верхнем меню QGC (рис. 53).

ВНИМАНИЕ: ДЛЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧИ МИССИИ НА БПЛА РЕКОМЕНДУЕТСЯ НАЖАТЬ КНОПКУ «UPLOAD» НЕСКОЛЬКО РАЗ.

Перейдите в меню Fly, откройте вкладку Messages 2 (рис. 55) и проверьте наличие сообщения «Flight plan received» среди последних записей. Его наличие подтверждает успешную загрузку миссии.

В случае подготовки миссии заранее порядок её активации перед полётом следующий:

Создать миссию заранее в QGC. Зайти в меню File и нажать «Save As» (рис. 53) для её сохранения на ноутбуке. Перед запуском БПЛА, после соединения ПДК и QGC на ноутбуке с аппаратом, зайти в меню File и нажать «Open» в QGC. Выбрать сохраненную миссию и открыть её. Обновить «крайние» точки в соответствии с фактическим положением аппарата. Нажать «Upload Required», чтобы записать миссию в память полетного контроллера аппарата, желательно дважды.

3.5.2. Мониторинг и управление БПЛА через QGroundControl в

реальном времени

Во время полета БПЛА необходимо постоянно контролировать показатели информационного меню (рис. 54). Описание каждого из показателей приведено в таблице

3. Желтый цвет этих показателей означает предупреждение, то есть требует внимания оператора. Красный цвет указывает на критическое значение, угрожающее работоспособности аппарата. По возможности скорректируйте режим полёта или маршрут, чтобы устранить причину отклонения. Следует избегать действий, которые могут осложнить ситуацию (резкое снижение или набор высоты, перегрузка батареи, потеря сигнала и т. п.).

Висота баро 2.5 m	Шв. підйому -0.1 m/s	Час польоту 00:00:00	Вібр. x 0.0	Струм 15.46 A
Висота над місц. --.-- m	Швидкість 0.0 m/s	Загальна відст. 0.0 m	Вібр. y 0.0	Напруга 2.44 v
Відст. до дому 0.0 m	Курс 0 deg	Roll (хрен) -162.1 deg	Вібр. z 0.0	Спожито МАГ 34349 mAh
Відст. до WP 0 m	Курс до дому 0 deg	Pitch (тангаж) 5.6 deg	Газ 0 %	MGRS 31NAA 66021 00000
Mag. field 0.00 µT	vert acc 0.00 m	hor acc 0.00 m	speed acc 0.00 m/s	Bat. efficiency 0 mAh/km

Рисунок 54. Элементы информационного меню в QGC

Для мониторинга технического состояния, навигации и выполнения задач в ходе полета БПЛА используются эти показатели.

Таблица 3. Элементы информационного меню QGC.



Высота барометрическая, м абсолютная высота над уровнем моря, м	Скорость подъема м/с набора/снижения высоты, м/с	Время полёта продолжительность полета	Вибрация по оси X уровень вибраций по оси X <i>Подробнее см. далее</i>	Ток А потребляемый ток, А <i>более 200 А (пустой БПЛА) –</i>
				<i>плохо более 220 А (БПЛА с 3У) — плохо</i>
Высота над местностью, м высота относительно точки запуска, м	Скорость, м/с скорость БПЛА относительно земли, м/с	Общее расстояние, м Общее пройденное расстояние, м	Вибрация Y уровень вибраций по оси Y <i>Подробнее см. далее</i>	Напряжение V напряжение аккумулятора В <i>если меньше 63 В, а невыполненная часть маршрута превышает 50% — начинать RTL</i>
Расст. до дома м расстояние до точки запуска, м	Курс deg текущий курс по GPS (азимут), °	Roll (deg) крен, наклон аппарата влево/вправо (ось X), °	Вибр. Z уровень вибраций по оси Z <i>Подробнее см. далее</i>	Потребление мАч приблизительное потребление энергии из АКБ, мА·ч
Расстояние до WP, м расстояние до текущей точки маршрута, м	Курс к дому, deg курс (азимут) возврата к точке Takeoff, °	Pitch (deg) тангаж, наклон носа вверх-вниз (ось Y), °	Газ, % общий уровень мощности, подаваемый на все двигатели, %	MGRS координаты обозначения положения аппарата на местности в военной сетке MGRS
Mag Field магнитное поле 450–510 – норма, < 400 или >600 — магнитные помехи	Vert Acc m вертикальная погрешность позиционирования	Hor Acc m горизонтальная погрешность позиционирования	Speed acc m/s точность определения скорости по GPS, м/с	Энергоэффективность, мА·ч/км: расход мА·ч на километр полёта <i>более 2000 мА·ч/км – плохо</i>

Помимо этого в течение полета БПЛА, необходимо использовать показатели верхнего информационного меню (рис. 49).



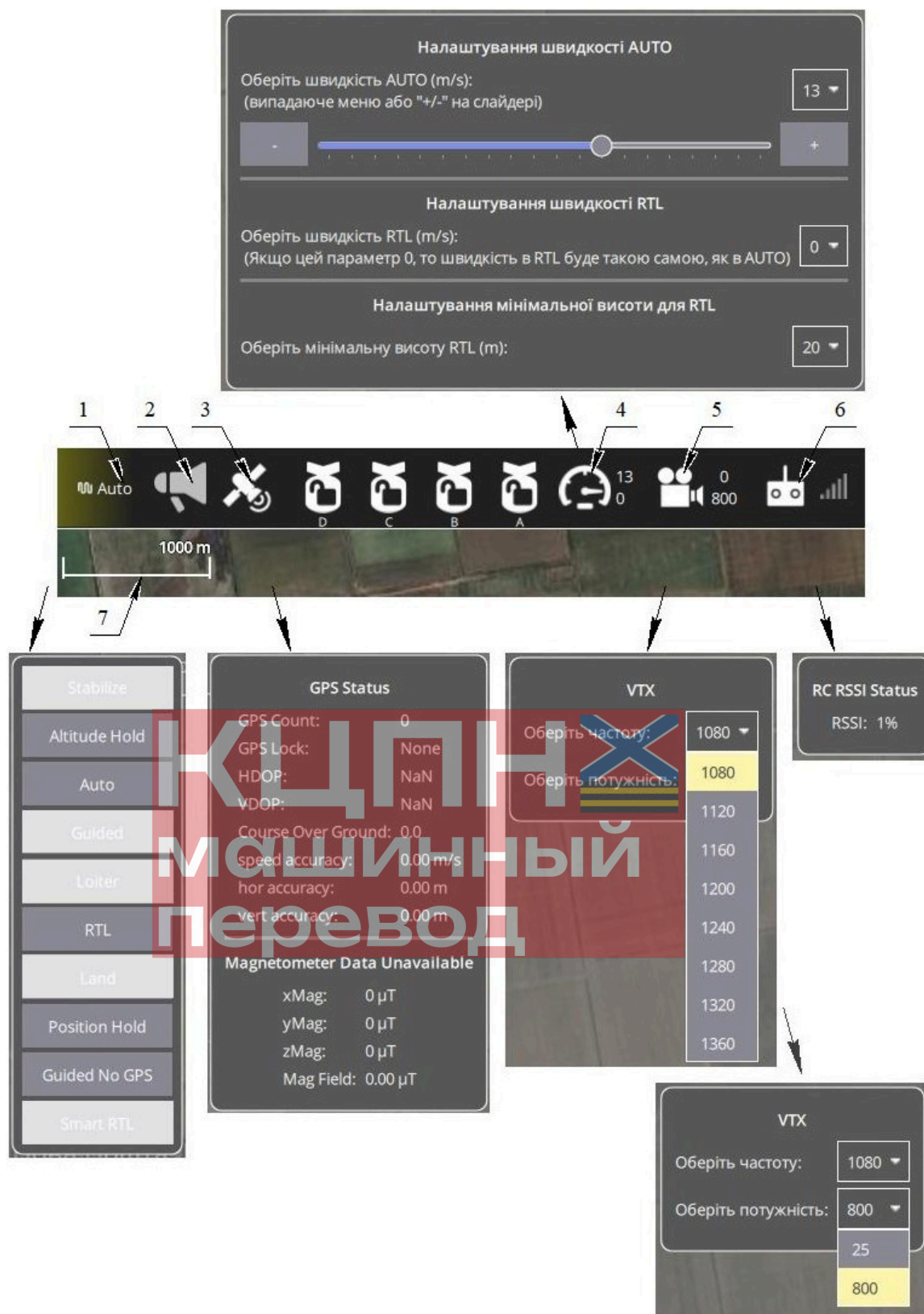


Рисунок 55. Элементы верхнего меню в QGC

1 - Выбор режима управления в процессе полёта:
Altitude Hold, Position Hold, RTL и Auto описаны в разделе 4.2. Guided No GPS — в разделе 6.6.1.

Примечание: Если активирован один из приведенных ниже режимов, следует понимать их назначение/последствия:

Stabilize — недопустимый режим, может привести к потере БПЛА.



Guided — выполнение команд с наземной станции в реальном времени под контролем автопилота. Требуется GPS.

Loiter — похож на POSITION HOLD, но менее агрессивен, подходит для более точной корректировки БПЛА во время прицеливания. Требуется GPS.

Land — не работает из-за препятствий со стороны скрипта DR.

Smart RTL — возвращение к месту запуска с учётом маршрута полёта (не по прямой, а по треку). Требуется GPS и включенного логгирования трека, что создаёт риски для информационной безопасности. Не активирован на БПЛА UAV Perun X-9 V3.

Примечание: сообщение «Smart RTL low on месте» или «Smart deactivated» игнорировать;

2 - Отображение сообщений в QGC (критические ошибки, предупреждения и информационные);

3 - Данные GPS, в том числе:

GPS Count — количество спутников, 32 — *хорошо*; *менее 24 или 33 и более* — *подавление*

GPS Lock — состояние фиксации спутников.

HDOP (Horizontal Dilution of Precision) - горизонтальная точность позиционирования, *более 0,7* – *подавление*

VDOP (Vertical Dilution of Precision) — вертикальная точность позиционирования.

Course Over Ground — курс по GPS (направление движения по местности).

Speed, *гор. точность, вер. точность* — Эти параметры дублируют информацию, которая уже отображается в информационном меню.

Magnetometer Data Unavailable (xMag / yMag / zMag) — Компоненты магнитного поля по трем осям (X, Y, Z).

Mag Field – этот параметр дублирует информацию, которая уже отображается в информационном меню;

4 - Настройка скорости БПЛА. Во время полёта аппарата можно:

- изменять скорость полёта с помощью ползунка, м/с;
- устанавливать скорость возврата в режиме RTL, м/с;
- задавать минимальную высоту для RTL, м;

5 - Настройка частоты аналоговой видеосвязи в QGC. Значения в столбце «Выберите частоту» соответствуют доступным частотам, на которых может работать пара VTX-VRX (Video Receiver – видеоприемник) аналогового видео. Значения в столбце «Выберите мощность» позволяют настраивать мощность аналоговой видеосвязи в QGC;

6 - RX RSSI, показатель качества принимаемого радиосигнала, *более 76* – *норма*;

7 - Масштабная линейка.

Если показатели из информационного меню Вибр. [X, Y, Z] (рис. 54, табл. 3) кратковременно превышают значение 15, вероятная причина — порывы ветра. В случае, если значения свыше 15 сохраняются в течение длительного времени, это считается



критическим. При превышении значения 20 следует немедленно снизить скорость БПЛА и/или изменить ориентацию аппарата по Yaw для уменьшения аэродинамических нагрузок.

Для активации автоматического режима в QGC, после подъема БПЛА в воздух, согласно разделу 4.1, проведите слайд с надписью «Slide to confirm» вправо. После подтверждения БПЛА перейдет в режим Auto и начнет выполнение запрограммированной миссии.

Управление полетом аппарата в QGC может осуществляться параллельно с ПДК через верхнее меню, в частности в части изменения режимов управления и скорости полета.

ВАЖНО: ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА ЦЕЛЕСООБСТВЕННО ИЗМЕНЯТЬ СКОРОСТЬ АППАРАТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛОГИКОЙ, ИЗЛОЖЕННОЙ В РАЗДЕЛАХ 4.3, 7.2 И 7.3, ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА И УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЁТА.

Для исключения одной или нескольких WP из активной миссии необходимо выбрать ту WP, до которой необходимо продолжить полет, например WP6 (рис. 56), и провести слайд слева направо, чтобы назначить её текущей активной точкой.

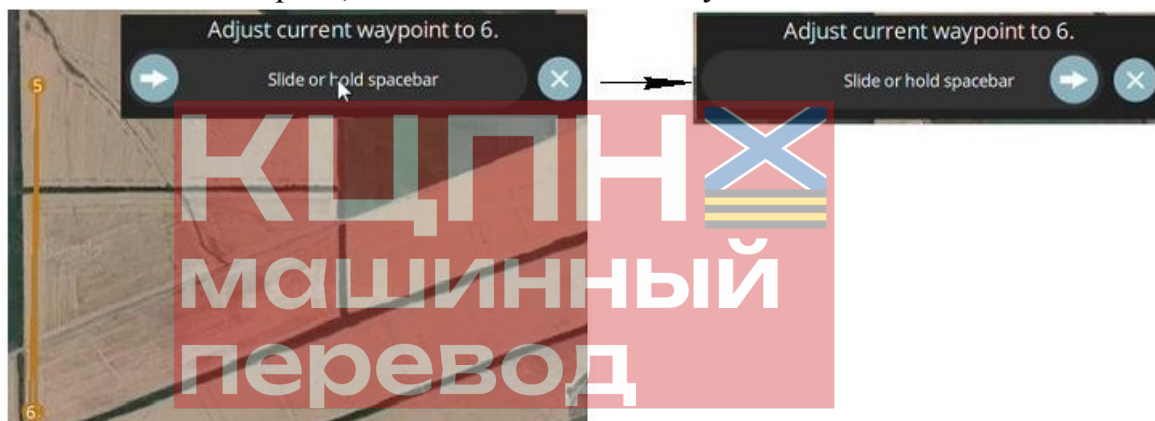


Рисунок 56. Запуск VLinkApp

Номер WP, к которой направляется БПЛА, отображается на поле карты QGC зеленым цветом.

ВНИМАНИЕ: ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МИССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА UAV RERUN MAX СЛЕДУЕТ ПРЕДУСМОТРЕТЬ СБРОС ЗУ ЧЕРЕЗ ПДК.

В случае возникновения особых или нестандартных ситуаций соответствующие сообщения сначала появляются в центре рабочего поля QGC, после чего исчезают из этого поля, но сохраняются во вкладке Messages 2 (рис. 55). Подробная информация по таким сообщениям приведена в разделе 6 данного руководства.

3.6. Запуск приложения VLinkApp для

Для мониторинга и настройки параметров цифрового видеоканала используйте ПО VLinkApp. Перед его запуском убедитесь, что ноутбук



и ПДК подключены между собой с помощью USB-кабеля (рис. 15) и каждый из них подключен к блоку питания радиоретранслятора кабелями Ethernet; блок питания радиоретранслятора и БПЛА подключены к АКБ; кабель блока питания радиоретранслятора подключен к радиоретранслятору; ПЗ типа МР или QGC подключены к полетной системе управления в соответствии с разделом 3.4 или 3.5, а кнопка питания на блоке включена.

Запустите VLinkApp, выберите Detect 1 (рис. 57). Подождите 30–60 с для обнаружения всех имеющихся Rx-модемов (receiver – приемник, тот, что находится в радиоретрансляторе).

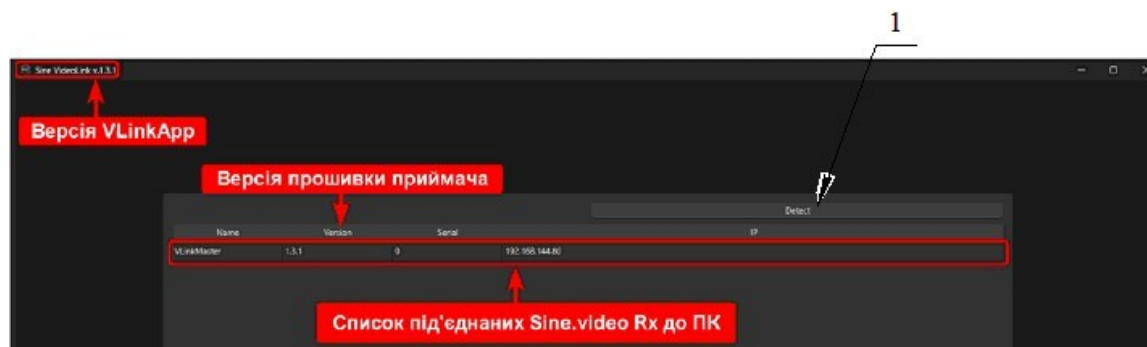


Рисунок 57. Запуск VLinkApp

1 – кнопка обнаружения Rx-модема

После появления ожидаемого модема (Sine.video Rx) дважды щелкните по нему. Подождите 15–30 с для обновления состояния полей и убедитесь, что:

- поле Receiver стало зеленым и отображает статус «Receiver is active» 1 (рис. 58);
- поле Transmitter стало зеленым и отображает статус «Transmitter is active» 2;
- поле BER 3 стало зеленым и показывает BER: 0.00000.

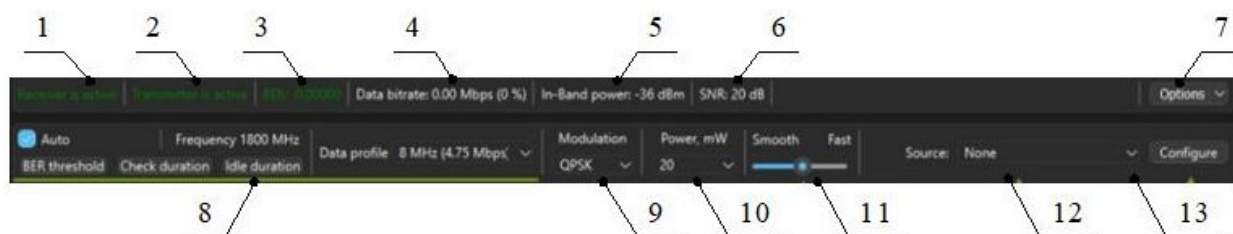


Рисунок 58. Меню VLinkApp 1.5.0

1 - Receiver status — указывает, что радиоретранслятор активен. Это важно для обеспечения целостности передачи данных.

2 - Transmitter status — указывает, что видеотрансмиттер (передатчик VTX) на борту БПЛА активен. Активность передатчика и приемника подтверждает, что двусторонняя связь работает.

При наведении курсора на Receiver/Transmitter is active можно увидеть: Version: v.1.0.0 — текущая версия программного обеспечения.

Serial: # — серийный номер устройства.

Application uptime: 00:00 — время непрерывной работы приложения.



System uptime: 00:00 — время непрерывной работы системы. Это свидетельствует о том, что приёмник/передатчик активен и система работает стабильно.

3 - BER (Bit Error Rate) – статус функционирования радиоканала. Надпись BER:0.00000 зеленого цвета свидетельствует о том, что радиоканал работает без заметных проблем. Если цвет изменится на желтый, это означает, что появились определенные помехи, на которые стоит обратить внимание. Процедуры восстановления описаны далее.

4 - Data bitrate – текущая скорость передачи данных. Значение в процентах отражает загруженность пропускной способности канала. При значениях 98–100 надпись красного цвета, при значениях 91–97 – желтого цвета.

5 - In-Band power — мощность принимаемого сигнала, являющаяся мерой интенсивности сигнала.

6 - Signal-to-Noise Ratio (SNR) – средний показатель качества сигнала. Чем выше значение SNR, тем лучше. При значении 0 надпись красного цвета, при значении от 1 до 4 – желтого цвета.

7 – Options — предоставляет доступ к настройкам, конфигурации и дополнительной информации.

8 - Radio parameters (указаны текущие настройки):

Frequency — рабочая частота (в пределах 1 800 – 2 400 МГц). При задержке сигнала 5–10 с выполняется автоматическое переключение частоты.

– Автоматический режим — установите флажок в поле «Auto»;

– Ручная регулировка — переместите ползунок на панели;

– Ввод значения — нажмите кнопку М и введите нужную частоту в появившемся окне.

Профиль данных:

Bandwidth — ширина полосы в эфире 2–8 МГц, в зависимости от требований к качеству изображения видеопотока.

Code rate — часть полезной информации, передаваемая в сигнале (пропускная способность).

Guard interval — определяет временной интервал передачи между сегментами сигнала. То есть, определяет задержку в канале передачи.

9 – Модуляция: Определяет, как цифровые данные (в частности, видео после кодирования кодеком) преобразуются в радиосигнал для передачи. От типа модуляции зависит, сколько битов информации можно передать за секунду (то есть пропускная способность).

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying): 2 бита/символ.

QAM16 (16-уровневая квадратурная амплитудная модуляция): 4 бита/символ

10 - Power — настройка мощности передачи цифрового видео (VTX) от 1 до 1000 мВт (1 Вт). Более низкая мощность снижает вероятность обнаружения БПЛА, более высокая обеспечивает стабильную связь на большом расстоянии.

11. Smooth-Fast: Определяет режим отображения видео. Делится на %



Smooth — максимальное сглаживание, более высокая задержка.

Balanced - оптимальный для большинства сценариев.
Установлено по умолчанию.

Fast — минимальная задержка для максимально быстрой реакции.

12 – Source — позволяет выбрать один из настроенных источников передачи видео.

13 – Configure — предоставляет доступ к расширенным настройкам источника видеопотока.

Оценка качества радиоканала и выявление потенциальных источников помех.

Чтобы определить частоту, на которой оптимально принимать цифровой видеосигнал, нажмите Options в правом верхнем углу. В появившемся окне выберите Show noise level, после чего откроется сканер внутриполосного шума (рис. 59).

На рисунке 59 показан график уровня сигнала в частотном диапазоне 1 800 – 2 400 МГц. Четко виден пиковый всплеск на частоте 2 000 МГц, на которой работает подключенный БПЛА. Это означает, что на этой частоте происходит активная передача данных. Другие частоты в диапазоне имеют более низкий уровень сигнала, что свидетельствует об отсутствии активных передатчиков или низком уровне шума, то есть эти частоты свободны для использования.



Рисунок 59. Сканер внутриполосного шума

Восстановление канала связи.

В случае потери канала связи (цвет BER изменился на желтый) доступна принудительная удаленная перезагрузка приемника (модема в блоке радиоретранслятора) и VTX цифрового видео. Для этого необходимо нажать Options 1 (рис. 60) и выбрать тип перезагрузки:

- Soft 2 — перезагрузка прикладной программы на соответствующем устройстве;
- Hard 3 – полная перезагрузка системы соответствующего устройства.



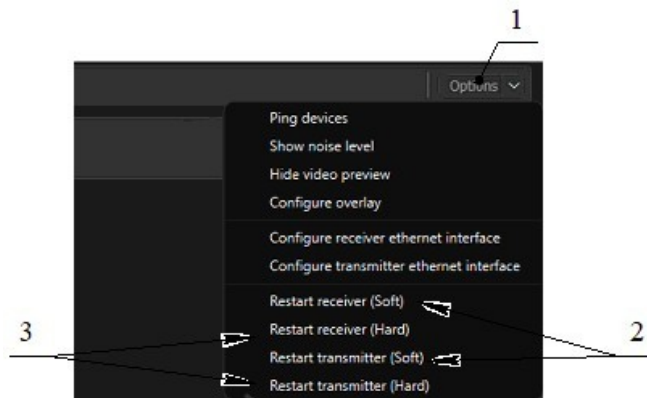


Рисунок 60. Меню options в ПО VLinkApp

1 – Кнопка options, 2 – Кнопки перезагрузки приложения соответствующего устройства, 3 – Кнопки перезагрузки системы на соответствующем устройстве.

3.6.1. Горячие клавиши и ошибки в VLinkApp

Горячие клавиши VLinkApp.

Ctrl + прокрутка колесика мыши — масштабирование видео с помощью мыши или тачпада;

Ctrl + Shift + «+» — увеличить масштаб видео; Ctrl

+ «_» — уменьшить масштаб видео;

1, 2, 3, 4 — переключение видеопотоков после нажатия в области видео.

Таблица 4. Сообщения об ошибках в VLinkApp.

Ошибка	Причины	Решение
Связь не обнаружена на приемнике	Sine.link не подключен к Sine.video Rx.	Переподключите USB. Проверьте USB-кабель.
Связь с передатчиком не обнаружена	Sine.link не подключен к Sine.video Tx.	Переподключите USB. Проверьте USB-кабель. Проверьте сопряжение Sine.link.
Link не открыт на приемнике	Sine.video не видит конфигурацию Sine.link.	Переподключите кабель. Проверьте настройки Sine.link в LinkApp.
RF-модуль* не обнаружен на приемнике	RF-модуль На Rx не инициализирован.	Sine.video micro: переподключите RF-модуль и USB-кабель. Проверьте питание RF-модуля.
RF-модуль не обнаружен на передатчике	RF-модуль На Tx не инициализирован	Sine.video micro: Переподключите RF-модуль и

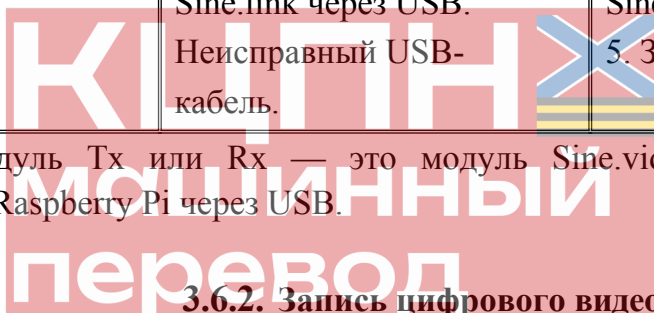


		USB-кабель.
Не удалось выполнить ping передатчика	Передатчик физически не подключен.	Проверьте питание модуля. Подключите модуль заново.
Не удалось прочитать конфигурацию устройства	Версии не совпадают VLinkApp и Sine.video Rx.	Проверьте версии. Обновите в случае несоответствия.
VLinkUnknown	RF-часть не подключена.	Sine.video micro: переподключите RF-модуль и USB-кабель. Проверьте питание на RF-модуле.
Нет видео!	Видео не работает.	Запустите тестовое видео. Перезапустите систему.
Не удается выполнить ping IP-камеры	Неверный IP-адрес камеры. Проблемы с Ethernet.	Проверьте IP-подсеть камеры и Tx. Перезапустите камеру.
Нулевой битрейт с камеры	Отсутствие битрейта с камеры.	Проверьте URL RTSP. Запустить видео через терминал.
Не удалось инициализировать модуль VTX	Не удалось инициализировать модуль Tx.	Выполните физический перезапуск. Подключите питание заново. Заменить USB-кабель. Отправить на ремонт/замену.
Не удалось инициализировать модуль VRX	Невозможно инициализировать модуль Rx.	
Не удалось инициализировать модуль VTX	Невозможно инициализировать модуль Tx.	
Не удалось настроить радио для модуля VTX	Не удалось установить параметры радиомодуля.	
Не удалось установить параметры радиомодуля для VRX module	Не удалось установить параметры радиомодуля.	
Не удалось установить состояние (вкл./выкл.)	Невозможно установить режим Tx.	



для модуля VTX		
Не удалось установить мощность для модуля VTX	Невозможно настроить мощность.	
Ссылка защищена паролем, введите пароль, иначе некоторые функции будут ограничена	На Sine.link установлен пароль	Пожалуйста, введите пароль. Введите пароль.
Не удалось отправить видео через USB к VTX	Превышение битрейта. USB работает нестабильно. Чрезмерная нагрузка из-за подключенного USB-камеры. Недостаточное питание Sine.link через USB. Неисправный USB-кабель.	1. Уменьшите битрейт. 2. Проверьте USB-кабель. 3. Переподключите USB-кабель. 4. Проверьте питание Sine.link. 5. Замените USB-кабель.

* - RF-модуль Tx или Rx — это модуль Sine.video micro Tx или Rx, подключаемый к Raspberry Pi через USB.



3.6.2. Запись цифрового видео с помощью

Программное обеспечение VLinkApp предназначено для отображения цифрового видео и, как правило, используется одновременно с MP, применяемым для планирования полётных миссий, а также для мониторинга и управления БПЛА.

Поскольку ни MP, ни VLinkApp не имеют встроенной функции записи цифрового видео, в случае необходимости рекомендуется использовать один из двух способов, приведенных ниже.

Запись цифрового видео непосредственно с камеры БПЛА через сетевое соединение.



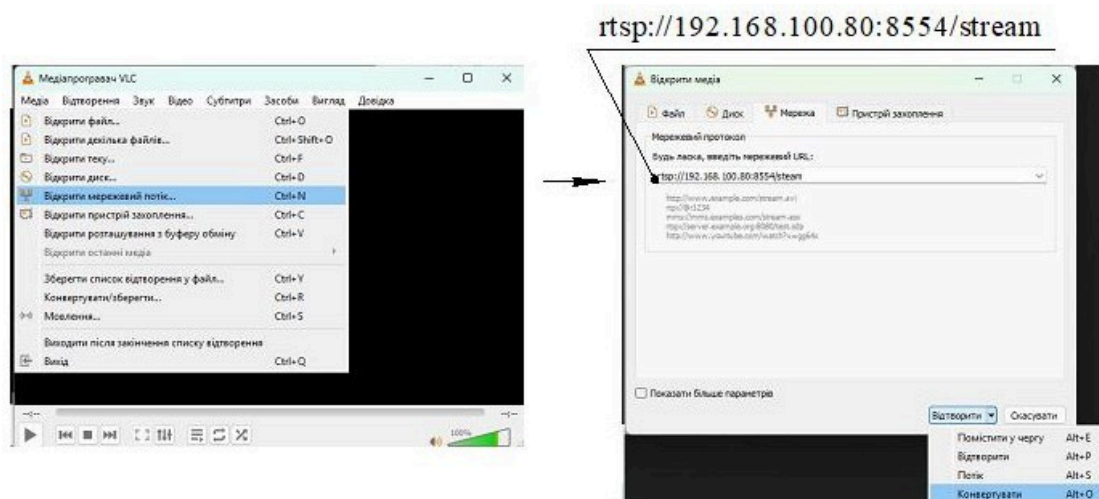
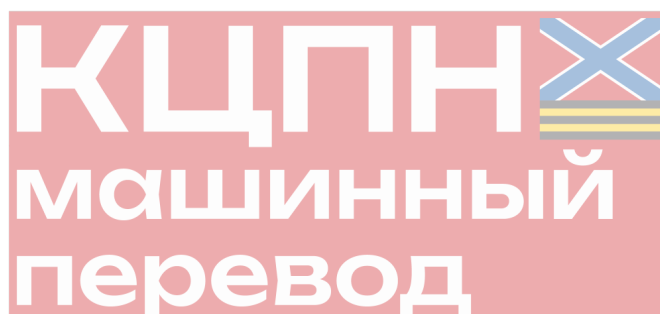


Рисунок 61. Настройка цифровой видеозаписи через сетевое соединение

Откройте медиаплеер VLC, на главной панели нажмите кнопку «Медиа» (рис. 61) и выберите поле «Открыть сетевой поток». В новом окне



введите сетевой URL — `rtsp://192.168.100.80:8554/stream` и нажмите на «Конвертировать».

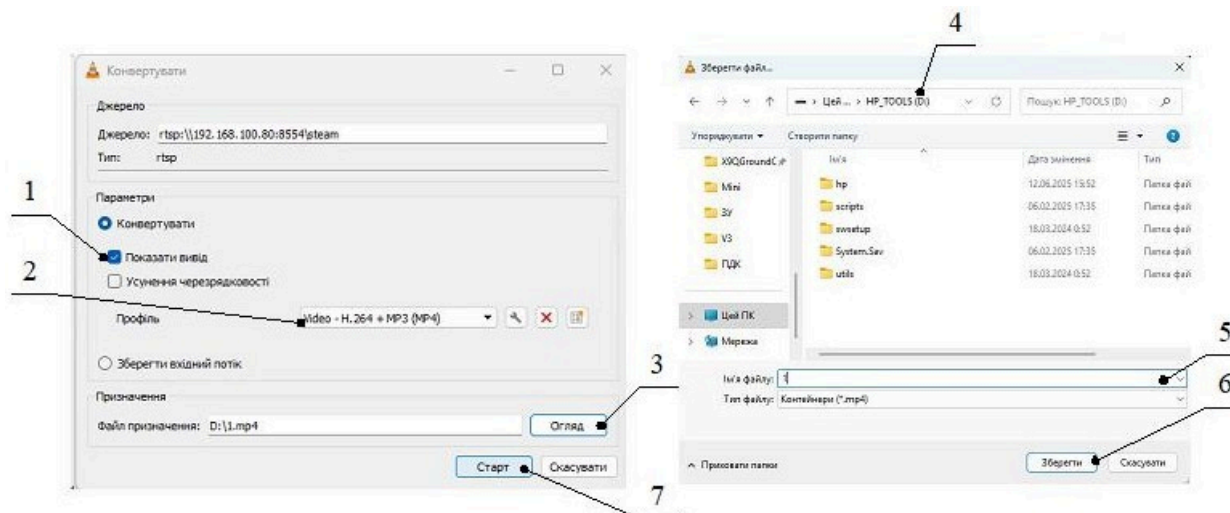


Рисунок 62. Выбор пути сохранения цифровой видеозаписи через сетевое соединение

В новом окне установите флажок 1 (рис. 62), в поле «Профиль» 2 выберите «Video – H.264 + MP3 (MP4)». Нажмите кнопку «Обзор» 3 и выберите папку 4 для сохранения файла. Введите название будущей записи 5 и нажмите «Сохранить» 6. Нажмите «Старт» для начала записи цифрового видео через сетевое соединение.

Для завершения записи видео нажмите кнопку 1 (рис. 63). Нажмите кнопку 2 медиаплеера VLC, в противном случае при воспроизведении записи может возникнуть ошибка.

После выполнения указанных действий будет создан файл видеозаписи, полученной через сетевое соединение, в выбранном формате и месте сохранения.

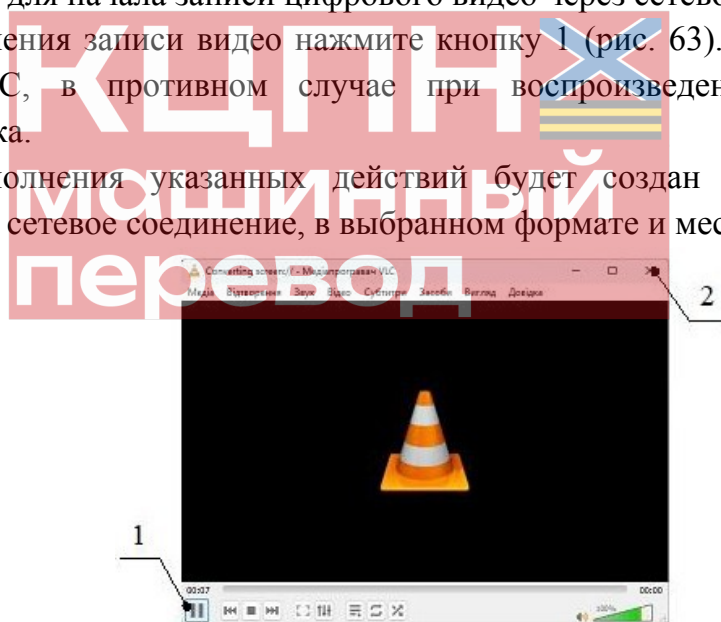


Рисунок 63. Прекращение цифровой видеозаписи посредством записи экрана ноутбука в VLC

Запись цифрового видео, отображаемого в ПО VLinkApp, путем записи экрана ноутбука.

Откройте медиаплеер VLC, на главной панели нажмите кнопку 1 (рис. 64). В окне настроек откройте вкладку «Устройство захвата» 2. В поле «Режим захвата» 3 выберите «Рабочий стол». В поле «Желаемая частота кадров захвата» 4 установите 25–30 кадров в секунду. Нажмите «Конвертировать» 5.



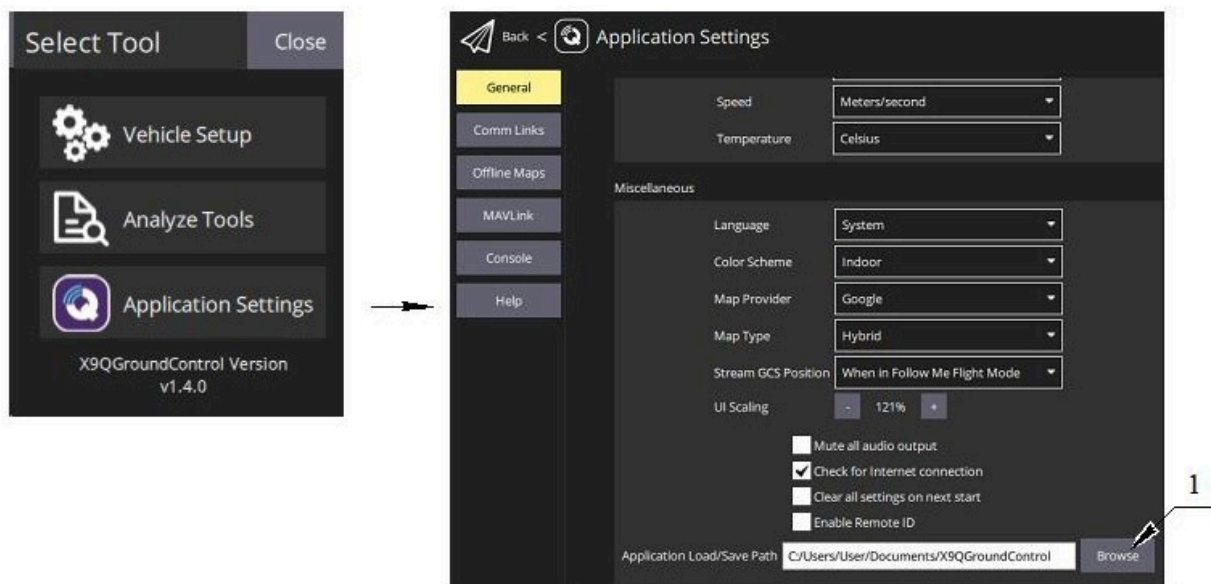


Рисунок 66. Выбор пути сохранения цифровой видеозаписи в QGC

Укажите доступный локальный диск с достаточным объемом памяти для сохранения файла.

Теперь после нажатия красной кнопки записи цифрового видео в интерфейсе QGC все созданные файлы будут сохраняться в указанном в настройках каталоге, заданном в поле Application Load/Save path.

3.7. Проверка включения записи локального видео

При включенном модуле цифрового видеопотока, питания БПЛА и подключенном ПДК переведите переключатель DVR SG (рис. 24) на ПДК в положение «На себя». Откройте защелку модуля видеозаписи DVR 15 (рис. 1), поднимите крышку и проверьте индикатор. Мигание синего светодиода свидетельствует об активном режиме записи локального видео на карту памяти модуля DVR.

3.8. Установка а ЗУ

Система крепления ЗУ БПЛА UAV Perun MAX протестирована нагрузкой, превышающей предельную несущую способность БПЛА в 32 кг, установленную производителем, в результате чего колебаний и потери жесткости не зафиксировано.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАГРУЖАТЬ БПЛА UAV PERUN MAX ОРУЖИЕМ ОБЩИМ ВЕСОМ БОЛЕЕ 32 КГ.

Оснащение ЗУ должно быть выполнено специалистом-взрывотехником, при наличии у него:

- общей военной подготовки;
- допуска в соответствии с «Руководством по подрывному (взрывному) делу в ВСУ, утвержденным приказом ГШ ВСУ от 04.01.2017 № 1»;
- подтвержденной подготовки по эксплуатации аппарата;



- знания правил техники безопасности;
- технического образования (желательно).

Все операции с ЗУ должен выполнять только специалист-взрывотехник. Командир подразделения отвечает за выбор ЗУ.

Работы по оснащению аппарата ВУ необходимо проводить на ровной твердой площадке, соответствующей требованиям раздела 2.7, в соответствии с требованиями безопасности согласно разделу 1.2. Расположить БПЛА на ВПМ таким образом, чтобы он был ориентирован носом (камерой) в направлении маршрута.

Перед каждой установкой ЗУ специалист-взрывотехник должен выполнять следующую последовательность действий:

Проверить исправность всех бортовых систем БПЛА самостоятельно или совместно с экипажем. Отключить питание аппарата от АКБ. Убедиться, что общая масса ВУ не превышает 32 кг. Осмотреть корпуса ВУ на отсутствие трещин, деформаций или коррозии.



Рисунок 67. Основные части БПЛА

1 — Храповый механизм, 2 — Крепежные ремни, 3 — Условная линия расположения центра масс ЗУ, 4 — Направляющие для ЗУ, 5 — Карабин, 6 — Механизм сброса.

Наклоните аппарат на бок, опирая его на пару лучей и пару опорных ножек.

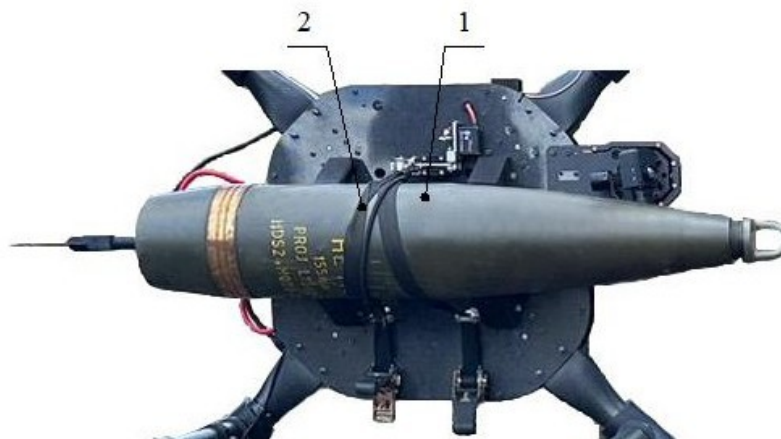
Расправьте крепежные ремни 2 (рис. 67). Откройте карабин 5, вставьте его в отверстие «закрытого» механизма сброса 6 и закройте карабин 5. Убедитесь, что длины крепежных ремней достаточно для введения корпуса ЗУ 1 (рис. 68). Если длины недостаточно, то высвободите необходимое количество крепежных ремней 2 (рис. 67) с помощью храповых механизмов 1.

Установите корпус ПУ 1 (рис. 68) в направляющие для ПУ 4 (рис. 67) и закрепите его с помощью крепежных ремней 2 (рис. 68). Убедитесь, что центр масс установленного ПУ соответствует условной линии 3 (рис. 67).



ВНИМАНИЕ: НЕДОСТАТОЧНАЯ ЗАТЯЖКА КРЕПЕЖНЫХ РЕМНЕЙ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ ЗУ МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ВИБРАЦИИ ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА. ЧРЕЗМЕРНАЯ ЗАТЯЖКА КРЕПЕЖНЫХ РЕМНЕЙ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ ЗУ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ОТКАЗУ МЕХАНИЗМА СБРОСА.

Проверьте горизонтальность аппарата с полностью укомплектованным ЗУ, отклонение не должно превышать $\pm 2^\circ$. Подождите пять минут и вручную убедитесь, что люфт между крепежными ремнями и корпусами ЗУ не превышает 1 мм.



корпуса ЗУ 1 — Корпус ЗУ, 2 — Крепежные ремни.

Подключите БПЛА к АКБ в соответствии с разделом 3.2.8, тем самым подав питание на аппарат.

Установить и активировать взрыватели в закрепленные корпуса ЗУ.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЛЮБОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АППАРАТ НА ЗЕМЛЕ ПОСЛЕ АКТИВАЦИИ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ В КОРПУСАХ ЗУ.

КОН
МАШИНЫ
перевод



4. ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕ ОГО ПОЛЁТА

Перед выполнением полёта убедитесь, что ноутбук и ПДК подключены между собой с помощью USB-кабеля (рис. 15) и каждый из них подключен к катушке питания радиоретранслятора кабелями Ethernet; блок питания радиоретранслятора и БПЛА подключены к АКБ; кабель блока питания радиоретранслятора подключен к радиоретранслятору; ПО типа MP или QGC подключено к полетной контроллеру в соответствии с разделами 3.4 или 3.5, а кнопка питания на блоке включена.

Проверьте, расположен ли БПЛА носом (камерой) в направлении маршрута на ЗПМ, с учетом требований раздела 2.7. Определите, допустимы ли погодные условия для эксплуатации аппарата, а именно скорость и направление ветра, в соответствии с разделом 2.4. В MP или QGC убедитесь, что количество спутников превышает 24, HDOP не превышает 0,7, показатель качества принимаемого радиосигнала RSSI не ниже 70, миссия загружена и отсутствуют ошибки. Переведите все переключатели ПДК в положение «От себя», что обеспечивает режим управления PosHold SB (рис. 70), предотвращение сброса ПЗУ SC (рис. 71), отключены отображение аналогового видеосигнала (VTX) SD (рис. 24) и запись видеосигнала (DVR) SG, а также стабилизация аппарата с загруженным ЗУ SE (рис. 71). Если да, запустите двигатели и наберите ориентировочно 10 м высоты. Проверьте в MP или QGC сообщение о калибровке компаса. Если программа обнаруживает ошибку в работе компаса, выполните посадку. Если компас работает исправно, поднимите аппарат на минимально безопасную высоту 30 м и переведите переключатель SA (рис. 70) в положение «На себя» для включения режима Auto.

ВНИМАНИЕ: ПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ SC «ОТ СЕБЯ» ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ НА ВСЕМ ПЕРИОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТА, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ МОМЕНТОВ СБРОСА ЗУ. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ SC НЕОБХОДИМО ВСЕГДА ВКЛЮЧАТЬ, ТАК КАК ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ ОДНА ИЗ КНОПОК ВЫБОРА ЗУ ПОСТОЯННО ОСТАЕТСЯ АКТИВНОЙ.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ВЗЛЕТ ПРИ ПОЯВЛЕНИИ КРИТИЧЕСКИХ СООБЩЕНИЙ НА ЭКРАНЕ НОУТБУКА О НАЛИЧИИ ВИБРАЦИЙ ИЛИ СИГНАЛОВ ПОДАВЛЕНИЯ (КОЛИЧЕСТВО СПУТНИКОВ МЕНЬШЕ 24 ИЛИ 33 И БОЛЕЕ) ЗАПРЕЩАЕТСЯ!

4.1. Порядок запуска двигателей

Проверьте, находятся ли все переключатели ПДК в верхних положениях.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ОБЯЗАТЕЛЬНО УБЕДИТЕСЬ, ЧТО ЛОПАСТИ НА БПЛА НЕ ПОВРЕЖДЕНЫ И СВОДЯТСЯ И РАЗВОДЯТСЯ СВОБОДНО. А ТАКЖЕ СОБЛЮДЕНЫ ЛИ ТРЕБОВАНИЯ РАЗДЕЛА 2.7 ОТНОСИТЕЛЬНО ЗПМ.



Переведите левый рычаг ПДК в положение вниз и вправо (рис. 69) и удерживайте до момента исчезновения символа «D» рядом с отображением активного режима управления БПЛА 5 (рис. 74) на мониторе. Это означает, что система ARM активирована и БПЛА начнет запуск вращения двигателей. Отпустите левый стик ПДК после запуска. Переведите его вверх и отпустите после взлета БПЛА.



Рисунок 69. Расположение левого джойстика управления ПДК и порядок запуска двигателей (arm). Достигнув минимальной безопасной высоты, проверьте в ПО типа MP или

QGC, что магнитометр откалиброван; если да, то активировать режим Auto, в котором БПЛА продолжит полет по пологой глиссаде, заданной в миссии. Или продолжить полет в режиме AltHold, если количество спутников не обеспечивает выполнение полета в режиме Auto.

4.2. Режимы полёта и порядок их активации

БПЛА запрограммирован на несколько режимов полета, их активация осуществляется оператором с помощью переключателей режимов полета SA и SB (рис. 70) на ПДК. Переключение режимов управления возможно как до, так и во время полета, с управлением из укрытия через проводной канал.



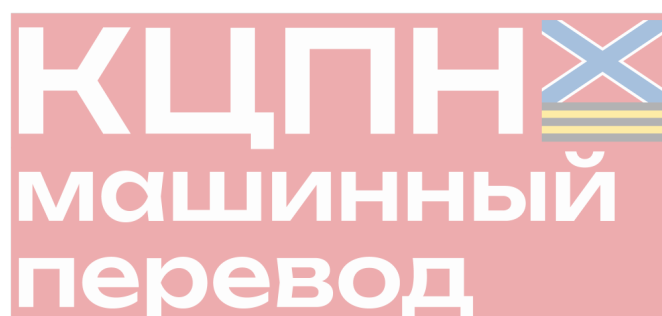
Рисунок 70. Переключатели режимов полёта и стики управления на ПДК SA – Переключатель режима полёта Auto, SB – Переключатель режимов полёта

Режим Position Hold (PosHold) — удержание позиции

PosHold удерживает текущие координаты, курс и высоту БПЛА, его активация осуществляется в положении переключателей режимов SA – положение «от себя» – положение «от себя». Режим PosHold применяется при взлете и посадке в ру



режиме управления, а также для ведения наблюдения с фиксированной точки,



стабилизации БПЛА во время ожидания дальнейших команд и автоматического удержания позиции при потере связи с ПДК.

При отпущенных стиках аппарат «зависает» на месте, при движении стиков начинается контролируемое движение, после чего снова наступает стабилизация.

Таблица 5. Ручное управление в режиме PosHold.

Throttle – джойстик управления мощностью двигателей (газом), изменение высоты	Pitch – тангаж, наклон носа вверх-вниз (ось Y)
Yaw – курс, поворот влево/вправо (ось Z)	Roll – крен, наклон аппарата влево/вправо (ось X)

Условия использования:

- активный GPS с точностью не хуже ± 2 м;
- отсутствие значительных вибраций и магнитных помех;
- откалиброванный магнитометр (раздел 8.9);
- угол наклона вверх-вниз по умолчанию 20° .

Взлет в режиме PosHold.

Убедитесь, что переключатель режимов полёта SB установлен в положение «От себя», то есть активирован режим управления PosHold. Медленно поднимите левый стик Throttle (стик газа) ПДК вверх до начала вертикального движения БПЛА. Продолжите взлёт до достижения высоты 10–15 м для стабилизации в воздухе. Проверьте в ПО типа MP или QGC, что магнитометр откалиброван; если да, то переведите переключатель режимов полёта SA в положение «К себе», то есть активируйте режим Auto, в котором БПЛА продолжит полет по пологой гласседе, заданной в миссии.

Удержание траектории полёта вручную в режиме PosHold.

Управляйте БПЛА с помощью джойстиков ПДК, ориентируясь на карту маршрута в ПО MP или QGC. Обеспечивайте удержание БПЛА в пределах запланированного маршрута путем постоянной корректировки его положения джойстиками ПДК. Компенсируйте смещение аппарата под воздействием бокового или диагонального ветра соответствующей корректировкой крена и тангажа правым джойстиком ПДК. Поддерживайте высоту левым джойстиком ПДК.

ВНИМАНИЕ: НЕ ОТПУСКАЙТЕ РЕЗКО ПРАВЫЙ СТИК ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ БПЛА. ЭТО ПРИВОДИТ К ЧРЕЗМЕРНЫМ НАГРУЗКАМ НА КОНСТРУКЦИЮ И МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ОСЛАБЛЕНИЕ КРЕПЛЕНИЙ АППАРАТА.

Посадка БПЛА в режиме PosHold.

Плавно снижать аппарат, управляя левым джойстиком ПДК, до относительной высоты 15–20 м допускается быстрое снижение, то есть вертикальная скорость может составлять до 1,7 м/с.

На высоте ниже 15–20 м до места посадки скорость снижения следует поддерживать в пределах 0,4–0,7 м/с. Если вертикальная скорость посадки БПЛА превышает 0,7 м/с, а



посадка осуществляется на твердую поверхность, это может привести к повреждению опорных элементов (ножек аппарата). При вертикальной скорости менее 0,4 м/с создается эффект воздушной подушки, что затрудняет соприкосновение БПЛА с ЗПМ. После приземления остановите вращение двигателей в соответствии с процедурой, изложенной в разделе 4.5.1, и отключите аналоговое видео, переведя переключатель SD (рис. 24) в положение «От себя».

Режим Altitude Hold (AltHold) — удержание высоты

AltHold стабилизирует высоту БПЛА по барометрическим данным, без GPS-навигации, поэтому этот режим управления является наиболее рекомендуемым в случае подавления РЭБ и/или GPS-спуфинга. Активация этого режима осуществляется при положении переключателей режимов SA – положение «от себя», SB – среднее положение. AltHold применяется для обеспечения ручного управления с автоматическим удержанием фиксированной высоты, использования БПЛА в средах без стабильного GPS-сигнала и при потере спутниковой навигации.

При отпущенных стиках аппарат сохраняет заданную высоту, но может смещаться в горизонтальной плоскости под действием ветра, поскольку его положение в горизонтальной плоскости не фиксируется.

Таблица 6. Управление в режиме AltHold.

Throttle - автоматический контроль мощности двигателей (газом) для стабилизации высоты	Pitch – ручное управление – тангаж, наклон носа вверх-вниз (ось Y)
Yaw – ручное управление – курс, поворот влево/вправо (ось Z)	Roll – ручное управление – крен, наклон аппарата влево/вправо (ось X)

Барометрическая высота зависит от атмосферного давления, поэтому при его изменении возможно отклонение от заданной геометрической высоты.

Условия использования:

- исправный барометр;
- минимальный уровень вибраций.

Полет в режиме AltHold является более экономичным, чем в PosHold. Аппарат автоматически удерживает заданную высоту без постоянной корректировки по GPS, что снижает нагрузку на систему навигации и уменьшает расход АКБ.

Набор высоты вручную в режиме AltHold (без GPS).

Во время набора высоты контролируйте показатели: абсолютную высоту, показатели вибраций, скорость полёта и вертикальную скорость. В режиме AltHold выполняйте полёт в следующей последовательности: сначала задайте горизонтальное движение БПЛА вперёд правым джойстиком ПДК, после стабилизации аппарата начните набор высоты левым джойстиком ПДК.

Удержание траектории полёта вручную в режиме AltHold (без GPS).

Управляйте БПЛА с помощью джойстиков ПДК, ориентируясь на карту маршрута в ПЗ МР или QGC. Обеспечивайте удержание БПЛА в пределах



запланированного маршрута путем постоянной корректировки его положения правым джойстиком ПДК. Компенсировать смещение аппарата под воздействием бокового или диагонального ветра соответствующей корректировкой крена и тангажа (правым джойстиком ПДК).

Контролировать положение БПЛА по цифровому видео с тепловизионной камеры и визуальным ориентирам местности (дороги, деревья, сооружения и т. п.). Запоминать характерные объекты для упрощения навигации при возвращении.

ВНИМАНИЕ: НЕ ОТПУСКАЙТЕ РЕЗКО ПРАВЫЙ СТИК ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ БПЛА. ЭТО ПРИВОДИТ К ЧРЕЗМЕРНЫМ НАГРУЗКАМ НА КОНСТРУКЦИЮ И МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ОСЛАБЛЕНИЕ КРЕПЛЕНИЙ АППАРАТА.

Посадка БПЛА в режиме AltHold (без GPS).

Определите и запомните ориентиры места посадки.

Поверните камеру под углом 90°.

Определите направление поворота по YAW, при котором изображение на мониторе «смещается» вниз, запомнить соответствующий азимут полета против сноса.

С учётом сноса аппарата ветром, с помощью правого стика повернуть его в район посадки по ориентирам. Убедиться, что азимут соответствует положению аппарата против ветра.

Выполнить снижение: правым джойстиком — короткие отклонения «от себя», левым джойстиком — уменьшение высоты со скоростью 0,4–0,7 м/с до посадки. После касания поверхности остановить вращение двигателей в соответствии с процедурой, приведенной в разделе 4.5.1, и выключить аналоговое видео, переведя переключатель SD (рис. 24) в положение «От себя».

Режим Return to Launch (RTL) — возвращение к точке взлета

RTL — это автоматический режим полета, запрограммированный на возвращение БПЛА из его текущего положения в ранее выбранную точку (Home Point в MP / Takeoff в QGC) взлета/готовности (arm), а затем на зависание и приземление. Активация RTL осуществляется в положении переключателей режимов SA — положение «от себя», SB — нижнее положение, либо автоматически по заданию в ПО MP / QGC, либо в случае потери связи.

При отпущенных стиках аппарат автоматически выполняет заранее заданную траекторию возврата, посадку и отключение двигателей (disarm). Аппарат возвращается к точке взлета на той высоте, на которой находился в момент активации режима управления RTL, после чего осуществляет вертикальное снижение и посадку. Автоматический disarm происходит только после фиксации системой посадки.

Ручное вмешательство в ход выполнения режима возможно с помощью любого стика, в результате чего оператор может вносить корректировки по всем осям, кроме вертикальной.



Условия использования:

- GPS-позиционирование с фиксацией точки взлета;
- предварительно записанная точка запуска;
- калиброванный магнитометр (раздел 8.9).

Режим Auto — выполнение миссии

Режим Auto — это автоматический режим полёта, в котором БПЛА выполняет вновь созданную или предварительно загруженную миссию с ноутбука на полетный контроллер аппарата благодаря MP / QGC, что осуществляется без вмешательства оператора. Полет происходит по заданным WP (waypoints — точкам маршрута) с соблюдением параметров высоты, положения и скорости аппарата, действий в заданных WP (ожидание на позиции, сброс ПЗ и т. д.). Его активация осуществляется в случае, если БПЛА поднят в воздух, а положение переключателей режимов SA — нижнее положение, SB — любое положение. В таком случае автопилотирование аппарата начнется с первой команды миссии из MP / QGC в тот момент, когда переключатель режима полета SA будет переведен в нижнее положение Auto.

Примечание: Сообщение в MP: «Mode change AUTO failed» свидетельствует об отказе перехода в режим Auto. Это происходит, когда автопилот запрещает переключение в автономный режим из-за недостаточно качественного GPS-сигнала. Таким образом, система остается в текущем режиме до восстановления нормальных условий.

В случае вмешательства оператора в режим Auto путем переключения в любой режим ручного управления режим приостанавливается, и система переходит в соответствующий ручной режим.

Показателями Throttle, Pitch, Roll автопилот управляет автоматически. В режиме Auto значение Yaw определяется курсом, заданным миссией. Оператор может временно скорректировать курс (Yaw) с ПДК, однако после достижения следующей точки маршрута (WP) автопилот восстанавливает контроль.

Условия использования:

- загруженная и проверенная миссия;
- GPS-позиционирование с фиксацией точки взлета;
- отсутствие значительных вибраций и магнитных помех;
- настроенные параметры режима RTL;
- исправные магнитометр и барометр.

Миссия создается и может изменяться в ПО типа MP или QGC и должна включать RTL. Если в миссии отсутствует финальная команда RTL, БПЛА после завершения последнего действия останется в режиме Auto в конечной точке маршрута, например «зависнет» на месте, ожидая дальнейших команд. В таком случае оператору необходимо будет вручную переключить режим полёта с помощью пульта дистанционного управления или программного обеспечения для возвращения аппарата. Допускается редактирование миссии во время выполнения полёта.



Как правило, корректировка полетного задания заключается в изменении скорости и высоты полета или исключении одного или нескольких WP. Решение о внесении изменений принимается с учетом остаточного заряда АКБ, текущих летных условий (метеорологической обстановки, видимости, наличия препятствий и состояния воздушного пространства), а также с учетом массы полезной нагрузки, которую несет БПЛА.

Выход из режимов Auto и RTL.

Помимо ПДК из режимов Auto и RTL можно выйти с помощью ПО типа MP или QGC, установленного на ноутбуке НСК. Более подробная информация приведена в разделах 3.4.2 и 3.5.2 данного руководства.

Примечание: Вмешательство в режимы RTL и Auto приводит к их приостановке. Повторная установка RTL или Auto возобновляет выполнение миссии с той же точки расположения БПЛА.

Отключение двигателей в случае ручного перехвата БПЛА.

После выхода из режима Auto или RTL оператор должен выполнить безопасную посадку в ручном режиме, что возможно с помощью джойстиков ПДК или ПО НСК, в соответствии с разделами 4.5 или 3.4.2, 3.5.2.

Примечание: В случае ручного перехвата БПЛА и его посадки на землю, если не выполнено отключение двигателей вручную, система может оставаться в активном состоянии даже после приземления. Поэтому необходимо остановить двигатели в соответствии с разделом 4.5.1.

В случае потери или ухудшения связи, уменьшения количества спутников, спонтанного смещения отметки БПЛА на мини-карте или вхождения в фронт сложных погодных условий оператор должен принять решение о выборе оптимального режима управления и продолжении или прекращении миссии в соответствии с разделом 6.

4.3. Выполнение полёта и э я энергоэффективность

Точный курс БПЛА и стабильная высота полёта минимизируют колебания тока, продлевают время нахождения в воздухе и обеспечивают предсказуемый результат.

В режиме Auto следует избегать полета между точками на высоте всего 30 м, так как это увеличивает риск столкновения с деревьями, антеннами или линиями связи. Рекомендуются минимальная высота маршрута от 100 м в открытой местности. При планировании миссии учитывайте сектор направленности антенн около 25°. Наилучшая связь поддерживается вдоль центрального вектора сектора. Граница сектора не является жесткой, поэтому сигнал может сохраняться за пределами сектора, но будет слабее. Поэтому при построении маршрута следует ориентироваться на середину сектора, особенно на участках взлета и посадки.

Переходы между точками миссии следует осуществлять плавно:

При переходе к следующей точке миссии, при изменении азимута, аппарат меняет курс, в результате чего в траектории полёта возникают резкие углы, что снижает его скорость.



Поэтому рекомендуется планировать плавные дуги, благодаря дополнительным промежуточным WP, или в критических местах применять режимы PosHold или AltHold;

Следует избегать коротких отрезков с острыми углами ($\geq 4^\circ$), поскольку это снижает горизонтальную скорость БПЛА до $\approx 2\text{--}3$ м/с. Даже короткие сегменты миссии могут снижать горизонтальную скорость БПЛА до $5\text{--}7$ м/с. И то, и другое приводит к повышенному расходу АКБ и сокращает время полёта.

Маневры и высотные профили.

Следует избегать вертикального набора большой высоты аппаратом над местом взлёта, так как это значительно увеличивает расход АКБ и создаёт риск попадания под огонь над головой.

Для сброса БУ формировать глиссаду, представляющую собой спуск с крейсерской высоты до 100 м над уровнем земли с соответствующей длиной отрезка.

Подлет БПЛА к ЗПМ следует выполнять на минимальной безопасной высоте, например, 40 м, для минимизации времени нахождения в поле зрения тепловизоров противника.

Подбор и контроль скорости для обеспечения энергоэффективности.

Выбирать скорость полёта так, чтобы процентный прирост скорости превышал процентный прирост тока. Это обеспечивает увеличение полезной дальности полёта БПЛА. Пример: если при 80 А — 15 м/с, а при 85 А — 20 м/с, то здесь ток увеличивается на 6%, а скорость — на 33%, что является энергоэффективным. В такой ситуации рекомендуется поддерживать скорость 20 м/с.

Если процентный прирост тока равен или превышает прирост скорости, энергоэффективность снижается, АКБ быстрее разряжается, а дальность полёта уменьшается.

Рекомендуемые параметры:

- вертикальная скорость взлета 1,5–1,8 м/с;
- вертикальная скорость посадки 0,4–0,7 м/с;
- крейсерская скорость аппарата 54 км/ч или 15 м/с;
- максимальная скорость БПЛА 72 км/ч или 20 м/с.

Работа с ветром и режимами удержания.

Для определения направления ветра перейдите в PosHold и по показателям крена/тангажа оцените компенсацию. В AltHold удерживайте схожие значения, немного увеличенные для компенсации сноса.

Коррекцию сноса ветром выполнять правым стиком ПДК. Оптимально ориентировать аппарат против ветра, то есть держать значение крена 0.

Переход из Auto в AltHold осуществляйте без потери скорости, чтобы избежать нежелательных нагрузок на аппарат.

Перед началом нового круга отключите АКБ и проверьте все крепления на борту — это предотвращает вибрации и потерю элементов во время взлета.



4.4. Сброс нагрузки с помощью механизма « »

Условия активации механизма сброса ЗУ с помощью переключателя SH:

- 1) Нажмите одну из шести кнопок выбора ЗУ, что активирует соответствующее ЗУ и подтверждается красным индикатором (рис. 71);
- 2) Перевести предохранитель сброса ЗУ SC в крайнее нижнее положение «На себя» для разблокировки работы переключателя SH и возможности инициирования сброса выбранного ЗУ;
- 3) Нажмите переключатель активации сброса ЗУ SH в крайнее верхнее положение «На себя» для непосредственного сброса выбранного ЗУ.
- 4) В случае необходимости сброса нескольких ЗУ повторите действия, указанные в пп. 1–3, для каждого ЗУ.
- 5) В случае сброса двух ЗУ при общей нагрузке тремя ЗУ или одного ЗУ массой более 20 кг убедиться в факте сброса (по показаниям системы или визуально) и перевести переключатель SE в крайнее нижнее положение «На себя» для стабилизации аппарата после снятия нагрузки.
- 6) После завершения сброса БУ переведите предохранитель SC в крайнее верхнее положение «От себя» для блокировки системы сброса БУ.

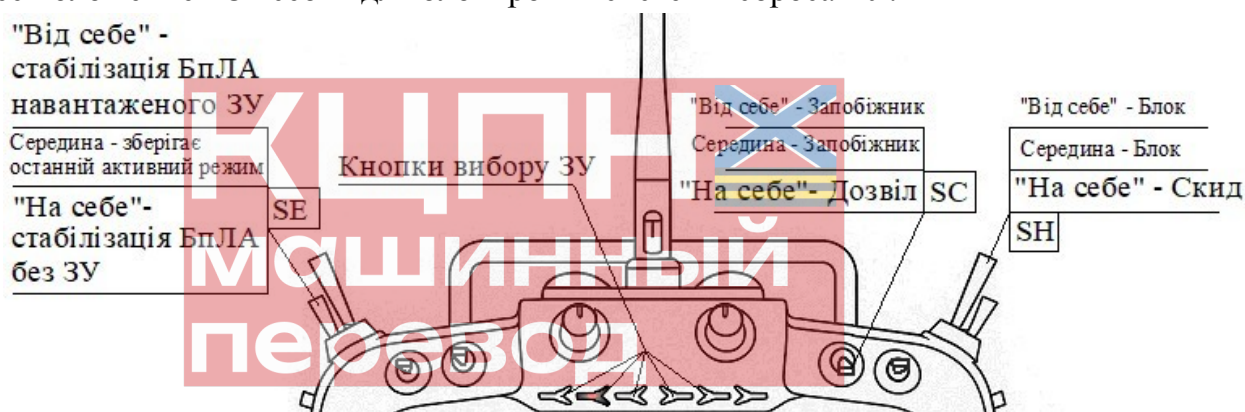


Рисунок 71. Органы управления, задействованные при сбросе ЗУ

SE – переключатель, SC – предохранитель сброса ЗУ, SH – переключатель активации механизма сброса ЗУ.

Для сохранения баланса центра масс БПЛА рекомендуется выполнять сброс парами: УВ 1 и 3, УВ 2 отдельно.

Закрепленные на БПЛА ЗУ нумеруются, глядя на аппарат со стороны хвоста, слева направо; эти номера соответствуют кнопкам выбора ЗУ на ПДК.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: В РУЧНОМ РЕЖИМЕ С НАГРУЗКОЙ ЗУ ЗАПРЕЩЕНЫ РЕЗКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТЫ И КУРСА БПЛА. НАРУШЕНИЕ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМУ СБРОСУ УК и УСКОРЕННОМУ РАЗРЯДУ АКБ.

Сброс средств поражения в режиме PosHold.

Достигните запланированной точки миссии, ориентируясь по ПО МР или QGC. Поверните камеру под углом 90° и выведите цель в поле зрения. Удерживая БПЛА над целью по видео с камеры аппарата, разверните аппарат по YAW против ветра, то есть когда



показатель крена 15 (рис. 74) равен 0, а тангаж 14 имеет положительное или отрицательное отклонение. Для стабилизации БПЛА используйте правый джойстик ПДК движением

«От себя». В положении против ветра сбрасываемое БУ стабилизируется воздушным потоком, благодаря чему точность попадания выше.

Переведите предохранитель сброса БУ SC (рис. 24) в положение «На себя». Выберите нужный БУ кнопкой выбора БУ и выполните сброс БУ, совместив центральную отметку на мониторе и цель на изображении с видео, переведя переключатель активации механизма сброса БУ SH в положение «На себя». Для последующих сбросов выберите другую кнопку выбора ЗУ и повторите процедуру, удерживая аппарат против ветра.

В случае сброса двух ЗУ при общей нагрузке тремя ЗУ или одного ЗУ массой более 20 кг убедитесь в факте сброса (по показаниям системы или визуальному контролю).

Для предотвращения усиления вибраций и тока БПЛА, а также нетипичного поведения аппарата, переведите переключатель SE в положение «На себя».

Сбросьте последний ЗУ или начните возвращение к ЗПМ.

Сброс боеприпасов в режиме AltHold.

Достигните запланированной точки миссии, ориентируясь по ПО MP или QGC. Поверните камеру под углом 90° и выведите цель в поле зрения. Удерживая БПЛА над целью по видео с камеры аппарата, разверните аппарат по YAW против ветра в режиме PosHold. Включите режим управления Althold.

В случае, если выставить БПЛА против ветра в режиме PosHold невозможно (подавление GPS), выполните следующие действия:

Определить ориентиры района сброса и зафиксировать их.

Перевести камеру под углом 90°.

Поворачивая БПЛА по YAW, определите направление аппарата, по которому изображение на мониторе «смещается» вниз, зафиксируйте соответствующий азимут полета против сноса ветром.

С учётом сноса аппарата ветром, с помощью правого стика вывести аппарат в район ориентиров. Убедиться, что курс соответствует зафиксированному азимуту против ветра, и удерживать его во время сброса ЗУ.

Положить ПДК на стол, удерживать небольшое отклонение правого стика ПДК правой рукой без рывков немного вперед (тангаж вперед без импульсов) для компенсации сноса БПЛА ветром. Левой рукой выполнять процедуру сброса ЗУ.

Переведите предохранитель сброса БУ SC (рис. 24) в положение «На себя». Выберите нужный БУ кнопкой выбора БУ. Совместить центральную отметку на мониторе с целью на изображении с видео, при необходимости прицеливаться чуть выше положения цели по ветру. Обеспечить горизонтальную скорость аппарата менее 1 км/ч и удерживать положение 1–2 с.



Выполните сброс БУ, переведя переключатель активации механизма сброса БУ SH в положение «На себя». Для последующих сбросов выберите другую кнопку выбора БУ и повторите процедуру, сохраняя курс аппарата против ветра и скорость менее 1 км/ч.

Примечание: Правило сброса БУ в режиме Althold: если горизонтальная скорость БПЛА меньше 1 км/ч (0,28 м/с), то падение БУ с высокой долей вероятности будет вертикально вниз.

После первого сброса БУ стабилизируйте положение БПЛА в течение 1–2 с с помощью правого джойстика ПДК.

В случае сброса двух БПУ при общей нагрузке тремя БПУ или одного БПУ массой более 20 кг убедитесь в факте сброса (по показаниям системы или визуальному контролю).

Для предотвращения усиления вибраций и колебаний БПЛА, а также нетипичного поведения аппарата, переведите переключатель SE в положение «На себя».

Сбросить последнее УО или начать возвращение к ППМ.

Сброс средств поражения в режиме Auto.

Планирование команд на автоматический сброс ЗУ в ПО MP описано в разделе 3.4.1, а в ПО QGC — в разделе 3.5.1. Убедитесь, что камера повернута под углом 90° и цель находится в поле зрения.

Во время миссии отслеживать момент сброса двух УО из трёх или одного УО массой более 20 кг.

В случае подтверждения факта сброса (по показаниям системы или визуально) переведите переключатель ПДК SE в положение «На себя» для стабилизации аппарата после снятия нагрузки.

После сброса БУ не рекомендуется возвращаться тем же маршрутом «трамвайным ходом». Вместо этого целесообразно выполнить обход или смещение на 1–2 км, изменяя азимут возвращения и избегая повторного входа в зону наблюдения противника. Заранее убедитесь, что заряда АКБ достаточно для этого маневра.

4.5. Возвращение к точке взлета и посадка в режиме « »

Возвращение к точке взлета (Home Position в MP / Takeoff в QGC) рекомендуется инициировать, когда остаточный заряд АКБ составляет менее 50 В, а невыполненная часть маршрута превышает 50 %.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ПРИ СНИЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ БОРТОВОГО ПИТАНИЯ АККУМУЛЯТОРА КОНФИГУРАЦИИ 14S ДО 46 В ИЛИ НИЖЕ НЕОБХОДИМО НЕМЕДЛЕННО ИНИЦИИРОВАТЬ ВОЗВРАТ БПЛА К МЕСТУ ВЗЛЕТА.

На протяжении всего маршрута до ППП показатель качества сигнала RSSI должен оставаться не ниже 70. При снижении RSSI пилот должен увеличить высоту или скорректировать ориентацию аппарата для восстановления устойчивой связи.



Перед посадкой убедитесь, что ЗПМ свободна от людей, препятствий и посторонних предметов.

Возвращение к точке взлёта (Home Position / Takeoff) может выполняться в нескольких режимах:

В режиме управления RTL, где оператор предварительно задает в ПО типа МР или QGC точку Return to Launch, а затем активирует режим. В этом случае при возвращении БПЛА имеет ту же ориентацию в пространстве, в которой он летел до него.

Приближаясь к Home Position / Takeoff, аппарат должен снижаться по глассаде, достигая заданной высоты над уровнем местности последней точки, заданной в ПО, непосредственно над ЗПМ. После чего с меньшей скоростью плавно уменьшать высоту до касания его опор поверхности земли и останавливать двигатели.

В режиме управления AltHold — при подавлении РЭБ, GPS-спуфинге или при сложных метеорологических условиях — оператор обеспечивает ориентацию БПЛА носовой частью (камерой) в сторону ПДК.

Приближаясь к ЗПМ, на расстоянии, достаточном для формирования глассады, в соответствии с разделом 3.4.1, подразделом «Формирование глассады снижения БПЛА с высоты 200 м», переключите режим управления на PosHold и снижайте аппарат по глассаде до высоты 20 м над уровнем местности ЗПМ. После чего плавно уменьшать высоту нахождения аппарата со скоростью в пределах 0,4–0,7 м/с, что позволит осторожно посадить БПЛА на поверхность ЗПМ и остановить двигатели.

4.5.1. Порядок остановки двигателей в режиме управления PosHold

Переведите левый джойстик в положение вниз и влево (рис. 72) и удерживайте до появления символа «D» рядом с отображением активного режима управления БПЛА 5 (рис. 74) на мониторе. Это означает, что система ARM деактивирована и БПЛА остановит вращение двигателей. Если при отведении левого стика в крайнее левое положение двигатели не останавливаются, следует, не отпуская стик, переместить его по нижней оси вправо и снова влево. Это поможет нейтрализовать влияние пыли или посторонних частиц, которые могут мешать правильному считыванию команд в ПДК.

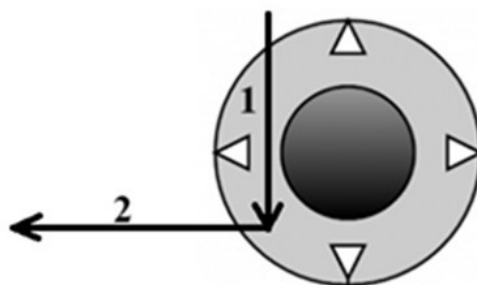


Рисунок 72. Порядок выключения двигателей (disarm).



После завершения работы двигателей БПЛА выключите ПДК, FPV-очки, монитор с функцией DVR и отсоедините все АКБ от системы. Убедитесь в полном обесточивании комплекса.

4.5.2. Работа с экстренными командами

БПЛА поставляется с отключенной GPS-фильтрацией вертикальной скорости: $EK3_SRC1_VLZ = 0$, в этом режиме посадка выполняется обычным снижением мощности двигателей без дополнительных действий.

Если оператор изменил параметр на $EK3_SRC1_VLZ = 1$, то EKF3 (Extended Kalman Filter V3) начинает сглаживать вертикальную скорость по данным GPS. Это повышает стабильность в крейсерском режиме, но во время посадки может создать ситуацию, когда аппарат кратковременно «подпрыгивает» вверх. В этом режиме ручная посадка выполняется следующим образом: левый джойстик (Throttle) плавно, но полностью опустить вниз, иницируя снижение, и одновременно удерживать с отклонением влево или вправо правый джойстик Roll/Yaw. Это принудительно отключит сглаживание, «погасит» резкий подъем и скорректирует вертикальную скорость. После касания земли и если аппарат стабильно стоит на поверхности, выключите двигатели в соответствии с разделом 4.5.1. Таким образом, «по умолчанию» аппарат не требует специальной посадочной техники, она необходима только после сознательного включения GPS-фильтрации оператором.

4.6. Завершение работы Б

Для завершения работы БПЛА необходимо убедиться, что:

- ЗУ отсутствует (сброшено или снято) на механизмах сброса 17 (рис. 1);
- Видеозапись завершена, если нет, то выключить её с помощью переключателя SG ПДК (рис. 24).

После этого необходимо:

Отсоединить разъемы АКБ в соответствии с разделом 3.2.8 для обесточивания БПЛА. Перенести БПЛА к месту сборки.

Выключить ПДК, удерживая кнопку питания 1 (рис. 24) в течение 3–4 секунд до тех пор, пока все светодиоды на ПДК не перестанут светиться. Эта возможность доступна только после выключения двигателей БПЛА (Disarm).

Проверьте антенны VTX и кабели на отсутствие повреждений. При наличии дефектов дальнейший запуск БПЛА запрещен.

Проверьте вертикальный люфт крепления лопастей. В случае его наличия, что является признаком износа шайб, замените шайбы на соответствующих лопастях в соответствии с разделом 8.4.

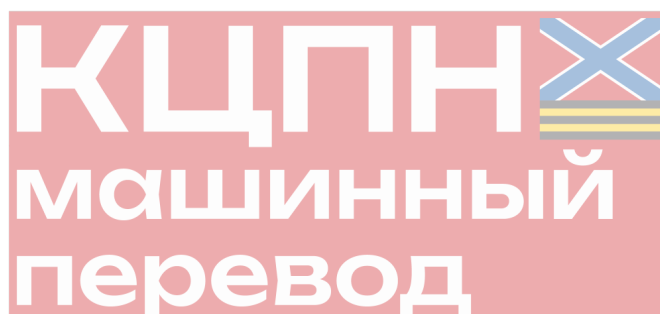
Переведите аппарат в транспортное положение, а именно осторожно сложите антенну радиосвязи, антенну GNSS, магнитометр, лопасти и лучи в обратной последовательности раздела 3.2, избегая их повреждений. Зафиксируйте лучи в сложенном положении ремнями фиксации АКБ.



Наденьте транспортный чехол на гиросtabilизированную подвеску и крышку на тепловизионную камеру для защиты их от механических повреждений.

Установите аппарат в ложемент, ориентируясь по вырезу под камеру, следя за тем, чтобы антенны на ножках БПЛА не были повреждены при укладке в кейс.

Если транспортный кейс с аппаратом в нём расположен неровно, замки закрывайте поочерёдно.



5. БОЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА UAS Perun MAX

Планирование БЗ осуществляется в пункте дислокации подразделения (ПД) после получения боевого распоряжения (БР) и разведанных. Оно включает следующие этапы:

1. Уточнение сектора интереса, рабочего квадрата и целей (приоритетных и второстепенных) с нанесением их на цифровую карту.

2. Выбор точек взлета с учётом карты высот в данной области осуществляется подразделением в соответствии с имеющимися средствами, а именно: Кропива, MilChat, Delta и Google Maps. С их помощью также можно получить координаты необходимых точек.

Критерии выбора позиции экипажа:

- активность других экипажей БПЛА;
- минимизация риска огневого поражения противником;
- наличие мест для установки выносных антенн;
- наличие и расположение огневой поддержки;
- оценка удобства маршрутов входа и выхода из позиции (основной и резервный).

3. После выбора основной и резервной позиций экипажа определяются стартовые точки БПЛА с учетом требований безопасности при работе со взрывными устройствами и в соответствии с разделом 1.2.

4. Определение даты и времени начала выполнения миссии с учетом прогнозируемой продолжительности полета, активности противника, погодных условий, времени суток.

Рекомендация: использовать только IP-связь (Starlink), отказаться от радиосвязи в пределах подразделения во избежание радиообнаружения и радиоперехвата.

Для создания и загрузки миссии использовать ПО MP или QGC, установленное на ноутбуке комплекса.

Запрещается передача служебной информации по открытым каналам связи.

При формировании маршрута обязательно включайте команду RTL или альтернативную процедуру возвращения.



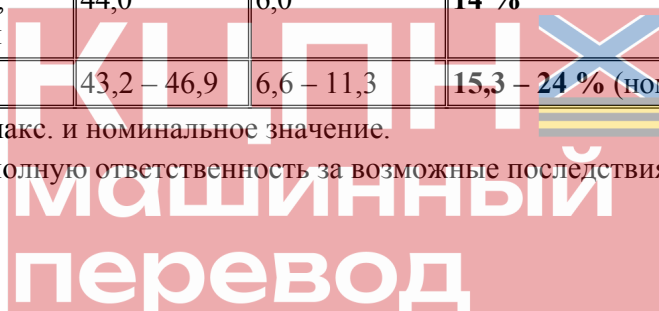
5.1. Характеристики средств поражения « »

Таблица 7. Характеристики и количество СУ, которое может нести один БПЛА UAV Perun MAX.

№	СЗ	Полная масса, кг	Масса взрывчатого вещества (ВВ), кг	Коэффициент снаряжения ($\approx$ мВР/мполн·100 %)	Максимальное количество ЗУ на один БПЛА
1	ФАБ-8,5	8,1–8,9	5,8 – 6,2	65 – 76 % (ном. $\approx$ 70,6)*	3
2	МОА-900	9,0–10,4	2,85	27 – 32 % (ном. $\approx$ 27,3)*	3
3	ТМ-62М	9,5–10,0	7,5 – 8,0	75 – 84 % (ном. $\approx$ 80)*	3
4	Мина НЕ-120, 120 мм	16,0	1,5	9,4 %	2
5	Мина НЕ (НАТО, Nammo), 120 мм	13,0	2,0	15,4 %	2
6	БР-471, 122 мм	25,0	5	20 %	1
7	ЗОФ49, 120 мм ОФ-снаряд «Нона-С»)	19,8	4,9	25 %	1
8	М107, 155 мм	46,5	7,0	15 %	1**
9	ОФ-462, ОФ-463, ЗОФ-462, 152 мм	44,0	6,0	14 %	1**
	155-мм снаряд	43,2 – 46,9	6,6 – 11,3	15,3 – 24 % (ном. $\approx$ 20)*	1

*- приведены мин./макс. и номинальное значение.

** - оператор несет полную ответственность за возможные последствия.



6. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ В ПОЛЁТЕ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

При возникновении каких-либо неисправностей или нештатных ситуаций «выживание» БПЛА полностью зависит от уровня подготовки и скорости реакции экипажа. В случае любой критической неисправности необходимо немедленно прекратить выполнение задачи, убедиться, что активирован безопасный режим управления AltHold или запрограммирован RTL для управления и возвращения аппарата, стабилизировать его, удерживая высоту, положение и курс. Контролировать ток потребления АКБ; если он в течение длительного времени превышает 220 А, следует снизить скорость БПЛА для уменьшения энергозатрат на единицу расстояния. Следить за показателем напряжения АКБ и наблюдать за поведением БПЛА.

6.1 Отказ двигателей. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Potential Thrust Loss (n)», где n — номер двигателя;
- Внезапный крен и/или тангаж, вращение вокруг вертикальной оси;
- Частичное или полное снижение управляемости, неконтролируемые колебания в видео.

Решение:

- Прекратить выполнение задачи, снизить скорость аппарата;
- Если управляемость БПЛА сохраняется — удерживать аппарат в горизонтальной плоскости и вернуть его к ПВП в режиме управления AltHold.

6.1.1 Отказ запуска двигателей из-за повреждения гироскопов или акселерометров. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Gyros inconsistent» или «Accels inconsistent»;
- Блокировка запуска двигателей (arm).

Решение:

- Автоматический переход к калибровке;
- Если неисправность не устраняется, отправьте БПЛА производителю в сервисный центр.

6.2 Потеря связи между ПДК и БПЛА. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Failsafe» или «Radio Failsafe» или «RC not found» и отображение обратного отсчета времени в секундах;
- BER в МР подсвечивается желтым цветом, телеметрия «замерла»;
- Отсутствие реакции на стики ПДК более 2 с.

Решение:

- Проверьте, активирован ли запрограммированный режим управления RTL;



- Проверьте и переподключите кабели Ethernet (ПДК ↔ катушка ↔ ретранслятор) и ориентацию выносной антенны, при необходимости сместите сектор её направления;

ВНИМАНИЕ: ПРИ ЗАПУСКЕ ПДК СНАЧАЛА ПОДКЛЮЧИТЕ ETHERNET-КАБЕЛЬ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ СВЯЗЬ И ПИТАНИЕ. ПОСЛЕ ЭТОГО ПОДКЛЮЧИТЕ USB-КАБЕЛЬ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ С НОУТБУКОМ. ЭТА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВАЖНА ДЛЯ АКТИВАЦИИ ПДК.

- Переключите переключатель режимов с ручного на Auto и наоборот для восстановления связи;

- При длительной потере связи контролируйте полет БПЛА по телеметрии и перейдите на ручное управление аппаратом при появлении связи.

- В случае, если аккумуляторы питания 18650 ПДК разряжены, а времени на их подзарядку нет, то можно одновременно заряжать его и управлять им; для этого необходимо подключить USB-кабель от источника питания к разъему USB, расположенному внизу ПДК. Важно сначала подключить USB-кабель питания, а затем USB-кабель для передачи данных с ноутбуком (рис. 15).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: РЕКОМЕНДУЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ СТАНДАРТНЫЕ USB-КАБЕЛИ, КАБЕЛИ ТИПА APPLE LIGHTNING (IPHONE) НЕВОЗМОЖНО ВСТАВИТЬ В РАЗЪЕМ TYPE C ИЛИ ОНИ РАБОТАЮТ НЕКОРРЕКТНО.

6.3 Неисправность лопастей, механизмов складывания, магнитометра, навесного оборудования (некачественно закрепленные ЗУ или АКБ) или воздействие окружающей среды (порывы ветра, намокание, обледенение и т. п.).

Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Vibration compensation ON» или «Yaw Imbalance XX %» или «Compass not healthy» или «Bad Compass Health» или «Error compass variance» или «GPS Glitch or Compass» или «EKF variance»;

- Скачок показателей VIBE[X, Y, Z] выше 20;

- Ухудшение удержания высоты/позиции;

- Задержка в управлении;

- Неконтролируемые колебания в видео. Решение:

- Проверьте, активирован ли запрограммированный режим управления AltHold; если нет, то активируйте его;

- Снизить скорость БПЛА и/или развернуться по ветру для минимизации нагрузок;

- Уделить особое внимание безопасному сбросу ЗУ, если причиной неконтролируемых колебаний являются некачественно закрепленные ЗУ, и сбросить их до возвращения на ЗПМ;



- Вернуть БПЛА на ППМ в режиме управления AltHold с плавным снижением высоты;
- После посадки: осмотреть лопасти, узлы складывания, подтянуть крепления, при необходимости провести калибровку магнитометра в соответствии с разделом 8.9, удалить лёд/влага и т. п.

6.3.1 Неисправность магнитометра на земле. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Need Position Estimate. Compass not healthy».

Решение:

Отключить БПЛА от АКБ, переместить аппарат, подключить АКБ к БПЛА. Если это не помогло — обратитесь в сервисный центр.

6.4 Разряд бортовых аккумуляторов в полете. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Battery low voltage»;
- Показатель напряжения ниже 58

В. Решение:

- Прекратить выполнение задания;
- Приземлиться в безопасном месте;
- Вернуть БПЛА на ПВП в режиме управления AltHold с плавным снижением высоты и контролем уровня тока АКБ. Снижать скорость аппарата каждый раз, когда уровень тока начнёт превышать 90 А;
- В случае невозможности возвращения БПЛА к месту взлета принять все меры для максимального приближения БПЛА к месту взлета, снижения до минимально безопасной высоты и обеспечения безопасной посадки.

6.5 Отказ компонентов НСК. Признаки:

- Отсутствие телеметрии или видео при стабильном RSSI (значение выше 70);

- Системные ошибки ПО, отключение питания ретранслятора и/или ПДК.

Решение:

- Автоматический переход в режим управления RTL;
- Определить неисправный элемент (ПДК, ПЗ, видео- и радио-ретрансляторы и т. п.);
- Перезапустите ПО, подключите резервное питание, переподключите кабели;
- Если неисправность не устраняется, отправьте БПЛА производителю в сервисный центр.

6.6 Потеря GPS-позиционирования.

Сигнал GPS является основным источником абсолютного позиционирования БПЛА, его потеря вызывает длительный дрейф, который может привести к потере видимости и радиосвязи с аппаратом.

6.6.1 Физическое повреждение GPS-приемника. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «GPS: No GPS» или «Unhealthy GPS signal»;



- Количество спутников (Sat Count) равно 0, показатель HDOP составляет 9999, 100 или 0;

Решение:

- Автоматический переход аппарата в режим GUIDED_NOGPS, в случае если помимо повреждения GPS-приемника также утрачена связь с НСК, тогда БПЛА продолжает полет без навигации по GPS, используя инерционные данные оценки пути Dead Reckoning (DR).

- После восстановления связи с НСК — вернуть БПЛА на ЗПМ в режиме управления AltHold;

- Обращение в сервисный центр производителя.

6.6.2 Подавление GPS системами РЭБ. Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «Bad GPS Signal Health» или «Unhealthy GPS signal» или «GPS Glitch» или «GPS Failsafe»;

- Показатель HDOP составляет более 0,9;

- Отсутствие или резкое снижение количества спутников (Sat Count). Решение:

- Переведите переключатель SF в положение «На Себе». Это отключает передачу данных GPS, которые могут привести к некорректному позиционированию БПЛА в условиях подавления;

- Проверить, активирован ли запрограммированный режим управления AltHold; если нет, то активировать его и до исчезновения помех не включать режимы, зависящие от GPS (PosHold, RTL);

- Уменьшить скорость аппарата;

- Уменьшить высоту нахождения БПЛА, ориентируясь на показатель RSSI, который должен быть не менее 70, что свидетельствует о наличии связи в виде радиогоризонта и возможности вывести аппарат из-под воздействия углового РЭБ ниже его нижнего предела;

- Управлять в режиме AltHold после того, как аппарат покинул зону РЭБ.

6.6.3 Подмена GPS системами РЭБ (спуфинг). Признаки:

- Сообщение Mission Planner/QGroundControl: «EKF Glitch» или «GPS Failsafe» или «GPS Glitch or Compass» или «EKF variance» или «GPS Yaw inconsistent» или «Bad AHRS»;

- Невозможность корректировать положение вручную — аппарат «тянет» в сторону, вниз или вверх;

- Резкое увеличение количества спутников (Sat Count);

- Некорректное отображение показателей высоты, скорости и т. д.;

- Потеря управления;

- Вращение БПЛА вокруг оси, которое можно отследить в МР.

Решение:

- Переведите переключатель SF в положение «На Себе». Это отключает передачу данных GPS, которые могут вызвать некорректное позиционирование БПЛА в условиях подавления;



- Проверить, активирован ли запрограммированный режим управления AltHold; если нет, то активировать его;
- Определить, какие из сигналов проходят корректно, переключая стики ПДК;
- Уделить особое внимание сбросу ЗУ, если неконтролируемые скачки БПЛА происходят в вертикальной плоскости. Произвести сброс ЗУ как можно быстрее в доступном безопасном месте до стабилизации показателей GPS и возвращения в ЗПМ;
- Управляйте в режиме AltHold и верните аппарат в точку старта по показателям Roll и Pitch предыдущего маршрута полета БПЛА;
- В крайнем случае, включить режим управления RTL, если показатели GPS стабильны.

Примечание: Сообщения, содержащие слово «Cleared», означают, что предыдущий сбой устранен, и качество данных восстановлено. Это сигнал оператору о том, что система вернулась в штатный режим после ошибки.

6.7 Атмосферные аномалии.

При взаимодействии БПЛА с атмосферными аномалиями, помимо общепринятых рекомендаций по поведению оператора, целесообразно продолжать миссию только после полного выхода из зоны аномалии и проверки работоспособности систем.

Таблица 8. Атмосферные аномалии и немедленные действия экипажа.

Атмосферные аномалии	Немедленные действия
Обледенение. Накопление льда на лопастях, лучах, двигателях и внешних элементах БПЛА при полете в воздухе с переохлажденными каплями воды. Может наблюдаться появление льда на выступающих частях, рост потребляемого тока двигателей или ухудшение сигнала GPS или видеосвязи.	1. Если температура окружающей среды ниже $+5^{\circ}\text{C}$, но необходимо выполнять задачу, то предотвратить обледенение лопастей может силиконовая смазка, нанесенная на лопасти заранее. 2. Если обледенение произошло в полете, необходимо уменьшить скорость БПЛА и активировать AltHold. 3. Измените высоту примерно на 50 м в направлении выхода из зоны обледенения. 4. Постоянно контролируйте значение напряжения АКБ. 5. Посадите БПЛА в ручном режиме.
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: БПЛА НЕ ОСНАЩЕН СИСТЕМАМИ ПРОТИВООБЛЕДЕНИЯ. ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЁТОВ В ЗАВЕДОМО ОБЛЕДЕНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЗАПРЕЩЕНО. Действия после выхода БПЛА из зоны обледенения — Провести осмотр БПЛА. Возобновить миссию только при отсутствии льда и достаточном заряде аккумулятора аппарата.	
Грозовые облака. Зона интенсивной	1. Избегайте намеренного попадания



зону грозовой активности с сильной турбулентностью, порывистым ветром, осадками и возможным обледенением. В поле зрения могут наблюдаться молнии, гром, резкие колебания скорости и тангажа или значительные осадки.	грозовые облака. 2. При непреднамеренном попадании активируйте режим управления AltHold и верните аппарат в ЗПМ, выполняя маневрирование галсами в направлении, противоположном ядру облака, с постепенным снижением высоты до 100 м, но не ниже радиогоризонта, и совершите посадку в ручном режиме. 3. Если температура наружного воздуха ниже +5 °С, выполните процедуру, как при обледенении.
Осадки. Полет в зоне дождя или снега, что приводит к снижению видимости и риску обледенения. На видео могут наблюдаться капли или снег, снижение горизонтальной видимости или появление турбулентности.	1. Опустите камеру для защиты оптики. 2. Если температура наружного воздуха выше +5 °С, то возможен облет с понижением высоты до 100 м, но не ниже уровня радиогоризонта. 3. Если температура наружного воздуха ниже +5 °С, необходимо действовать в соответствии с процедурой при обледенении. 4. В случае ухудшения условий немедленно активируйте режим управления AltHold, поверните аппарат к ЗПМ и выполните посадку в ручном режиме.
Ветер > 15 м/с. Условия, при которых скорость воздуха превышает 15 м/с, что приводит к повышенному энергопотреблению и значительному дрейфу. Может наблюдаться GPS ground speed (скорость движения БПЛА относительно поверхности земли) ≈ 0 м/с или отрицательная скорость.	1. Активируйте режим управления AltHold. 2. Выполнить поиск слоя с более низкой скоростью ветра с шагом изменения высоты в 25 м. 3. Если заряд АКБ БПЛА менее 63 В, а невыполненная часть маршрута превышает 50%, то верните аппарат на ПВП и выполнить посадку в ручном режиме.



7. ЛЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Характеристики БПЛА UAV Perun MAX действительны в условиях отсутствия РЭБ и обеспечения прямой видимости в пределах радиогоризонта.

7.1. Скорость полёта БПЛА.

Стандартно полет аппарата осуществляется со скоростью 15 м/с.

При необходимости скорость корректируется оператором вручную в МР в зависимости от телеметрических показателей, таких как:

- потребляемый ток, А;
- уровень вибраций — VIBE[X, Y, Z];
- эффективность АКБ, мА·ч/км (Bat efficiency). В случае обнаружения следующих значений этих параметров:

- продолжительное значение тока более 220 А;

- значение вибраций по [X, Y, Z] более 30,

рекомендуется снизить скорость полёта БПЛА с целью уменьшения нагрузки на систему питания и стабилизации лётных характеристик.

7.2. Продолжительность полёта БПЛА

На продолжительность полёта БПЛА могут влиять следующие факторы: направление и скорость ветра, включая его порывы, масса полезной нагрузки, остаточная ёмкость АКБ, количество циклов полной зарядки АКБ, температура окружающей среды. В стандартных условиях полёта, на высоте 200 метров, при использовании АКБ 85 000 мА·ч, нагрузке 3У весом 24 кг, при температуре воздуха от +5° до +40°С и скорости ветра менее 5 м/с ориентировочная продолжительность полёта БПЛА приведена в таблице 9.

Таблица 9. Продолжительность полёта БПЛА в зависимости от расстояния миссии, с учётом возвращения, и скорости полёта аппарата.

Расстояние, км	Время полета, мин, при скорости полёта, м/с			
	5	10	15	20
10	64*	34	20	16
15	86*	50	33	25
20	128*	66*	44	33
25	160*	83*	55*	41

* - Превышение установленных тактико-технических характеристик, согласно разделу 1.3, запрещено из-за риска потери БПЛА вследствие преждевременной разрядки АКБ.

Из таблицы 9 видно, что с понижением скорости БПЛА увеличивается время преодоления одинакового расстояния. Соответственно, длительный полёт на скорости ниже 10 м/с уменьшает дальность полёта по сравнению со скоростью 10–15 м/с.



7.3. Максимальная дальность маршрута БПЛА

Максимальная дальность маршрута, которую может преодолеть БПЛА, определяется доступной емкостью АКБ, скоростью полёта и текущим значением потребляемого тока, которое изменяется в зависимости от условий полёта.

Ток потребления не является постоянной величиной, он изменяется в зависимости от нагрузки на двигатели, которая определяется преимущественно массой полезной нагрузки и скоростью полета. В случае его увеличения происходит ускоренный расход энергии АКБ, что уменьшает максимальную дальность полета аппарата. Основные факторы, которые могут увеличивать ток потребления:

- встречный ветер или порывы ветра;
- повышенная полезная нагрузка (например, ЗУ);
- турбулентность или неэффективная траектория полёта;
- неудачный выбор скорости или высоты полёта;
- ошибки в настройке автопилота или полетной миссии, в частности завышенные значения скорости подъема, могут приводить к превышению допустимой нагрузки на силовую установку.

Для предварительного планирования полётной миссии можно использовать ориентировочные значения максимальной дальности полёта в зависимости от скорости и потребляемого тока, приведённые в таблице 10. В расчетах учтено, что высота полета равна 200 метрам, емкость АКБ — 85 000 мА·ч, температура воздуха от +5° до +40°С и нагрузка ЗУ массой 24 кг.

Таблица 10. Зависимость максимальной дальности маршрута БПЛА, с учётом возвращения, от скорости полёта и потребляемого тока.

Ток потребления*, А	Максимальная дальность маршрута, км, при скорости полёта, м/с									
	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
140	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17
150	8	10	11	11	12	13	14	15	16	16
160	8	9	10	11	11	12	13	14	15	15
170	7	9	9	10	11	12	12	13	14	14
180	7	8	9	10	10	11	12	12	13	14
190	6	8	8	9	10	10	11	12	12	13
200	6	7	8	9	9	10	10	11	12	12
210	6	7	8	8	9	9	10	10	11	12
220	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11
230	5	6	7	7	8	9	9	10	10	11
240	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10
250	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
260	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9



* - Указанный ток потребления является усредненным за весь период полета и не учитывает возможных изменений, вызванных порывами ветра, маневрированием, изменением высоты, температуры или нагрузки.

** - Токи потребления от 200 до 220 А являются предельными и требуют особого внимания, поскольку свидетельствуют о повышенной нагрузке на энергосистему БПЛА.

В таблице 10 приведены расчетные данные, которые могут отличаться от фактических показателей во время реального полёта аппарата.

Управлять полетом целесообразно так, чтобы среднее потребление тока оставалось в пределах **170–190 А**.

Для обеспечения энергоэффективности необходимо выбирать такую скорость полета, при которой скорость БПЛА растет быстрее, чем потребляемый ток. Например, при 170 А скорость аппарата равна 15 м/с, а при 180 А скорость равна 20 м/с. Здесь ток увеличился на 6%, а скорость — более чем на 30%, что выгодно с точки зрения энергоэффективности. При достижении точки, когда процентный прирост тока равен или превышает прирост скорости полета БПЛА, энергоэффективность снижается. Соответственно, при снижении энергоэффективности происходит более быстрая разрядка АКБ, и аппарат может преодолеть меньшее расстояние.

ВАЖНО: РЕКОМЕНДУЕТСЯ ВЫБИРАТЬ СКОРОСТЬ ПОЛЁТА БПЛА ТАК, ЧТОБЫ ПРИРОСТ СКОРОСТИ ПРЕВЫШАЛ ПРИРОСТ ПОТРЕБЛЯЕМОГО ТОКА.

Таблица 11. Зависимость максимальной дальности маршрута БПЛА, с учётом возвращения, от скорости ветра.

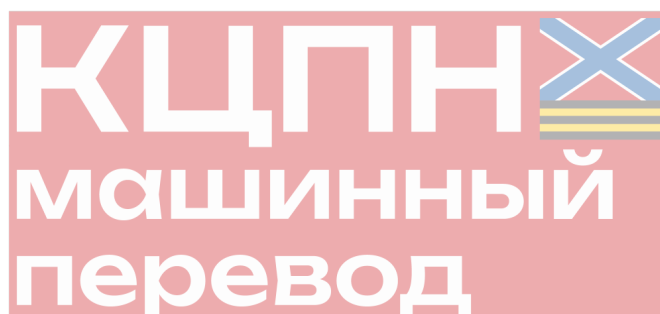
Скорость ветра	Максимальная дальность маршрута, км
Менее 5 м/с	21, если ветер боковой или по диагонали 24, если ветер попутный в одну из сторон
От 5 м/с до 10 м/с	17, если ветер боковой или по диагонали 18, если ветер попутный в одну из сторон
От 10 м/с до 15 м/с	14, если ветер боковой или по диагонали 16, если ветер попутный в одну из сторон
От 15 м/с до 20 м/с	Полет в указанных условиях не рекомендуется. В случае его выполнения оператор несет полную ответственность за возможные последствия До 10 (вес ЗУ 15–20 кг)
Более 20 м/с	Полет запрещен



7.4. Разряд АКБ

Рекомендуемое минимальное допустимое напряжение для посадки БПЛА при использовании двух АКБ составляет 55,8 В, что соответствует $\approx 3,1$ В на одну ячейку. Не следует разряжать все АКБ ниже $\approx 3,1$ В на ячейку, чтобы сохранить ресурс АКБ.

ВНИМАНИЕ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРЯЖЕННЫХ АКБ С СУММАРНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ НИЖЕ 55,8 В МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПОТЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ИЛИ ОТКАЗУ ДВИГАТЕЛЕЙ И, КАК СЛЕДСТВИЕ, К ПОТЕРЕ БПЛА.



8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ И ОТ ОГО ОБОРУДОВАНИЯ

8.1. Монитор с функцией ви а DVR

Монитор с функцией DVR служит резервным визуальным каналом, работает от собственной АКБ 2–3 часа и не потребляет энергию ноутбука или наземной станции во время длительных полётов, а также поддерживает запись видео во встроенный DVR с наложением данных OSD.

8.1.1. Настройка OSD-

Убедитесь, что все компоненты модуля аналогового видеопотока правильно соединены между собой и подключены к питанию от АКБ, согласно разделу 3.3.2.

Откройте вкладку Config 1 (рис. 73) в MP и перейдите в Onboard OSD 2. В верхней строке выберите вкладку «Screen 1» 3.

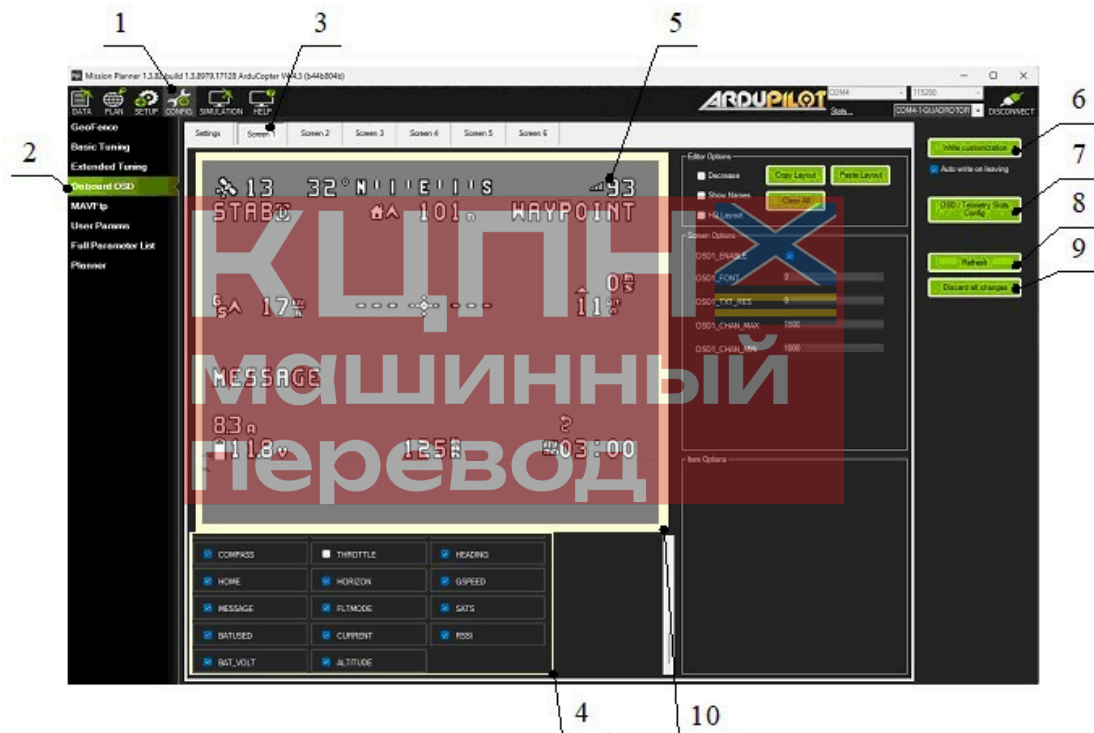


Рисунок 73. Редактор макета OSD в Mission Planner

1-3 – Элементы меню MP;

4 - Панель выбора элементов OSD — это список доступных элементов, которые можно отобразить на экране монитора с функцией DVR;

5 - Пример активного элемента на экране появляется после активации в пункте один;

6 - Write customization — запись изменений в полетный контроллер БПЛА;

7 - OSD/Telemetry Slots Config — загрузка готовой конфигурации в полетный контроллер БПЛА;



8 - Refresh — считывание текущих параметров из полетного контроллера БПЛА для проверки правильности загрузки конфигурации.

9 - Отклонить все изменения - отмена несохраненных изменений и восстановление предыдущей конфигурации;

10 - Окончательный вид и расположение основных показателей OSD-данных.

Подключите монитор с функцией DVR к разъему питания видеоретранслятора с помощью кабеля RCA – RCA (рис. 17) для получения изображения аналогового видео с бортовой камеры и к АКБ конфигурации 3S.

8.1.2. Просмотр тепловизионного видео

Включите монитор с функцией DVR, нажав кнопку питания, и проверьте наличие аналогового видеопотока с OSD-данными поверх него. Рекомендуемый набор OSD-данных при управлении БПЛА показан на рисунке 74.



Рисунок 74. OSD-значения и расположение основных индикаторов БПЛА UAS Run MAX

1. Напряжение АКБ БПЛА, В.
2. Ток потребления БПЛА в секунду, А.
3. Текст служебных сообщений МР, например «Compass calibration complete».
4. Скорость БПЛА относительно земли, км/ч.
5. Активный режим управления БПЛА.
6. Количество доступных спутников.
7. Горизонтальная точность позиционирования.



8. Курсовой угол (азимут), °.
9. Центр прицельной сетки.
10. Номер активной WP и расстояние до неё, м.
11. Уровень качества принимаемого радиосигнала (RSSI), %.
12. Вертикальная скорость БПЛА, м/с.
13. Высота БПЛА над землей, м.
14. Угол тангажа (pitch), °.
15. Угол крена (roll), °.
16. Расход емкости АКБ БПЛА, мА·ч.

8.1.3. Настройка частоты аналогового видеосвязи

В случае отсутствия аналогового видеосигнала на мониторе с функцией DVR выполните следующие действия:

- убедитесь, что все компоненты модуля аналоговой видеосвязи соединены между собой и подключены к источнику питания (рис. 17);
- ПРОВЕРЬТЕ, УСТАНОВЛЕН ЛИ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ VTX АНАЛОГОВОГО ВИДЕО SD (РИС. 24) В ПОЛОЖЕНИЕ «НА СЕБЕ» (ВКЛЮЧЕНО)
- при использовании QGC проверьте значение VTX_ENABLE 4 (рис. 76), где 1 — VTX включен, а 0 — VTX выключен.

Если видео по-прежнему отсутствует, проверьте соответствие номера канала передачи аналогового видеопотока на видеотрансляторе VRX и полетном контроллере БПЛА VTX. Оба устройства должны работать на одном канале.

Текущий канал видеотранслятора VRX отображается светодиодным индикатором на его экране 2 (рис. 77).

Определение канала полетного контроллера VTX аналогового видео в MP. В верхнем меню MP перейдите на вкладку CONFIG (рис. 75), затем на вкладку Full Parameter List. Найдите параметр VTX_CHANNEL (через поиск или через дерево параметров).

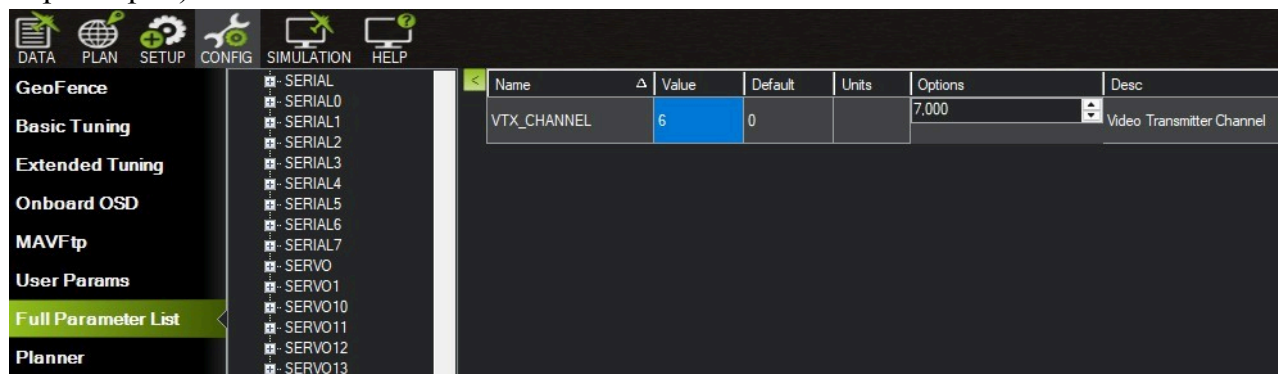


Рисунок 75. Путь к параметру VTX_CHANNEL

Определение канала аналогового видео VTX в QGC. В левом верхнем углу нажмите значок QGC (рис. 76), откройте вкладку



Vehicle Configuration, где выберите Parameters 1, в поле Search 2 введите vtx. В строке VTX_CHANNEL просмотрите текущее значение или введите номер нужного канала.

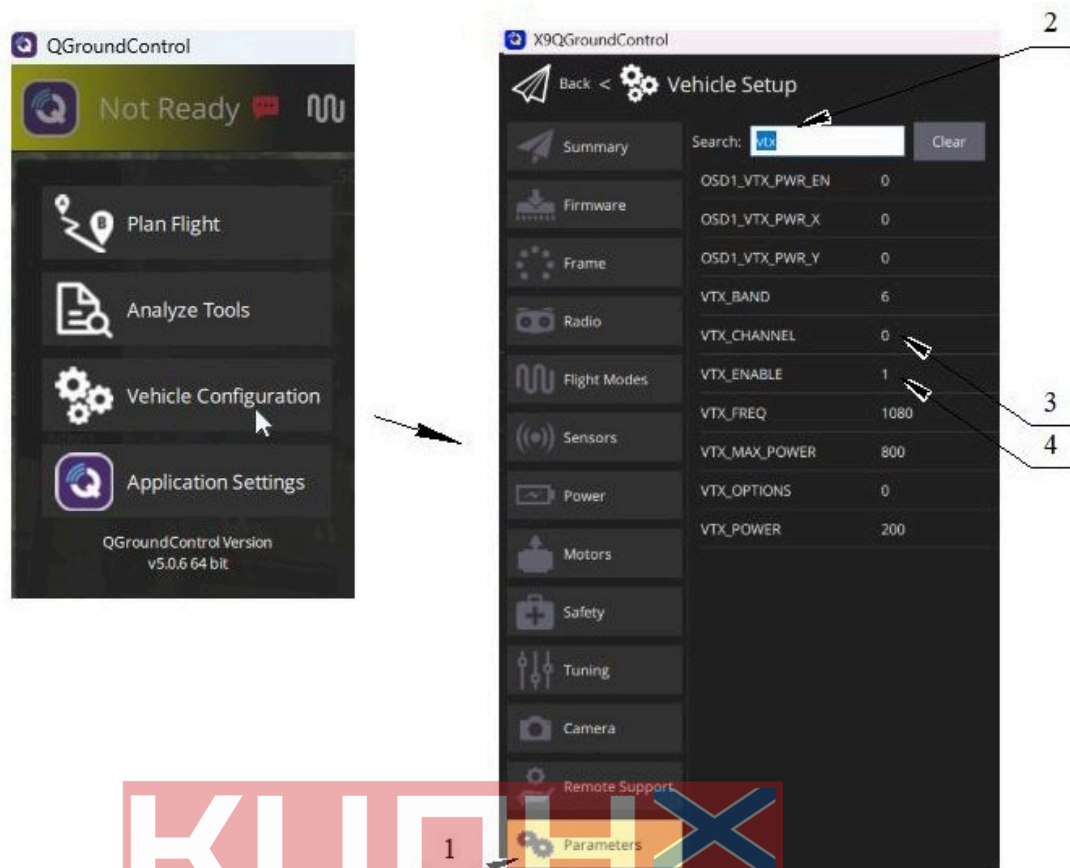


Рисунок 76. Путь к параметру VTX_CHANNEL в QGC

1 – Меню Parameters, 2 – Поле Search, 3 – Значение канала полетного контроллера VTX аналогового видео, 4 – Переключатель включения VTX аналогового видео.

Значение в столбце Value отображает номер активного канала (0–7), который соответствует частоте:

- 0 – 1080 МГц;
- 1 – 1120 МГц;
- 2 – 1160 МГц;
- 3 – 1200 МГц;
- 4 – 1240 МГц;
- 5 – 1280 МГц;
- 6 – 1320 МГц;
- 7 – 1360 МГц.

Каналы 2 (1160 МГц), 3 (1200 МГц) и 4 (1240 МГц) создают помехи работе GNSS-антенны (см. раздел 3.2.4), что приводит к уменьшению количества спутников, доступных для приема сигналов. Использование указанных каналов во время боевых миссий в зоне высокой плотности радиоэфира не рекомендуется. При отсутствии альтернативных решений применение этих каналов допускается, поскольку оно не влечет за собой критических последствий.



Смена канала на видеоретрансляторе (VRX).

На панели управления видеоретранслятора нажмите кнопку 1 (рис. 77), текущий канал при этом отображается на экране видеоретранслятора 2. После каждого нажатия проверяйте появление видеосигнала на мониторе с функцией DVR.

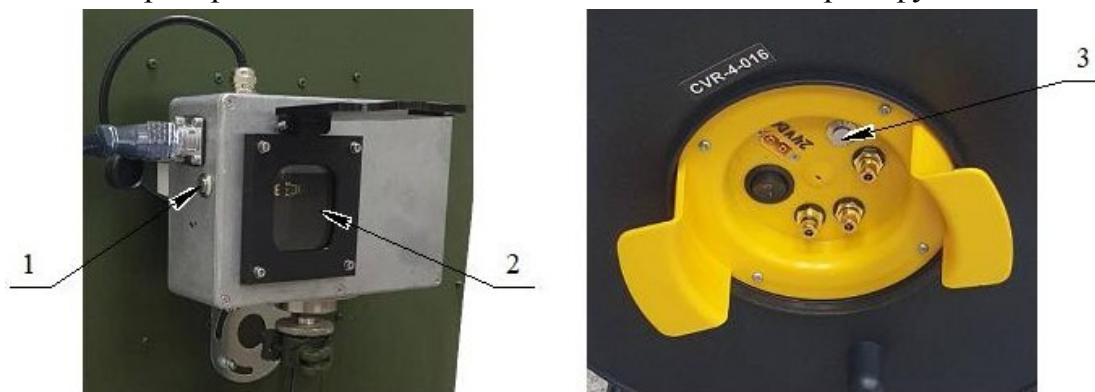


Рисунок 77. Кнопки переключения каналов передачи аналогового видеопотока

1 – На блоке видеоретранслятора, 2 – Экран видеоретранслятора, 3 – На катушке видеоретранслятора.

Смена канала на катушке видеоретранслятора (VRX).

Если ретранслятор расположен на расстоянии, используется кнопка 3 на катушке видеоретранслятора, при этом канал нигде не отображается, переключение осуществляется методом перебора с проверкой после каждого нажатия появления изображения видеосигнала на мониторе с функцией DVR.

Смена канала на полетном контроллере (VTX аналогового видео).

Если невозможно изменить канал на видеоретрансляторе, необходимо изменить его в МР. Поочередно в параметре VTX_CHANNEL установить значение от 0 до 7 в столбце Value (рис. 78), нажать Enter и кнопку Write Params на правой панели.

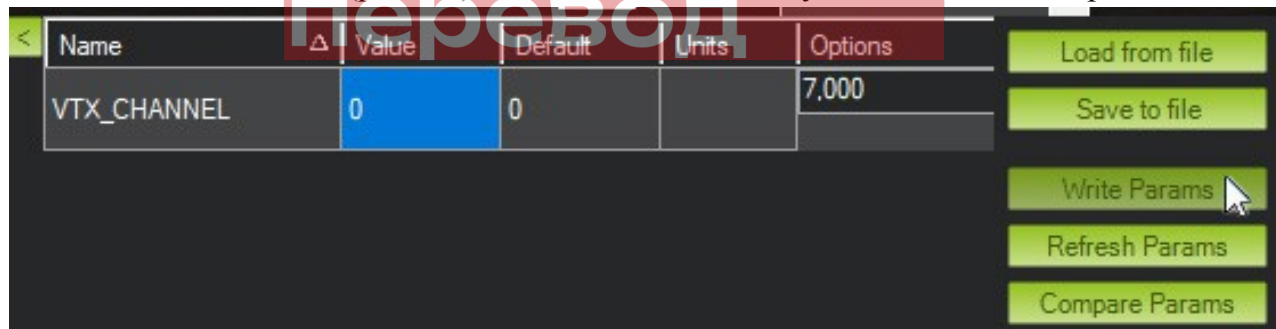


Рисунок 78. Установка номера каналов передачи аналогового видеопотока в МР

После каждой записи параметра на полетный контроллер проверяйте появление видеосигнала на мониторе с функцией DVR.

8.1.4. Запись аналогового видео на карту памяти

Вставьте карту памяти в соответствующий слот монитора с функцией DVR.



Примечание. При первом использовании карта памяти автоматически форматируется; если на ней имеются важные данные, необходимо создать резервную копию.

На задней панели монитора имеются 2 группы кнопок, одна из них — для управления видеорегистратором (DVR). Чтобы начать запись видео в фоновом режиме, необходимо нажать кнопку ОК (рис. 79). DVR монитора работает в любом интерфейсе, кроме настроек DVR и режима воспроизведения видео. Ниже представлен функционал группы кнопок DVR.



Рисунок 79. Кнопки управления DVR

8.1.5. Система скремблирования аналогового видеосигнала

Защита аналогового видеосигнала с БПЛА обеспечивается шифрованием: изображение доступно только на принимающей стороне с дескремблером. Просмотр перехваченного видеосигнала посторонними устройствами невозможен. Передача видео с БПЛА происходит в реальном времени с минимальной задержкой.

Состав системы:

- скремблер (передатчик) принимает видеосигнал от тепловизионной камеры БПЛА, шифрует его и передает на VTX аналогового видео;
- дескремблер (приемник), установленный в видеоретрансляторе, декодирует аналоговый видеосигнал и передает расшифрованный видеосигнал на мобильное устройство оператора.

Возможно подключение нескольких передатчиков к одному приемнику. Индикация состояния:

- синий светодиод на скремблере — система включена;
- зеленый светодиод на дескремблере — прием и декодирование активны.

Обработка зашумленных сигналов.

Алгоритмы декодирования обеспечивают автоматическое восстановление видеопотока при кратковременных помехах или ослаблении сигнала, задержка до нескольких кадров. Для стабильной работы скремблера рекомендуется:

- прокладывать маршрут БПЛА, избегая препятствий;



- правильно ориентировать антенны скремблера и дескремблера.

В случае появления на мобильном устройстве оператора полос вместо аналогового видео обратитесь в сервисный центр для проверки или ремонта системы скремблирования.

8.2. Очки FPV-

FPV-очки оснащены ЖК-дисплеем с разрешением 1280×720 пикселей, соотношением сторон 4:3 и углом обзора^{50°}. Встроенный приемник объединяет сигналы двух антенн в один поток, минимизируя пропуски кадров и искажения изображения в условиях слабого или зашумленного канала связи. Навигация по меню осуществляется с помощью колесика управления каналами, поэтому настройки можно изменять, не снимая очков.

Питание подается от аккумулятора 18650, также есть возможность питать очки от портативного зарядного устройства или внешних 2S–3S литий-полимерных аккумуляторов. Зарядка внутреннего аккумулятора осуществляется через разъемы USB-C или DC IN, что облегчает эксплуатацию в полевых условиях. Очки имеют встроенный DVR, записывающий видео на карту памяти.

Подготовка к использованию.

Установите комплектные антенны на SMA-разъемы 4 (рис. 80) очков. Вставьте одну заряженную батарею 18650 или подключите портативное зарядное устройство либо литий-полимерную батарею 2S–6S через разъем USB или DC IN. Удерживайте кнопку питания очков 1 в течение 2 с, чтобы включить FPV-очки.

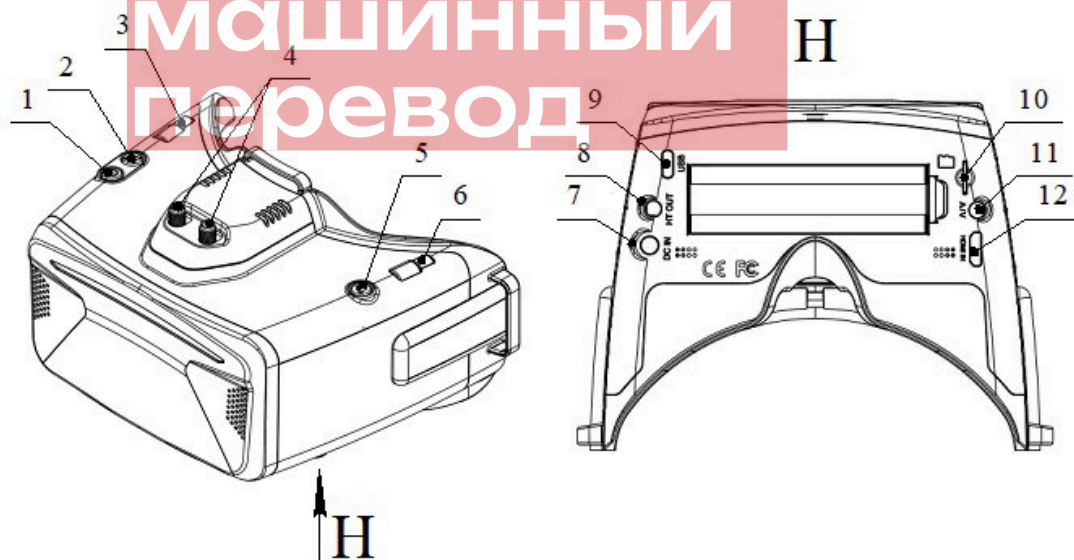


Рисунок 80. Элементы управления FPV-очков

1 — Кнопка питания очков и вентилятора, 2 — Кнопка системного меню/Head Tracking (HT), 3 — Колесико управления каналами (КУК), 4 — SMA-разъемы, 5 — Кнопка записи (REC) и/или удаления видеофайла, 6 — Колесико управления режимами (КУР), 7 — Порт DC (5,5×2,1 мм), 8 — 3,5-мм порт Head Tracker, 9 — Порт USB C для зарядки и прошивки, 10 — Слот для SD-карты, 11 — AV-вход/выход, 12 — Вход HDMI для подключения к ноутбуку.



Выбор диапазона и канала (правый регулятор).

Для БПЛА UAV Perun MAX выбор диапазона и канала осуществляется в программе VLinkApp, которая передает установленные параметры на радиоретранслятор и, соответственно, на аппарат. Подробнее см. в разделе 3.6.

Выбор режимов (левое колесико).

Прокрутите КУР 6, чтобы выбрать режим:

Режимы RF Normal, RF Racing и RF Third-Party в БПЛА UAV Perun MAX не используются и не подлежат активации оператором, поскольку штатные антенны FPV-очков и модуль приемника не задействованы в приеме видеосигнала с БПЛА.

Видеосигнал передается централизованно с использованием режимов:

– AVIN — это режим, который выводит аналоговое видео с соответствующего входа по проводному соединению.

– HDMI IN — это режим, который выводит цифровое видео с ноутбука на FPV-очки благодаря подключению HDMI к ноутбуку.

– Playback — просмотр видеофайлов, записанных на карте памяти.

Управление воспроизведением сохраненных видеофайлов в режиме Playback.

Прокрутите КУК 3 для выбора видеофайла; для включения видеофайла или его приостановки нажмите КУК 3. Прокрутите КУР

6 для регулировки громкости видеофайла. Во время воспроизведения видеофайла прокрутите КУК 3, чтобы перемотать видео вперед или назад. Нажмите кнопку системного меню 2 для выхода из видеофайла. Нажмите кнопку удаления видеофайла 5 для удаления видеофайла.

Системное меню (правая кнопка).

Нажмите коротко кнопку системного меню 2 для входа или выхода из системного меню. Для навигации по системному меню прокрутите КУК 3, для подтверждения выбора пункта системного меню нажмите КУК 3.

DVR (левая кнопка).

Перед использованием функции записи видеофайлов на карту памяти следует отформатировать её в FAT32, чтобы носитель корректно распознавался. Для этого коротко нажмите кнопку системного меню 2, прокрутите КУК 3 и перейдите к пункту Settings → Format SD, а затем нажмите КУК 3 для подтверждения форматирования карты памяти. Кратковременным нажатием кнопки системного меню 2 выйдите из меню.

Кнопка записи видеофайла (REC) 5 выполняет одновременно две функции: запуск и остановку видеозаписи. После записи видеофайлы сохраняются с кодировкой H264 на карте памяти емкостью 32 ГБ, входящей в комплект БПАК. Записывать можно как в режимах RF, так и при работе через AVIN, поэтому оператор не теряет возможности архивировать видео, когда использует внешний источник сигнала.



Опция AutoREC предусмотрена для автоматического начала записи видеосигнала, когда очки фиксируют его наличие. Запись продолжается до тех пор, пока оператор не остановит её кнопкой REC 5. Для активации опции AutoREC коротко нажмите кнопку системного меню 2, прокрутите КУК 3 и перейдите к пункту Settings → DVR Settings или Record Settings, а затем нажмите КУК 3, чтобы войти в меню. Прокрутите КУК 3 до опции AutoREC и нажмите КУК 3, выбрав ON. Кратковременным нажатием кнопки системного меню 2 выйдите из меню и сохраните изменения.

Опция циклической записи предназначена для перезаписи самых старых файлов (если места для хранения не хватит). Для активации опции циклической записи необходимо включить функцию Loop Record в меню DVR Settings или Record Settings, расположенном в меню Settings.

Видеофайл может быть автоматически разделен на несколько файлов продолжительностью 5, 10, 20 или 30 минут, которую можно задать (по умолчанию 30 мин). Для задания продолжительности видеозаписи необходимо активировать функцию Segment Length или File Length в меню DVR Settings или Record Settings, находящемся в меню Settings.

Опция Audio REC позволяет отключить звук при записи видеофайла; в этом случае на карту записывается только видеопоток, что уменьшает размер файлов. Для активации опции Audio REC необходимо включить функцию Audio Record в меню DVR Settings или Record Settings, расположенном в меню Settings.

При внезапном отключении питания последний файл может быть повреждён, поэтому желательно останавливать запись вручную перед выключением очков или заменой аккумулятора.

Зарядка.

В очки встроены зарядный модуль, оператор может выбрать зарядку через USB-разъем Type C или через разъем DC. Когда очки питаются через любой разъем, как DC, так и Type C, внешний источник питания также заряжает внутреннюю батарею 18650.

Из соображений безопасности не оставляйте батарею без присмотра во время зарядки.

8.3. Настройка ПДК

Изменение функции джойстика, переключателя или ползунка сводится к переназначению источника сигнала для соответствующего канала управления. Новый орган управления следует привязать к тому же каналу, на который уже настроена команда.

Перед началом необходимо определить номер канала, который активируется текущим (нежелательным) органом управления. Для этого включите ПДК, нажав



кнопку 2 (рис. 81) и войдите в меню настроек ПДК, нажав кнопку MDL.

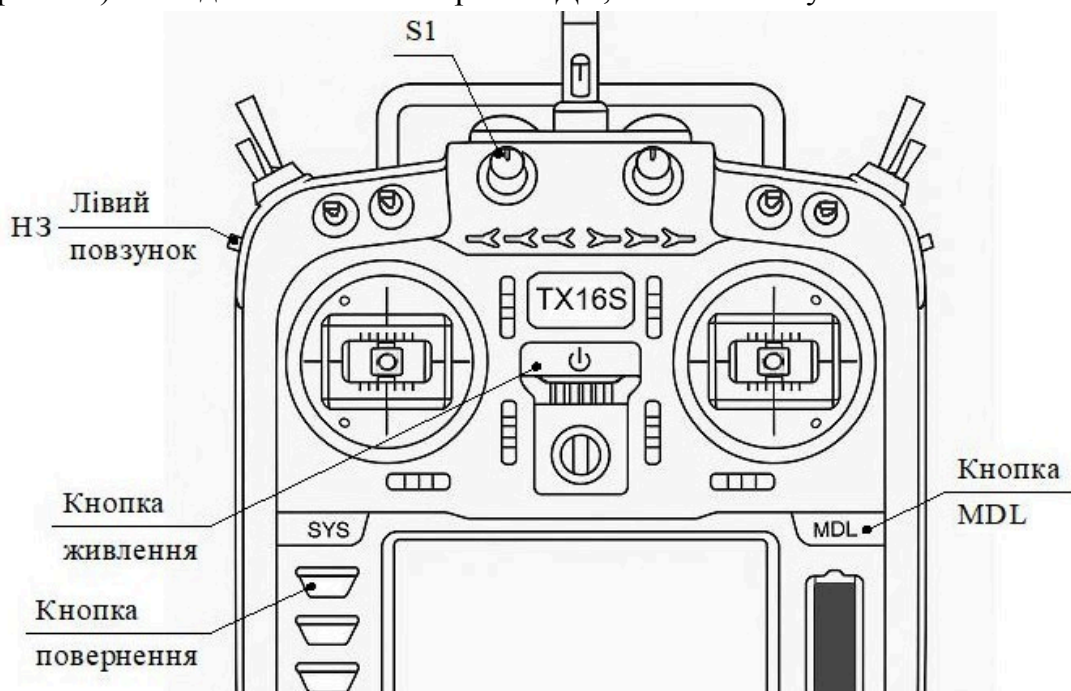


Рисунок 81. Кнопки ПДК, задействованные в смене органа

управления S1 – Поворотный регулятор наклона объектива камеры.

Рассмотрим процедуру переназначения органа управления на примере замены функции поворотного регулятора наклона объектива камеры S1 на ползунок, не задействованный в управлении. Она начинается с определения канала, привязанного к поворотному регулятору наклона объектива камеры.

Войдите в меню OUTPUTS 1 (рис. 82), нажав на экране ПДК пиктограмму 2. Прокрутите поворотный регулятор наклона объектива камеры S1 (рис. 81). Таким образом, определите строку в меню, в которой изменяются цифровые значения — это и есть канал, к которому привязан регулятор.

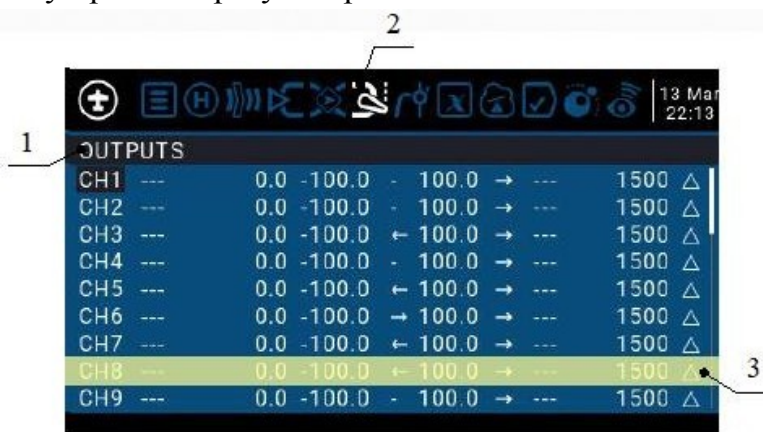


Рисунок 82. Интерфейс меню Outputs

1 – Меню Outputs, 2 – Иконка меню Outputs, 3 – Свойства восьмого канала.

В примере поворотный регулятор наклона объектива камеры S1 (рис. 81) управляет восьмым каналом 3 (рис. 82).



Назначьте левый ползунок, не задействованный в управлении (рис. 81), для функции наклона объектива камеры. Для этого откройте меню MIXES 1 (рис. 83), нажав на значок 2 на экране ПДК.

Найдите соответствующий канал, в данном примере это восьмой канал.



Рисунок 83. Интерфейс меню Mixes

1 – Меню Mixes, 2 – Пиктограмма меню Mixes.

Нажмите на строку напротив восьмого канала. В новом окне нажмите Edit 1 (рис. 84).

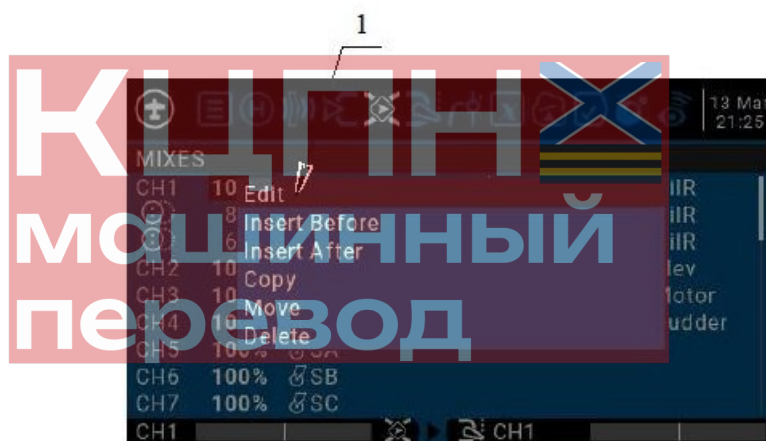


Рисунок 84. Редактирование настроек в меню Mixes»

1 – Меню Edit.



Рисунок 85. Интерфейс меню Edit

1 – Меню Source.

Нажмите на меню Source 1 (рис. 85) на экране ПДК. Переместите левый ползунок, не задействованный в управлении (рис. 81), чтобы активировать его. Обозначение



ползунок автоматически появится в списке органов управления на экране ПДК. Выберите новый орган управления из списка.

Нажмите кнопку возврата (RTN), чтобы выйти из меню Edit, затем еще раз для выхода из меню настроек ПДК.

Проверьте результат процедуры, для этого войдите в меню OUTPUTS 1 (рис. 82), нажав на экране ПДК пиктограмму 2. Переместите левый ползунок, не задействованный в управлении (рис. 81), в несколько положений. Если значения в строке восьмого канала изменяются — функция назначена корректно.

Нажмите кнопку возврата (RTN) для выхода из меню OUTPUTS.

Убедитесь, что на главном экране ПДК значения восьмого канала изменяются при перемещении назначенного ползунка, что также свидетельствует о корректности назначения функции.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИЗМЕНЯТЬ НАЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ И КНОПОК, СВЯЗАННЫХ С РАБОТОЙ ЗУ. НЕПРАВИЛЬНОЕ ПЕРЕНАЗНАЧЕНИЕ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К НЕУМЫШЛЕННОМУ СБРОСУ БОЕВОЙ НАГРУЗКИ.

Восстановление заводских настроек.

В случае сбоя или ошибочного вмешательства в настройки рекомендуется восстановить штатную прошивку ПДК из резервной копии. Для этого загрузите архив с прошивкой на компьютер по ссылке:



Выключите ПДК и извлеките карту памяти, расположенную в нижней части ПДК. Отформатируйте карту памяти. Разархивируйте архив с прошивкой. Запишите папки и файлы прошивки на карту памяти.

Вставьте карту обратно в ПДК и включите его.

Проверить значения отклонений стыков 3 и 9 (рис. 20) на экране ПДК в каналах: 01 Ail, 02 Ele, 03 Thr, 04 Rud. Все значения должны равняться нулю. Убедитесь в правильности отклика всех органов управления ПДК в соответствии с функциональным назначением каналов. При наличии отклонений проведите калибровку ПДК в соответствии с разделом 3.3.3.2.

Примечание: Обновление прошивки следует проводить только подготовленным персоналом.



8.4. Замена и обслуживание лопастей БПЛА «X»

БПЛА UAV Perun MAX квадрокоптерного типа имеет четыре двигателя «X9 Plus» с противоположными направлениями вращения CW и CCW (рис. 86). Двигатели одного типа расположены по диагонали, а по другой диагонали расположены двигатели противоположного типа (рис. 87), что обеспечивает компенсацию крутящего момента вокруг вертикальной оси.



Рисунок 86. Маркировка двигателей «X9 Plus»

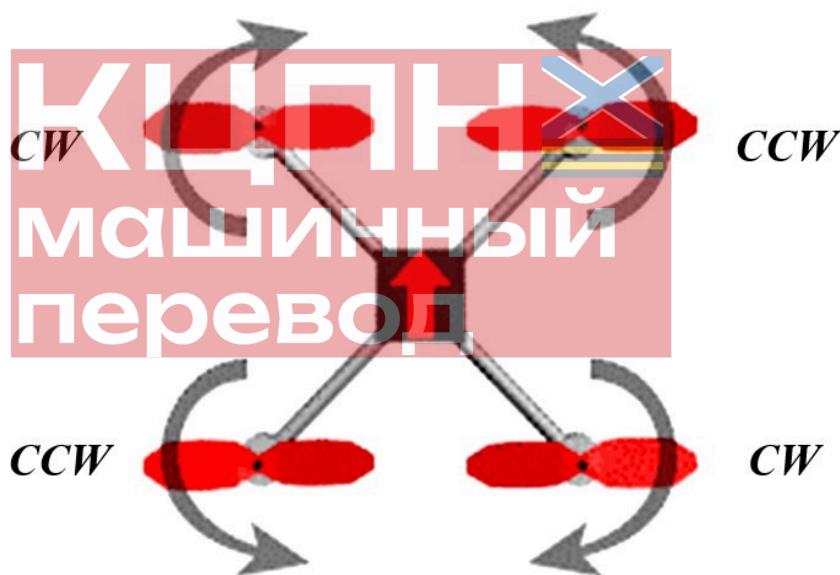


Рисунок 87. Расположение двигателей «X9 Plus»

На двигатели CW устанавливается пара лопастей с маркировкой CW, на двигатели CCW устанавливаются лопасти с маркировкой CCW (рис. 88). Каждая пара должна иметь идентичные характеристики профиля (рис. 89).

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТАНАВЛИВАТЬ ЛОПАСТИ С НЕПРАВИЛЬНОЙ МАРКИРОВКОЙ ИЛИ В НЕПРАВИЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ.





Рисунок 88. Маркировка лопастей CW и CCW



Рисунок 89. Форма лопастей CW или CCW с переменным профилем по длине

Во время работы двигателей оператор обязан проверить наличие посторонних звуков; в случае обнаружения признаков некорректной работы немедленно остановить эксплуатацию и обратиться в сервисный центр производителя.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО В КОНСТРУКЦИЮ БПЛА БЕЗ СОГЛАСОВАНИЯ С ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ ЗАПРЕЩЕНО И ВЛЕЧЕТ ЗА СОБОЙ ПОТЕРЮ ГАРАНТИИ.

После завершения полёта проводится осмотр и проверка момента затяжки лопастей. В случае его ослабления лопасти затягиваются с использованием штатного инструмента из комплекта ЗИП.



В случае повреждения хотя бы одной лопасти на двигателе (CW или CCW) **замене подлежит пара лопастей с соответствующей маркировкой** (рис. 88). В случае затрудненного откручивания гайки крепления лопасти допускается её осторожный подогрев локальным источником тепла (зажигалкой). Подогрев выполнять кратковременно, избегая повреждения пластиковых и композитных элементов.

Перед монтажом новых лопастей удалите остатки старого резьбового фиксатора с крепежных элементов. Лопасты устанавливайте так, чтобы маркировка располагалась сверху (в направлении от земли). При установке шайб располагайте их гладкой поверхностью к лопасти. Крепление лопастей осуществляется штатными винтами с использованием фиксатора резьбы из комплекта ЗИП (синего цвета), который следует наносить на край резьбы (1 виток) винта, чтобы при его закручивании фиксатор равномерно распределился по всей длине.

Особенности эксплуатации зимой — для предотвращения обледенения лопастей при минусовой температуре окружающей среды рекомендуется обрабатывать рабочие поверхности лопастей силиконовой смазкой или другим невысыхающим смазочным материалом.

8.5. Обслуживание механизмов складывания лучей

На резьбу винтов штатного крепления механизмов складывания лучей, фиксирующих лопасти, обязательно следует наносить фиксатор резьбы из комплекта ЗИП (синего цвета). Это предотвращает самопроизвольное ослабление креплений, что может привести к неравномерной нагрузке двигателей и даже к их разрушению. Работы по техническому обслуживанию должны выполняться регулярно.

8.6. Обслуживание механизмов сброса (сервоприводов)

Сервоприводы подлежат обязательной очистке и смазке консистентной смазкой из комплекта. Работы по обслуживанию должны выполняться на регулярной основе, а также после каждого полётного цикла или при воздействии пыли, влаги или низких температур. Несоблюдение этого требования приведёт к повышенному износу и увеличит риск отказа системы механизма сброса.

Перед установкой ЗУ смажьте каналы для штоков сервоприводов силиконовой смазкой или изопропиловым спиртом (наносить ватной палочкой). В случае применения тяжелого ЗУ дополнительно смажьте шток по всей длине для обеспечения свободного скольжения и гарантированного его сброса.

8.7. Эксплуатация и уход за аккумуляторной батареей ()

Особенности эксплуатации АКБ зимой — не устанавливать на БПЛА аккумуляторы с низкой температурой, рабочая температура АКБ должна быть не



ниже +5 °С. Для поддержания температуры АКБ выше +5 °С при минусовой температуре окружающей среды перед взлетом применяются следующие меры:

- хранить и транспортировать АКБ в термочехлах или в утепленных контейнерах;
- перед установкой подогревать АКБ в помещении до рабочей температуры;
- использовать химические или электрические грелки (термопакеты, нагревательные элементы с питанием от внешнего источника);
- свести к минимуму время нахождения АКБ на открытом воздухе без защиты.

8.7.1. Правила зарядки и хранения АКБ

Зарядка должна осуществляться под наблюдением при температуре окружающей среды от +5 °С до +40 °С. Запрещается заряжать АКБ сразу после полёта, необходимо дождаться их охлаждения до температуры ниже 40 °С. Напряжение во время зарядки не должно превышать 4,2 В на ячейку. Это обеспечивает режим работы зарядного устройства Charge (зарядка); при зарядке в этом режиме после достижения заданного напряжения процесс автоматически прекратится.

ВНИМАНИЕ: НА ЗАРЯДНОМ УСТРОЙСТВЕ В ПОЛЕ 5 (РИС. 90) ОБЯЗАТЕЛЬНО ДОЛЖЕН БЫТЬ УСТАНОВЛЕН ТИП БАТАРЕИ LIPO4.20.

Хранение АКБ должно осуществляться в сухом, вентилируемом помещении, защищенном от прямых солнечных лучей и источников тепла. АКБ не должны храниться в полностью заряженном или полностью разряженном состоянии. Рекомендуемый уровень заряда для хранения составляет 40–60%, когда напряжение составляет 3,8–3,85 В на ячейку; это обеспечивает режим работы зарядного устройства Storage (режим хранения).

Режим работы зарядного устройства Manager (управление зарядом) позволяет устанавливать ограничения по напряжению и/или току заряда с целью уменьшения износа АКБ или настройки под специфические требования (например, заряд до 4,1 В на ячейку вместо 4,2 В).

Примечание: Перед использованием режима Manager следует проверить техническую документацию на АКБ. Некорректные ограничения могут повлиять на ресурс или безопасность батареи.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ХРАНИТЬ АКБ В БЛИЗИ ИСТОЧНИКОВ ОГНЯ, ТЕПЛА ИЛИ ВО ВЛАЖНОЙ СРЕДЕ.

8.7.2. Действия в случае возгорания АКБ

1. По возможности немедленно отсоедините все разъемы питания, избегая контакта с горящими элементами.
2. Для тушения используйте сухой песок или огнетушитель класса D, предназначенный для тушения возгораний металлов.



3. Не используйте воду! Она может вступить в реакцию с литием и усилить возгорание.
4. Дождитесь полного погасания, остывания АКБ и рассеивания дыма.
5. Избегайте вдыхания дыма — пары лития токсичны.

8.8. Зарядное устройство для АКБ 6- 14S

Перед началом зарядки следует настроить параметры соответствующего канала зарядного устройства. Установите силу зарядного тока, нажав кнопку 1 Current (рис. 90) на панели управления того канала (I или II), к которому подключена АКБ для подзарядки. Рекомендуется не превышать значение 15 А. Выберите режим зарядки с помощью кнопки 2 Mode. Charge – для полноценной зарядки АКБ, Storage – зарядка АКБ для хранения.



Рисунок 90. Каналы зарядки, их параметры и элементы управления зарядным устройством

1 – Кнопка Current для изменения силы зарядного тока, 2 – Кнопка Mode для выбора режима зарядки, 3 – Кнопка включения и выключения зарядки, 4 – Панель разъемов для подключения АКБ, 5 – Поле, отображающее тип АКБ, I – Панель зарядки, управления и экран отображения параметров первого канала, II – Панель зарядки, управления и экран отображения показателей второго канала.

В комплекте БпАК поставляются АКБ типа 14S, напряжение на каждой ячейке которых не должно превышать 4,2 В. Перед зарядкой проверьте, что в поле 5 установлен тип АКБ LiPo4.20. В случае несоответствия необходимо изменить тип АКБ, для этого одновременно нажмите и удерживайте кнопки 1 и 2. Повторяйте нажатие до появления обозначения LiPo4.20.

ВНИМАНИЕ: УСТАНОВКА ТИПА АКБ LiHV4.35, LiHV4.40 ИЛИ LiHV4.45 НЕ ДОПУСКАЕТСЯ, ПОСКОЛЬКУ ОНИ ПРЕДУСМАТРИВАЮТ КОНЕЧНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 4,35 В, 4,40 В или 4,45 В НА ЭЛЕМЕНТ, ЧТО ПРИВЕДЕТ К ПЕРЕЗАРЯДКЕ, ВЫХОДУ АККУМУЛЯТОРА ИЗ СТРОЯ И МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ЕГО ВОЗГОРАНИЕ.

Подключите провода из комплекта БПБК к передней панели зарядного устройства. Подключите силовые провода АКБ к соответствующим проводам,



установленных в зарядное устройство. Подключите балансирующий провод, соблюдая ориентацию пазов в разъемах. Подайте питание на зарядное устройство, включите переключатель на его задней панели.

Нажмите и удерживайте кнопку 3 соответствующего канала до появления красного светового индикатора, что свидетельствует о начале зарядки.

Во время зарядки на экране зарядного устройства поочередно будут отображаться два информационных экрана с параметрами АКБ и процесса зарядки (рис. 91).

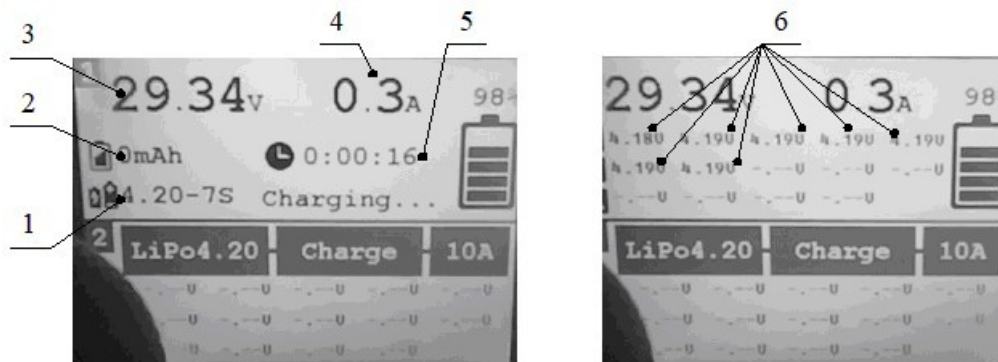


Рисунок 91. Каналы зарядки АКБ, их параметры и элементы индикации

1 – Тип АКБ, 2 – Накопленный заряд, А·ч, 3 – Общее напряжение АКБ, В, 4 – Ток зарядки, А, 5 – Продолжительность зарядки, мин, 6 – Напряжение каждой ячейки АКБ.

По завершении зарядки светодиод на передней панели загорится зеленым, а зарядное устройство подаст звуковой сигнал.

Для принудительного прекращения зарядки на любом этапе – нажмите и удерживайте кнопку 3 соответствующего канала.

8.9. Калибровка магнитометра с помощью « »

Калибровку магнитометра необходимо выполнять после его замены или после появления сообщений «Bad Compass Health» или «Error compass variance» в программе Mission Planner или QGroundControl.

Перед началом калибровки магнитометра необходимо выполнить следующее:

Отсоедините разъемы QS10 1 (рис. 14) питания БПЛА от АКБ, тем самым отключив питание аппарата. Откройте крышку модуля видеозаписи (DVR) 15 (рис. 1). Отсоедините разъем питания (2-контактный) гиростабилизированной подвески (gimbal) 2 (рис. 92), что необходимо для предотвращения его перегрева и повреждения во время калибровки магнитометра.

Примечание: Включенная гиростабилизированная подвеска будет пытаться стабилизировать положение, что приведет к её перегрузке и может вызвать выход из строя.



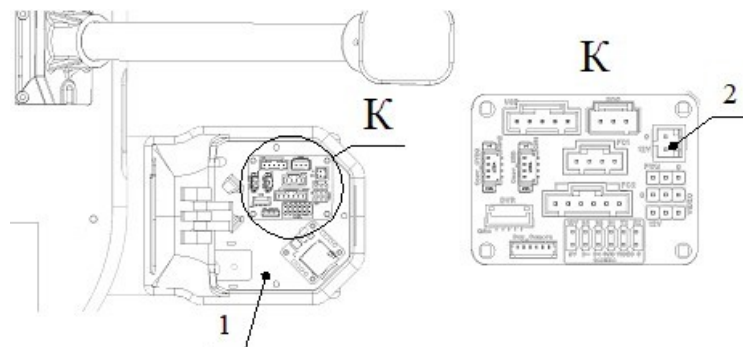


Рисунок 92. Расположение разъема питания подвески

1 — Модуль DVR, 2 — Разъем питания (2-контактный) гиростабилизированной подвески (gimbal)

Наденьте транспортировочный чехол на гиростабилизированную подвеску и крышку на тепловизионную камеру для защиты их от механических повреждений.

Равномерно сложите лопасти и зафиксируйте двигатели, прикрепив лопасти стяжками к соответствующим лучам. Включите БПЛА, соединив разъемы QS10 1 (рис. 14) питания БПЛА с АКБ.

При калибровке аппарата с помощью Mission Planner начните процедуру, перейдя на вкладку «SETUP» в MP (рис. 93).

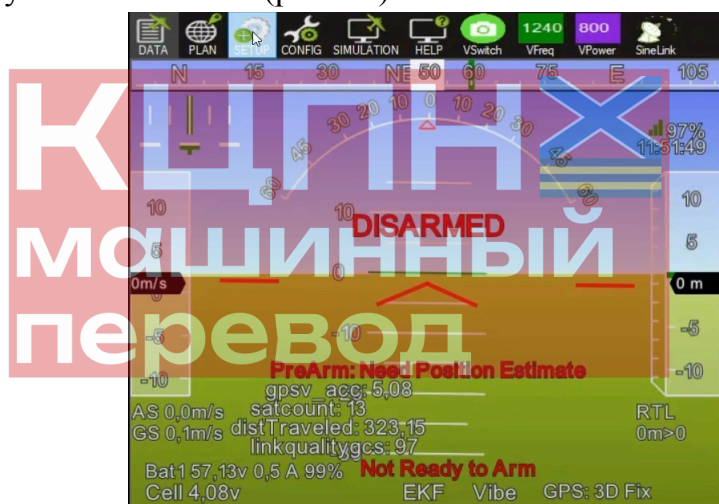


Рисунок 93. Расположение вкладки «SETUP»

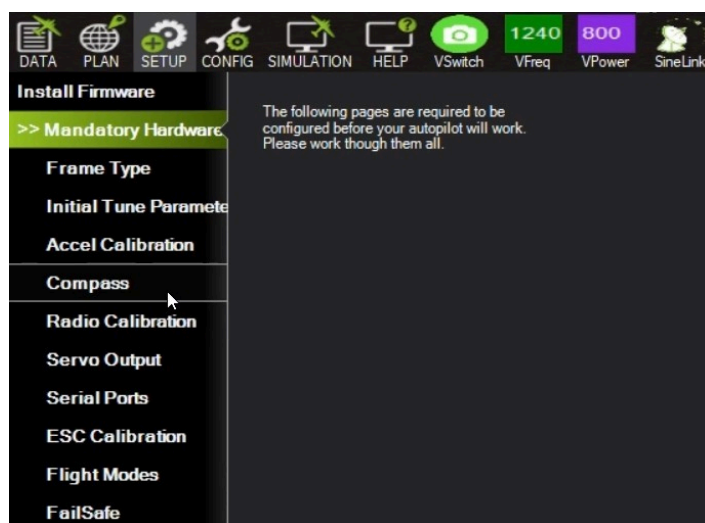


Рисунок 94. Расположение вкладки «Compass»



Перейдите на вкладку «Mandatory Hardware» (рис. 94) и далее нажмите на вкладку «Compass».

В новом окне должен отображаться магнитометр, входящий в состав аппарата и подлежащий калибровке — он отмечен синим цветом (рис. 95). Для начала его калибровки нажмите кнопку «Start», после чего БПЛА подаст звуковой сигнал, свидетельствующий о готовности аппарата к калибровке.

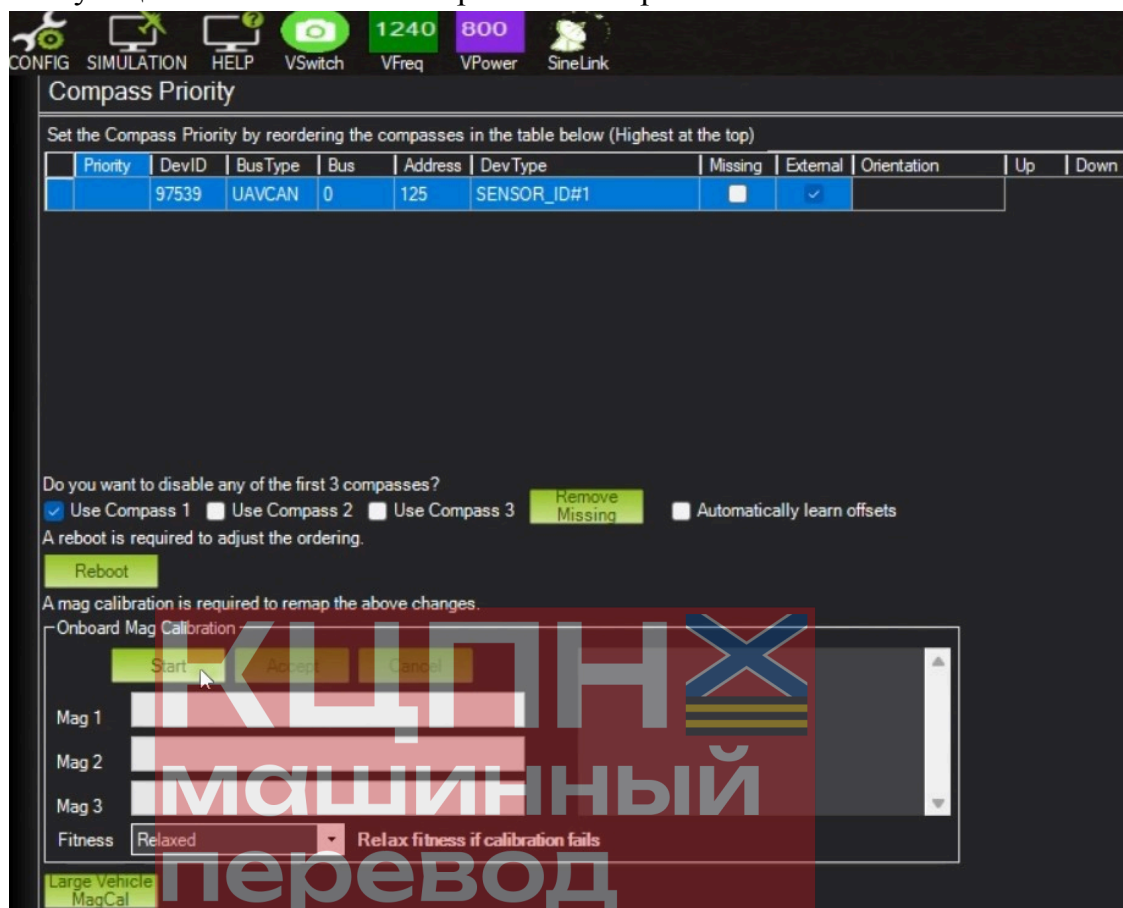


Рисунок 95. Расположение кнопки «Start»

Перед вращением БПЛА обязательно убедитесь, что у операторов нет при себе металлических предметов (инструментов, часов и т. п.). Появление магнитных помех (от металлических предметов) может привести к неточной калибровке, ошибкам компаса и потере стабильности полёта.



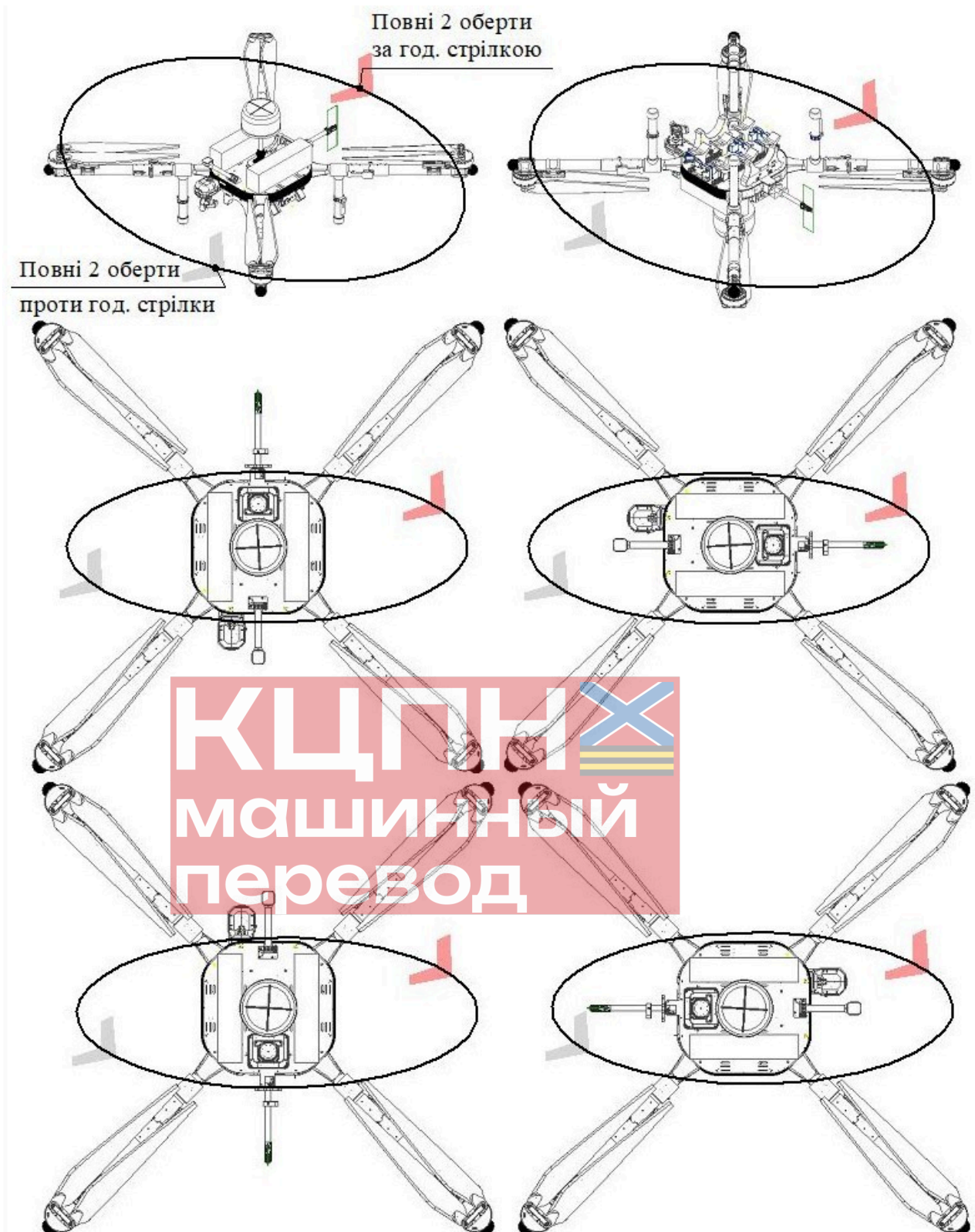


Рисунок 96. Необходимые положения БПЛА во время калибровки магнитометра

Калибровку магнитометра следует выполнять с помощью двух операторов путем последовательного вращения БПЛА вокруг каждой из трех осей (X, Y, Z) на 360° — по два раза — в прямом и обратном направлениях (рис. 96). Вращение следует продолжать до полного заполнения шкалы калибровки (97–98 %). В случае успешного завершения калибровки БПЛА должен подать повторный звуковой сигнал, а также в контекстном меню МР должно появиться сообщение «Compass calibration successful. Please reboot the autopilot to apply changes».



Нажав кнопку «ОК» — согласитесь и перезагрузите аппарат, отключив питание БПЛА, а именно разъединив разъемы QS10 1 (рис. 14) питания аппарата от АКБ.

При калибровке аппарата с помощью QGroundControl необходимо открыть меню «Vehicle Setup» (рис. 97), перейти на вкладку «Sensors», а затем выбрать «Compass».

Для начала калибровки нажмите кнопку «ОК», после чего БПЛА подаст звуковой сигнал, подтверждающий готовность к процедуре.

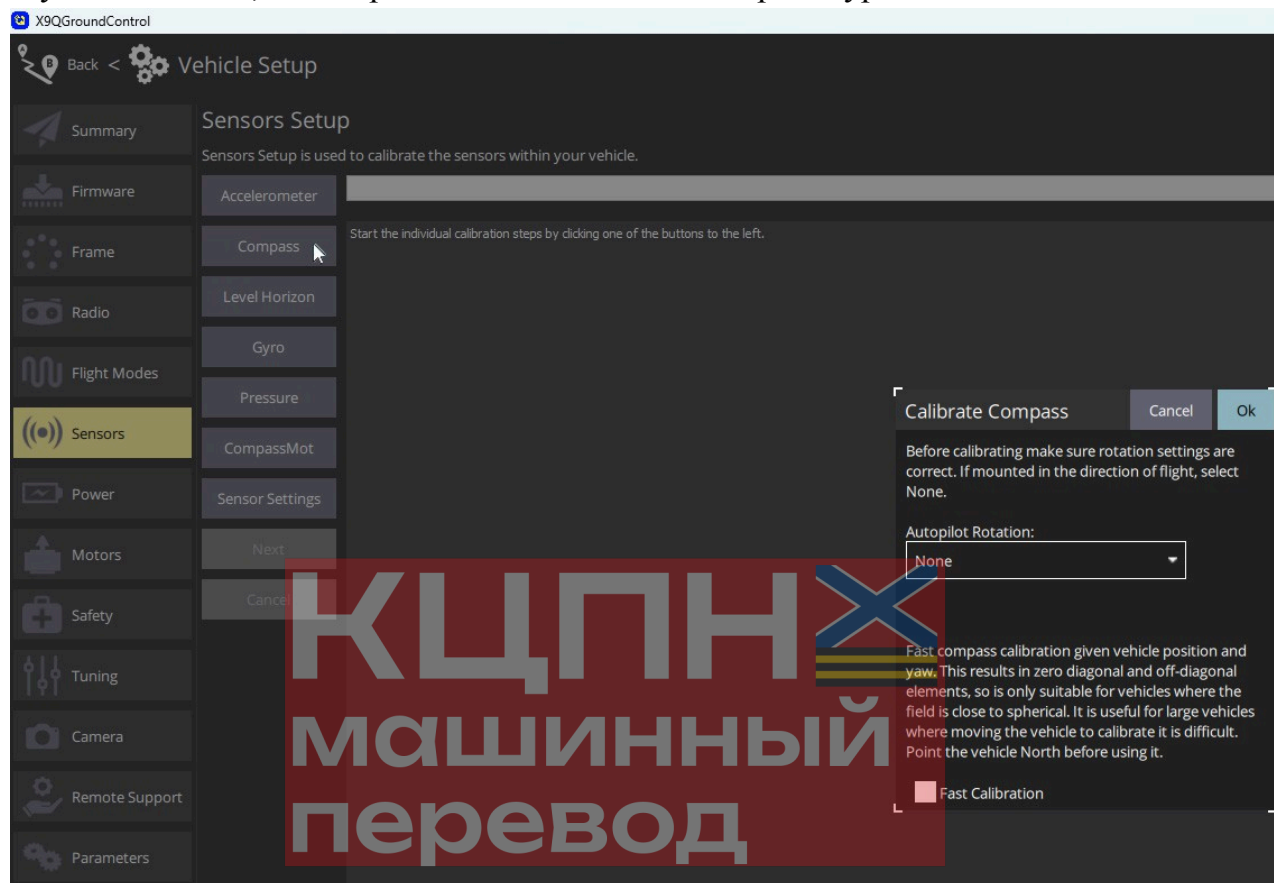


Рисунок 97. Расположение вкладки «Compass» в QGC

Калибровка магнитометра выполняется двумя операторами, как описано ранее. По завершении в верхней части QGC заполнится индикатор и появится окно с сообщением об успешном завершении калибровки (рис. 98).

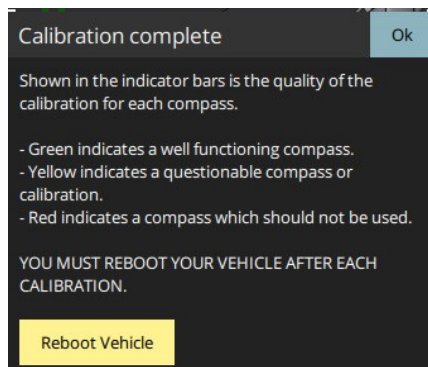


Рисунок 98. Расположение вкладки «Compass» в QGC



Для сохранения данных в полетном контроллере нажмите кнопку «Reboot Vehicle».

Снять транспортировочный чехол с гиростабилизированного подвеса и крышку с тепловизионной камеры. Подключить разъем питания (2-контактный) гиростабилизированного подвеса (gimbal) 2 (рис. 92). Включить питание БПЛА путем подключения разъемов QS10 1 (рис. 14) для продолжения работы.

8.10. Калибровка уровня БПЛА

Перейдите на вкладку «Setup» (рис. 99), затем на вкладку «Mandatory Hardware» и далее нажмите на вкладку «Accel Calibration».

Установите БПЛА на горизонтальную поверхность, выровняйте его по уровню. Нажмите кнопку «Calibrate Level».

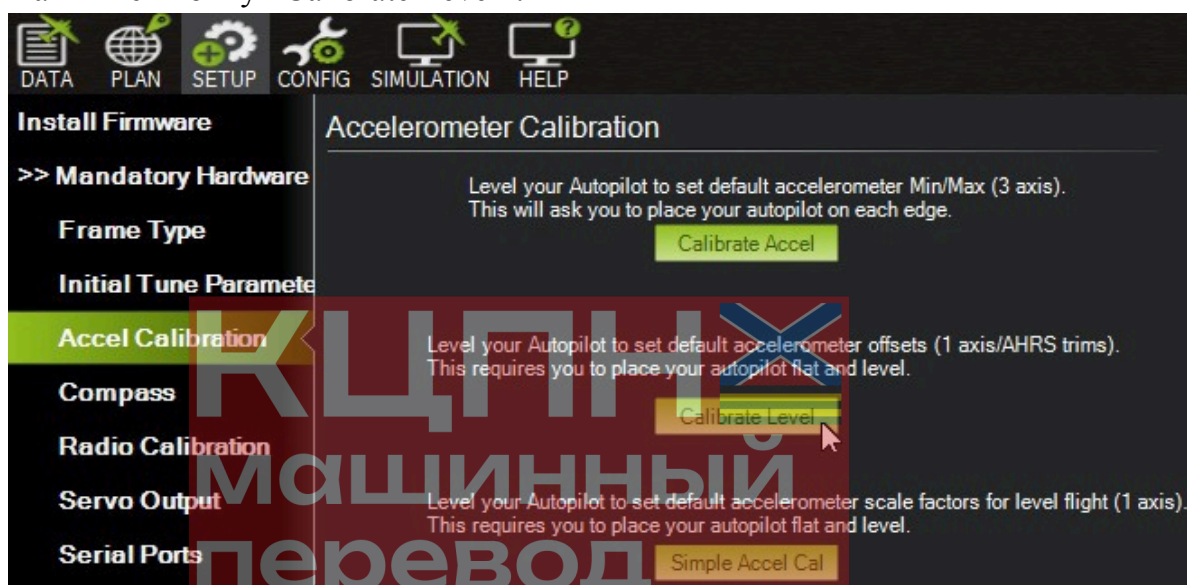


Рисунок 99. Порядок прохождения по меню MP до кнопки «Calibrate Level»

Дождитесь изменения статуса кнопки на «Completed» (рис. 100), что подтверждает завершение калибровки уровня прибора.

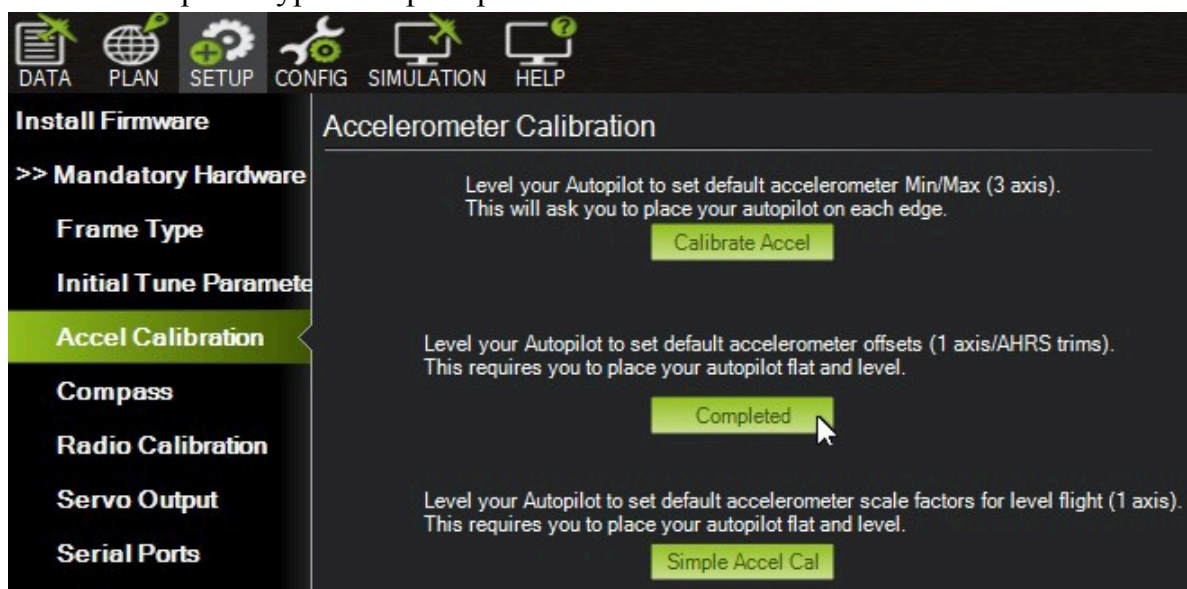


Рисунок 100. Расположение сообщения «Completed» в MP



8.11. Сопряжение радиоретранслятора с БПЛА « »

Если радиоретранслятор должен работать с другим БПЛА (например, после замены аппарата на новый или БПЛА после сервисного обслуживания), но канал связи не устанавливается автоматически после включения, то есть появились следующие **признаки**:

– в VLinkApp поля Receiver/Transmitter остаются неактивными (серыми или красными),

– в Mission Planner отсутствует телеметрия с борта при наличии физического соединения, необходимо выполнить сопряжение вручную.

Убедитесь:

- что ноутбук и ПДК подключены между собой с помощью USB-кабеля (рис. 15) и каждый из них подключен к катушке питания радиоретранслятора кабелями Ethernet;

- что блок питания радиоретранслятора и БПЛА подключены к АКБ;

- что кабель блока питания радиоретранслятора подключен к радиоретранслятору;

- что кнопка питания на блоке включена;

- соединены ли ПДК и МР между собой; если нет, то соедините их в соответствии с разделом

3.4;

3.2.5. - разложена ли антенна радиосвязи, если нет, то разложить в соответствии с

разделом Снять транспортировочный футляр с гиростабилизированного

подвеса.

Отвинтите шесть винтов 1 (рис. 101) крышки радиоретранслятора 2 и четыре винта 2 (рис. 102) крышки модуля цифровой связи 1.

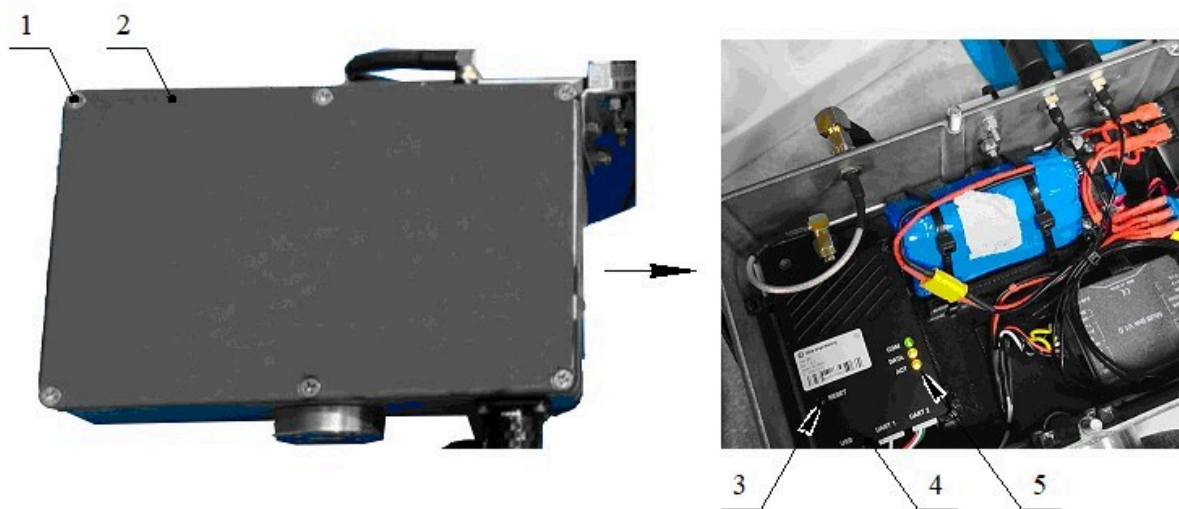


Рисунок 101. Демонтаж крышки блока радиоретранслятора

1 – Винт крепления крышки блока радиоретранслятора, 2 – Крышка радиоретранслятора, 3 – Кнопка RESET модуля sine.link радиоретранслятора, 4 – Модуль sine link радиоретранслятора, 5 – Световые индикаторы.



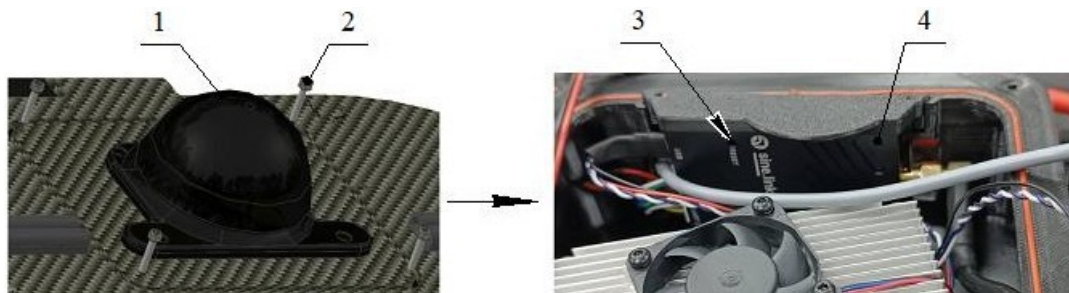


Рисунок 102. Демонтаж крышки модуля цифровой связи

1 – Крышка модуля цифровой связи, 2 – Винт крепления крышки модуля цифровой связи, 3 – Кнопка RESET модуля sine.link в корпусе БПЛА, 4 – Модуль sine.link в корпусе БПЛА.

8.11.1. Сопряжение с помощью кнопок RESET.

1. Нажмите кнопку RESET 3 (рис. 101) на модуле sine.link радиоретранслятора 4 и удерживайте в течение 3 с. Для этого можно использовать шестигранник 1,5 мм из комплекта БПЛА. Когда все три светодиода 5 начнут мигать, это означает, что активация режима сопряжения началась.

После этого нажмите кнопку RESET 3 (рис. 102) на 3 с на модуле sine.link в корпусе БПЛА 4, также до изменения световой индикации. После нажатия кнопки RESET в радиоретрансляторе необходимо в течение 30 секунд нажать кнопку в корпусе БПЛА.

ВНИМАНИЕ: СНАЧАЛА НАЖМИТЕ RESET НА МОДУЛЕ РАДИОРЕТРАНСЛЯТОРА (ОН ВЫПОЛНЯЕТ РОЛЬ MASTER), А ПОТОМ НА МОДУЛЕ В БПЛА (РОЛЬ SLAVE). НАРУШЕНИЕ ЭТОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ТОМУ, ЧТО БПЛА РАСПОЗНАЕТ СЕБЯ КАК РЕТРАНСЛЯТОР (НЕ НАЧНЕТ ПОЛЕТ) И ИСКЛЮЧИТ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИВЯЗКИ СВЯЗИ ДРУГИХ АППАРАТОВ С ЭТИМ РАДИОРЕТРАНСЛЯТОРОМ.

Дождитесь звукового сигнала от аппарата — это будет свидетельствовать об успешном сопряжении.

Контроль сопряжения.

Проверьте соединение с помощью ПДК:

– Переместите поворотный регулятор наклона объектива камеры S1 (рис. 24), убедитесь, что тепловизионная камера 13 (рис. 1) движется в соответствии с командами.

– Переведите предохранитель сброса SC (рис. 24) в положение «На себя».

– Поочередно нажимайте кнопки выбора ЗУ, после нажатия каждой кнопки переведите вниз переключатель активации механизма сброса SH, убедитесь, что соответствующие механизмы сброса 17 (рис. 1) срабатывают.

Соберите радиоретранслятор и модуль цифровой связи, закрепите соответствующим креплением.

8.11.2. Сопряжение с помощью ПО LinkApp.

Эту процедуру следует выполнять в том случае, если предыдущий метод не помог или модуль sine.link радиоретранслятора 4 (рис. 101) работает в качестве Slave, а модуль



sine.link в корпусе БПЛА 4 (рис. 102) — как Master, что является следствием некорректных предыдущих настроек и не соответствует рабочей конфигурации.

Подключите угловой кабель Type C от ноутбука к модулю sine.link радиоретранслятора 4 (рис. 101).

ВАЖНО: ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СО СТОРОНЫ МОДУЛЯ НЕОБХОДИМО ИСПОЛЬЗОВАТЬ УГЛОВОЙ РАЗЪЕМ TYPE-C.

Запустите ПО LinkApp-widgets, установленное на ноутбуке НСК.

Проверьте индикацию под параметрами Slave RX (Receive — приемник): в случае несопряженных модулей полоска будет красной. Нажмите кнопку Pair 1 (рис. 103) в правом верхнем углу экрана, затем нажмите появившуюся кнопку «Pair Over The Air».

В течение 30 секунд после этого нажмите кнопку RESET 3 (рис. 101) на модуле sine.link в корпусе БПЛА 4 и удерживайте её в течение 3 с. Для нажатия используйте шестигранник 1,5 мм из комплекта БПЛА.



Рисунок 103. Активация Slave RX с помощью кнопки Pair и всплывающего окна «Pair Over The Air»

1 — Кнопка Pair.

Убедитесь, что все три светодиода модуля sine.link в корпусе БПЛА 4 начали мигать одновременно — это сигнал об активации режима сопряжения.

Дождитесь, пока в LinkApp полоска Slave RX изменит цвет на синий (рис. 103).

Установите следующие параметры 1 (рис. 104):

- TX (Transmit – передатчик): Lora, 9,2 кбит/с;
- RX: Lora, 18 кбит/с;
- Мощность TX и RX: 1000 мВт (1 Вт).
- Активируйте режим Multi-channel Adaptive FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum — ППРЧ) в правом верхнем углу интерфейса.



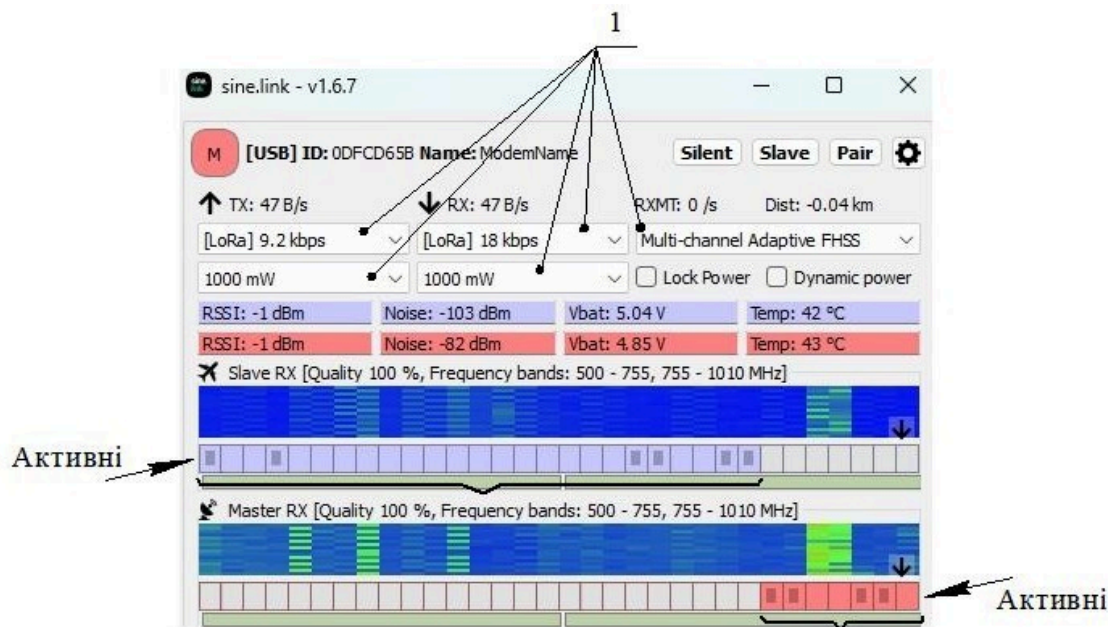


Рисунок 104. Настройка параметров TX и RX 1 –

Параметры TX и RX и режим ППРЧ.

Задайте цветовую маркировку ячеек: под верхней синей полосой — все, кроме последних семи, в нижней строке — последние семь красными.

Настройка Master.

Нажмите на значок шестеренки 1 (рис. 105) в правом верхнем углу экрана.

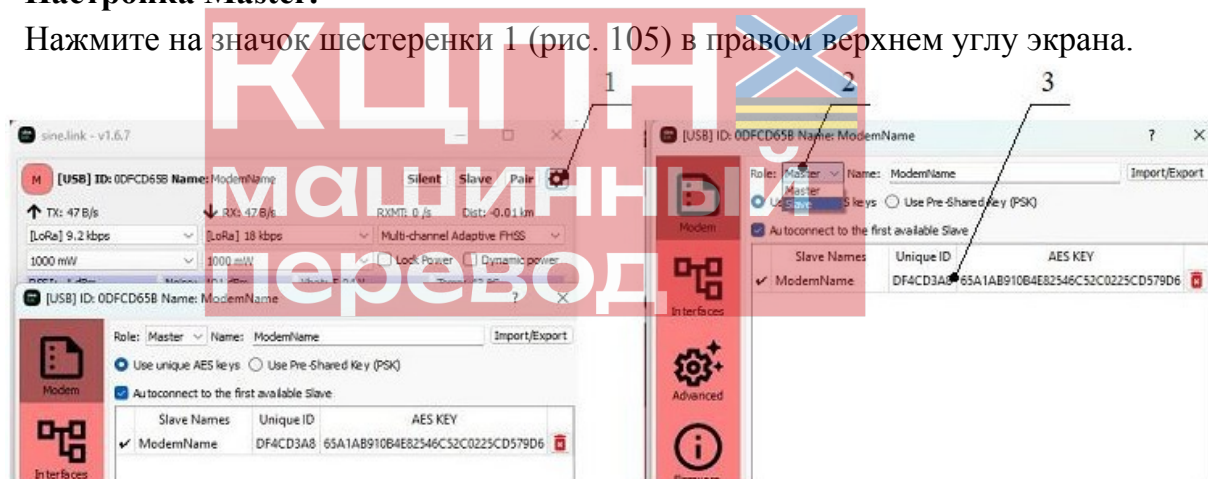


Рисунок 105. Вход и окно настроек модуля Master

1 – Кнопка «Настройки», 2 – Поле выбора роли модуля sine.link радиоретранслятора, 3 – Список ранее сопряженных модемов, сохраненных в памяти модуля.

В случае, если модуль sine.link радиоретранслятора 4 (рис. 101) выполняет роль Slave вместо Master из-за предыдущих некорректных настроек, в окне настроек Master/Slave 2 (рис. 105) выберите Master, чтобы вернуть модулю sine.link радиоретранслятора правильную роль.

Для настройки интерфейсов модуля Master во вкладке:

- UART1 (рис. 106) установите Configuration – S1 и 100 000, активируйте SBUS и Inverted (Normal);
- UART2 установите Configuration – S2 и 115 200, активируйте MAVlink, inject RADIO_STATUS packets и Allow modem control.



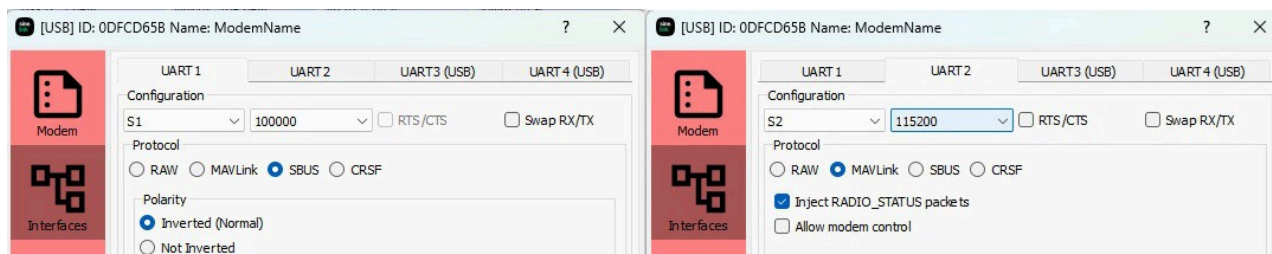


Рисунок 106. Настройка интерфейсов модуля Master

В расширенных настройках модуля Master (Advanced) установите скорость передачи данных для повторного подключения — LoRa, 9,2 кбит/с (рис. 107).

Во вкладке (Firmware) проверьте версии прошивки и ПО, с помощью которых выполняется настройка. В данном случае версия прошивки – v1.6.7, версия ПО – v1.6.7.

ВАЖНО: ВЕРСИИ ПРОШИВОК И ПО МОДУЛЯ MASTER И МОДУЛЯ SLAVE ДОЛЖНЫ СОВПАДАТЬ. СЛЕДУЕТ ЗАПИСАТЬ ЭТИ ДАННЫЕ С МОДУЛЯ MASTER ДЛЯ СРАВНЕНИЯ С ДАННЫМИ МОДУЛЯ SLAVE.

В случае внесения изменений нажмите кнопку Save All для сохранения настроек.

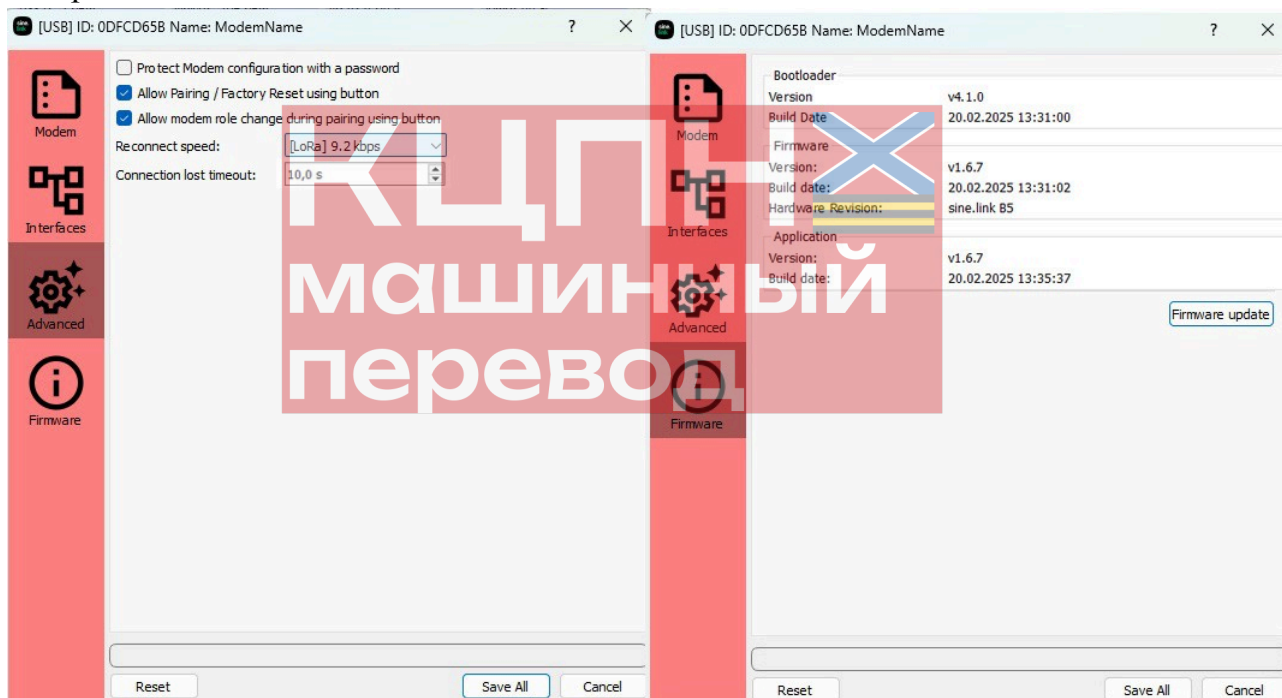


Рисунок 107. Расширенные настройки модуля Master, а также версии прошивки и ПО

Настройки Slave.

Нажмите кнопку Slave 1 (рис. 108) в правом верхнем углу экрана, а затем на значок шестеренки 2, появившийся в результате предыдущего нажатия.



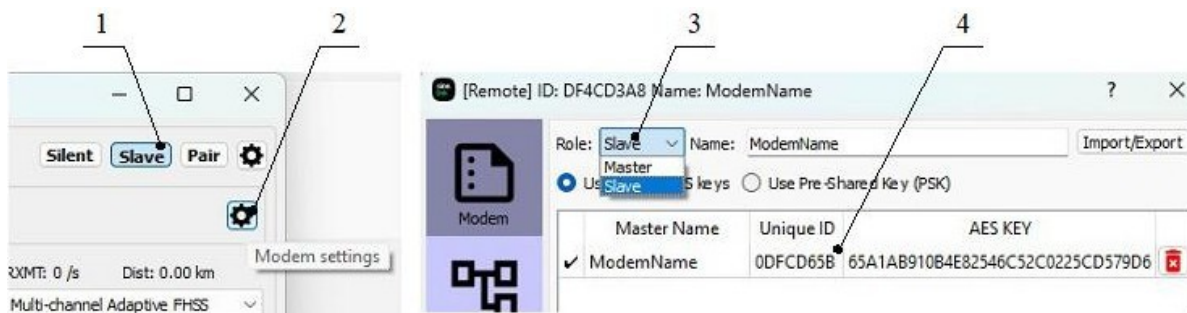


Рисунок 108. Вход и окно настроек модуля Slave

1 – Кнопка выбора модуля sine.link, назначенного в качестве Slave, 2 – Кнопка «Настройки», 3 – Поле выбора роли модуля sine.link в качестве радиоретранслятора, 4 – Список ранее сопряженных модемов, сохраненных в памяти модуля.

Просмотрите в окне настроек Slave/Master 3 список модемов Master RX 4, которые ранее сопрягались с текущим Slave TX.

В случае, если модуль sine.link в корпусе БПЛА 4 (рис. 102) выполняет роль Master вместо Slave из-за предыдущих некорректных настроек, в окне Master/Slave 3 (рис. 108) выберите Slave, чтобы вернуть модулю sine.link в корпусе БПЛА правильную роль.

Для настройки интерфейсов модуля Slave во вкладке:

- UART1 (рис. 109) установите Configuration – S1 и 100 000, активируйте SBUS, Inverted (Normal) и No pulses/No packet injection;
- UART2 установить Configuration – S2 и 115 200, активировать MAVlink, inject RADIO_STATUS packets и RTS/CTS.

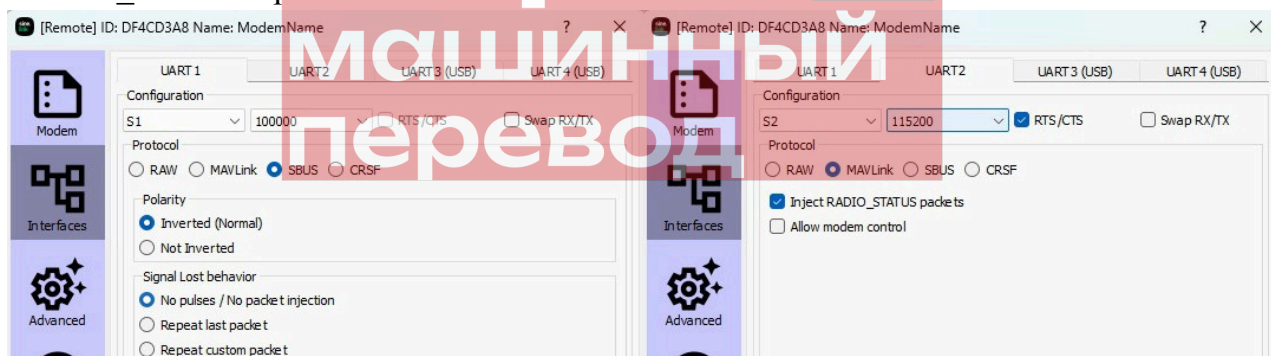


Рисунок 109. Настройка интерфейсов модуля Slave

В расширенных настройках модуля Slave (Advanced) установите скорость передачи данных для повторного подключения — LoRa, 9,2 кбит/с (рис. 110).

Во вкладке (Firmware) проверьте версии прошивки и ПО, с помощью которых выполняется настройка. В данном случае версия прошивки – v1.6.7, версия ПО – v1.6.7. Несоответствие версий прошивок модуля sine.link в наземной станции и модуля sine.link в БПЛА приводит к сбоям в обмене данными.

ВАЖНО: ПРОВЕРЬТЕ, ПЕРЕДАЛ ЛИ МОДУЛЬ MASTER СВОЮ ВЕРСИЮ ПРОШИВКИ И ПО МОДУЛЮ SLAVE. ЕСЛИ ВЕРСИИ СОВПАДАЮТ, ТО ПРОЦЕСС СПАРИВАНИЯ ВЫПОЛНЕН КОРРЕКТНО.



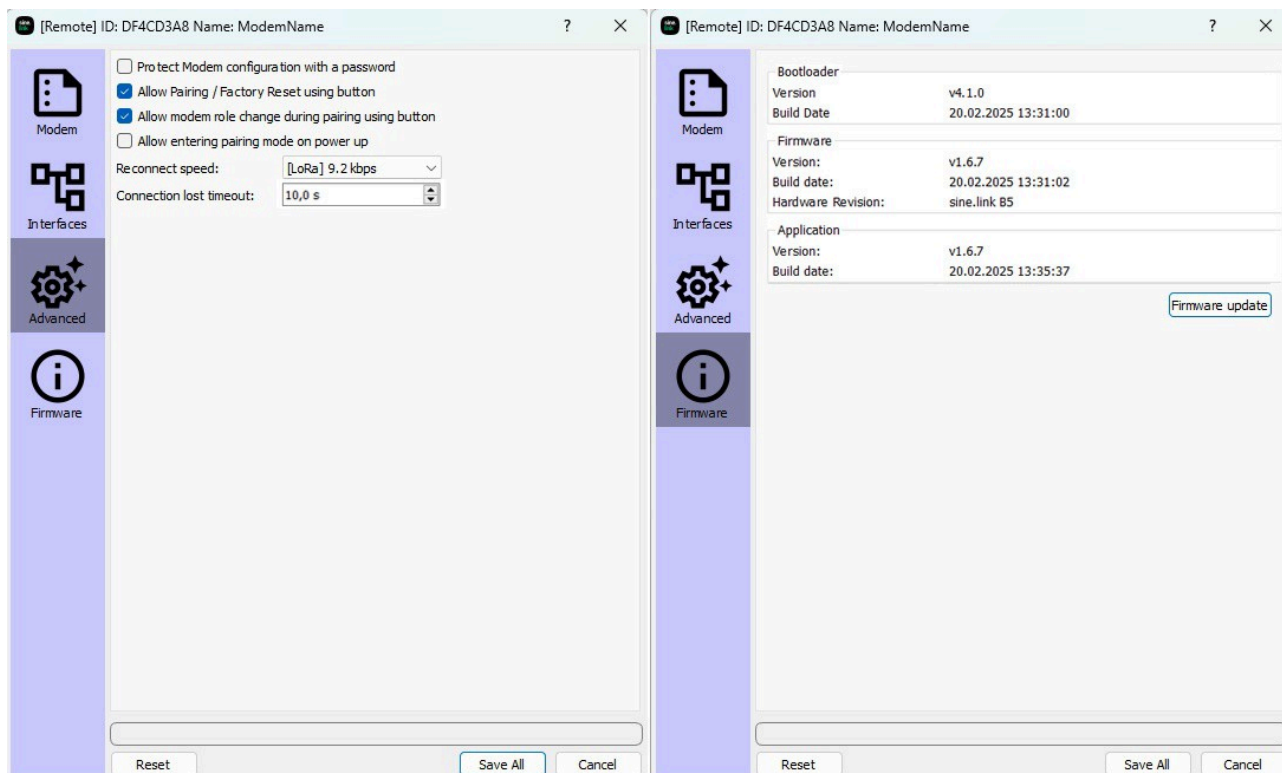


Рисунок 110. Расширенные настройки модуля Slave, а также версии прошивки и ПО

В случае внесения изменений нажмите кнопку Save All для сохранения настроек.

Проконтролируйте сопряжение в соответствии с разделом 8.11.1, подразделом: «Контроль сопряжения».

Отсоедините кабель Type C от ноутбука и модуля sine.link радиоретранслятора 4 (рис. 101). Соберите радиоретранслятор и модуль цифровой связи, закрепите соответствующими креплениями.

8.12. Условия стабильной радиосвязи БПЛА

Радиосвязь между НСК и БПЛА обеспечивается в пределах прямой радиовидимости LoS (Line of Sight, линия радиовидимости). Максимальная дальность такого взаимодействия ограничивается радиогоризонтом — расстоянием, на котором сохраняется LoS между антеннами передатчика и приемника.

Этот параметр является критическим для обеспечения стабильного управления и связи БПЛАК во время выполнения задач.

Расчет радиогоризонта.

Радиогоризонт определяется по формуле:

$D_{\text{теор}}, \text{ км} \approx 3,57 \times (h_1 + h_2)$, где:

h_1 — высота антенны радиоретранслятора, м;

h_2 — высота полёта БПЛА, м;

3,57 — коэффициент, учитывающий кривизну Земли и атмосферную рефракцию.



Таблица 12. Теоретический радиогоризонт ($D_{\text{теор}}$, км) в зависимости от высоты антенны радиоретранслятора и высоты полёта БПЛА UAV Perun MAX.

Высота полёта БПЛА, м \ Высота антенны радиоретранслятора, м	50	100	150	200	250
2	30,29	40,75	48,77	55,54	61,50
3	31,43	41,88	49,91	56,67	62,63
4	32,38	42,84	50,86	57,63	63,59
5	33,23	43,68	51,71	58,47	64,43
6	33,99	44,44	52,47	59,23	65,19
7	34,69	45,15	53,17	59,93	65,89
8	35,34	45,80	53,82	60,58	66,54

В реальных условиях на радиогоризонт также влияют:

- атмосферные явления (туман, осадки);
- многолучевое распространение сигнала (отражение сигнала от объектов);
- рельеф местности и искусственные препятствия;
- потери в кабелях и разъемах.

С учетом этих факторов при расчете радиогоризонта применяют понижающий коэффициент, учитывающий вероятную деградацию сигнала:

$$D_{\text{факт}}, \text{ км} \approx 0,8 \times 3,57 \times (h_1 + h_2).$$

Таблица 13. Фактический (расчетный) радиогоризонт ($D_{\text{факт}}$, км) в зависимости от высоты антенны радиоретранслятора и высоты полета БПЛА UAV Perun MAX.

Высота полёта БПЛА, м \ Высота антенны радиоретранслятора, м	50	100	150	200	250
2	24,23	32,60	39,02	44,43	49,20
3	25,14	33,51	39,93	45,34	50,10
4	25,91	34,27	40,69	46,10	50,87
5	26,58	34,95	41,36	46,78	51,54
6	27,19	35,56	41,97	47,39	52,15
7	27,75	36,12	42,53	47,95	52,71
8	28,27	36,64	43,06	48,47	53,24

Например, при высоте антенны радиоретранслятора 3 м и полете БПЛА на высоте 200 м дальность устойчивой радиосвязи может достигать 45 км.

Вместе с тем следует учитывать, что радиосигнал распространяется не линейно, а формирует пространственную зону — эллипсоид вращения, известный как зона Френеля (рис. 111).





Рисунок 111. Схематическое изображение зоны Френеля и ее радиуса.

Для сохранения качества связи антенны БПЛА и радиоретранслятора должны располагаться на такой высоте, чтобы в пределах зоны Френеля не было препятствий (зданий, рельефа, деревьев и т. п.).

В случае частичного перекрытия зоны Френеля:

- перекрытие до 20 % практически не влияет на качество сигнала, поэтому для боевого применения рекомендуется обеспечивать очистку зоны Френеля не менее чем на 80 %;

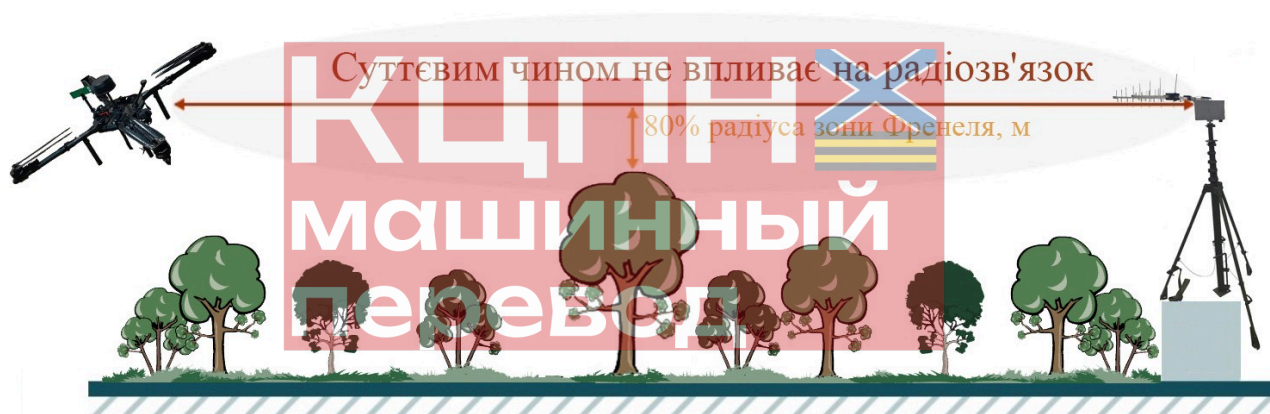


Рисунок 112. Схематическое изображение свободных 80 % радиуса зоны Френеля.

- перекрытие более 40 % приводит к существенному снижению стабильности связи и пропускной способности канала.



Рисунок 113. Схематическое изображение свободных 60 % радиуса зоны Френеля.



Свободные 60 % радиуса зоны Френеля определяют пространство, которое должно оставаться незаполненным между БПЛА и радиоретранслятором. Попадание посторонних объектов (препятствий, рельефа местности и т. п.) в эту зону вызывает существенное ухудшение качества радиосвязи.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ПРЯМАЯ РАДИОВИДИМОСТЬ НЕ ГАРАНТИРУЕТ СТАБИЛЬНУЮ СВЯЗЬ, ЕСЛИ НАРУШЕНА ГЕОМЕТРИЯ ЗОНЫ ФРЕНЕЛЯ.

Зона Френеля является критической для передачи сигнала без значительных потерь. Ее радиус в самой широкой части (на середине между передатчиком и приемником) рассчитывается по формуле:

$$R = 17,3 \sqrt{\frac{1}{f} \times \frac{SD}{S+D}}$$

где:

R — максимальный радиус зоны Френеля, м;

f — частота сигнала, ГГц, её можно узнать в меню VLinkApp (рис. 58); S, D

— расстояния от препятствия до передатчика и приёмника, км.

Расчетные значения радиуса зоны Френеля, в метрах, для частот передачи в диапазоне 1,8–2,4 ГГц и расстояний между передатчиком и приемником от 5 до 30 км с указанием критических порогов 80% и 60%, применяемых для оценки влияния помех на качество связи, приведены в таблице 14.

Таблица 14. Расчетные значения радиуса первой зоны Френеля (м) в зависимости от расстояния и частоты сигнала

Расстояние между передатчиком и приемником, км	Частота сигнала, ГГц											
	1,80			2,00			2,20			2,40		
	Значение радиуса в 100% и его пороги в 80% и критические 60% свободной зоны Френеля											
	100%	80	60	100%	80%	60%	100%	80%	60%	100%	80%	60 %
5	14	12	9	14	11	8	13	10	8	12	10	7
10	20	16	12	19	15	12	18	15	11	18	14	11
15	25	20	15	24	19	14	23	18	14	22	17	13
20	29	23	17	27	22	16	26	21	16	25	20	15
25	32	26	19	31	24	18	29	23	17	28	22	17
30	35	28	21	34	27	20	32	26	19	31	24	18

Например, при прямой радиовидимости между БПЛА и радиоретранслятором на расстоянии 20 км и при частоте передачи 2,00 ГГц радиус зоны Френеля составляет 27 м. Если в пределах этой зоны, на расстоянии 27 метров в обе стороны от линии прямой видимости, отсутствуют препятствия, радиогоризонт будет соответствовать значениям, приведенным в таблице 14.

В случае, когда дерево располагается не ближе чем на 22 м от линии радиогоризонта, то есть остается за пределами 80 % свободной зоны Френеля (рис. 112), влияние на качество связи будет минимальным.



Если же крона дерева попадает в зону Френеля, перекрывая более 40 % её радиуса, то есть ближе чем на 16 м к линии связи, это приводит к существенному снижению стабильности и пропускной способности радиоканала.

При перекрытии более 40 % радиуса зоны Френеля (рис. 113) связь может исчезнуть полностью, даже при наличии прямой радиовидимости. Это подтверждает, что одно лишь наличие LoS не гарантирует стабильного соединения: если нарушена геометрия зоны Френеля, связь пропадет, то есть прямая радиовидимость не является гарантией стабильной связи в случае перекрытия части эллипса зоны Френеля.

ВНИМАНИЕ: ЭФФЕКТИВНАЯ РАБОТА БПЛА ВОЗМОЖНА ТОЛЬКО ПРИ УСЛОВИЯХ

ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВОБОДНОЙ ЗОНЫ ФРЕНЕЛЛЯ. Её частичное перекрытие может вызвать многолучевость, затухание сигнала и нестабильность связи, даже при прямой радиовидимости.

Для поддержания прямой радиовидимости в составе БпАК UAS Perun MAX применяются:

- Антенна радиоретранслятора, установленная на телескопической мачте высотой до 6 м, которую необходимо направлять в зону действия БПЛА.
- Модуль управления и цифрового видеопотока, соединенный с основным пунктом управления кабелем длиной до 100 м, что позволяет выносить антенну за пределы укрытия.

Радиоканалы системы связи:

- Канал (TX) — LoRa 9,2 кбит/с.

- Задержка: 50–130 мс.

В случае потери канала более чем на 1–2 с БПЛА переходит в заранее определенный режим управления — AltHold.

- Канал (RX) — LoRa 18 кбит/с.

- Задержка: 250–400 мс.

Потеря связи более 5 сек - признак вхождения БПЛА за пределы радиогоризонта или потери канала.

Для обеспечения эффективной связи БПЛА необходимо:

- устанавливать антенну радиоретранслятора НСК на максимально возможную высоту;
- ориентировать антенну в направлении зоны действия БПЛА;
- избегать развертывания НСК вблизи зданий, деревьев или возвышенностей рельефа.

Перед полетом выполнить визуальную проверку радиогоризонта между местом размещения антенн НСК и прогнозируемым маршрутом полета БПЛА.



8.13. Звуковые сигналы полетного -контроллера

Полетный контроллер может генерировать звуковые сигналы, служащие средством оперативного информирования оператора о ключевых событиях и изменениях состояния элементов БПЛА. Стандартизированные паттерны позволяют идентифицировать техническое состояние аппарата без визуального контроля, включая этапы подготовки к полёту, обнаружение отказов или завершение инициализационных процессов.

В таблице 15 приведены звуковые сигналы полетного контроллера и соответствующие им состояния элементов БПЛА.

Таблица 15. Звуковые сигналы активного полетного контроллера и соответствующие состояния БПЛА.

Состояние	Звуковой сигнал	Состояние
Готов к запуску двигателей	Сигнал: Бип-бип-бип-длительный бип	READY TO ARM
Запуск двигателей	Длительный сигнал продолжительностью 3 с	ARMING
Отказ запуска двигателей	Одиночный сигнал	СБОЙ ПОДГОТОВКИ
Двигатели выключены	Одиночный сигнал	DISARMED
Режим защиты АКБ	Одиночный сигнал с повторением каждые 3 с	BATTERY FAILSAFE
Ошибка ЕКФ	Серия сигналов: Бип-Бип-Бип-Бип (4 тона)	EKF FAILURE
Потеря БПЛА	Двойной сигнал с повторением каждые 3 с	LOST VEHICLE

В случае, если во время запуска БПЛА раздаются нехарактерные звуки, необходимо проверить БПЛА, повторно включив его, а именно отсоединив АКБ и снова подключив их. Если проблема сохраняется, следует предположить сбой полетного контроллера. Обратитесь в сервисный центр.

8.14. Утилизация комплекса и его со ных компонентов

В процессе эксплуатации БПЛА могут образовываться отходы, классифицируемые как опасные, малоопасные или умеренно опасные в соответствии с действующим законодательством Украины. В составе UAS Perun MAX имеются литий-ионные и литиевые аккумуляторы, которые в соответствии с международными регламентами и национальным законодательством Украины классифицируются как опасные вещества (отходы). Их хранение, транспортировка и утилизация должны осуществляться с соблюдением специальных требований безопасности и только через уполномоченные организации, имеющие лицензию на обращение с опасными отходами. Неправильная утилизация таких материалов представляет угрозу для окружающей среды, здоровья персонала и безопасности операций.

8.14.1. Утилизация литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов

Перед передачей литий-ионного или литий-полимерного аккумулятора на утилизацию необходимо:

- привести аккумулятор в «безопасное состояние», разрядив его до нуля или до уровня, указанного в инструкции производителя;



- упаковать в термостойкий материал с изоляцией контактов для предотвращения короткого замыкания;
- обозначить упаковку как опасный груз в соответствии с требованиями действующего законодательства Украины;
- передать уполномоченной организации, имеющей лицензию на обращение с опасными отходами, в соответствии с Законом Украины «О лицензировании видов хозяйственной деятельности»;

Запрещается сжигание, разборка или утилизация литий-ионных аккумуляторов вместе с бытовыми отходами.

Факт утилизации опасных материалов должен быть задокументирован в соответствующем журнале или акте в соответствии с действующим законодательством Украины с указанием:

- даты утилизации;
- названия и классификации вещества;
- количества;
- названия и реквизитов принимающей организации;
- номера и реквизитов лицензии на обращение с соответствующим классом отходов.

8.14.2. Прочие отходы.

К категории малоопасных или умеренно опасных отходов, входящие в состав БпАК, относятся:

- остатки композитных материалов,
- поврежденные электронные платы,
- остатки герметиков, клеев, красок и т. п.

Они подлежат утилизации в соответствии с законами Украины «Об отходах», «Об охране окружающей природной среды», ДСТУ 4462.3.01:2006 «Охрана природы. Обращение с отходами. Порядок осуществления операций» и внутренних инструкций заказчика (если таковые имеются).

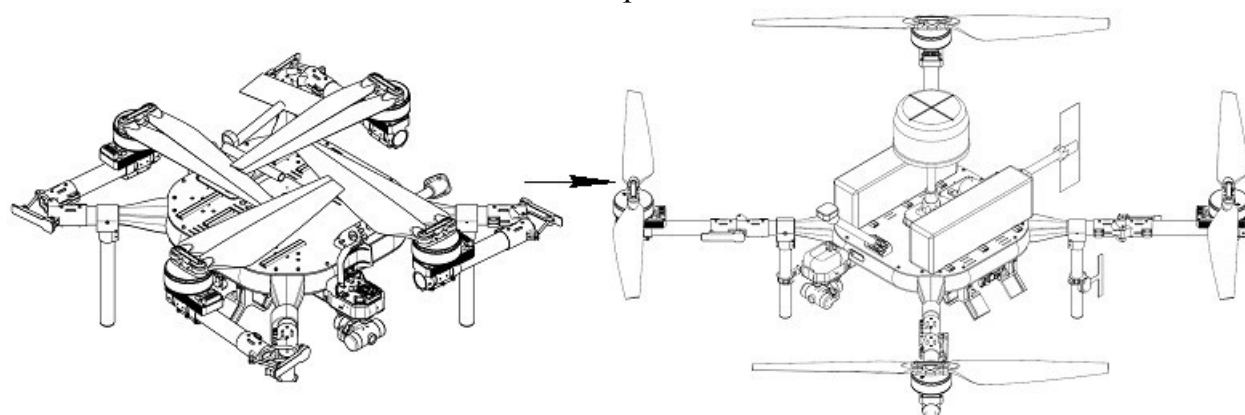
Хранение таких материалов до утилизации разрешено в отдельно выделенных контейнерах с соответствующей маркировкой.



9. ИНСТРУКЦИЯ ПО РАЗВЕРТКЕ БПЛА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Разложить БПЛА из транспортного положения в рабочее, для этого: зафиксировать лопасти, равномерно разложить лопасти, закрепить антенну радиосвязи и магнитометр, смонтировать GNSS-антенну UNA-3. Закрепить АКБ параллельно друг другу. Подробнее в разделе 3.2.

Перенесите аппарат на взлетно-посадочную площадку (ВПП), расположенную на расстоянии не менее 10 м от препятствий; прочие требования см. в разделе 2.7. Подключите АКБ к БПЛА в соответствии с разделом 3.2.8.



Соедините компоненты модуля видеоретранслятора в соответствии со схемой, приведенной ниже. Подробнее в разделе 3.3.2.



Соедините компоненты модуля радиоретранслятора в соответствии со схемой, приведенной ниже. Подробнее в разделе 3.3.1.



отключение отображения аналогового видеосигнала (VTX) SD (рис. 24) и записи видеосигнала (DVR) SG, а также стабилизацию аппарата с загруженным ЗУ SE (рис. 71).

Запустите двигатели и осуществите взлет аппарата в соответствии с разделом 4.1.

Для обеспечения энергоэффективности БПЛА в полете рекомендуется устанавливать такую скорость аппарата, при которой прирост скорости превышает прирост потребляемого тока; подробнее см. в разделах 4.3 и 7.

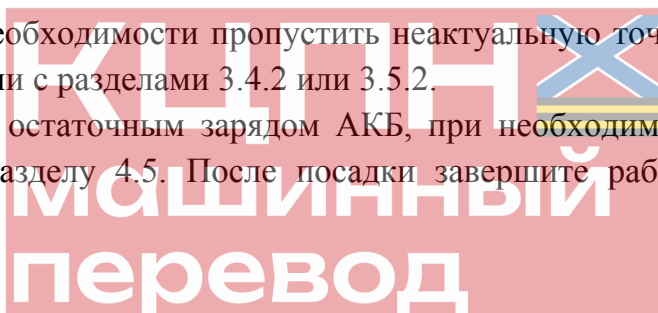
Следите за полетом в МР, контролируйте показатели в меню DATA, реагируя на их превышение, в соответствии с разделом 3.4.2, или в QGC, в соответствии с разделом 3.5.2. В случае возникновения радиоэлектронной борьбы (РЭБ) переходите в режим управления AltHold с помощью ПДК (рис. 70) и продолжайте полет в соответствии с разделом 4.2, подразделом «Удержание траектории полета вручную в режиме AltHold (без GPS)».

Исходя из ситуации во время полёта, при необходимости перейдите в другой режим управления в соответствии с разделом 4.2.

В запрограммированный момент выполнить сброс ПЗ с помощью ПДК в соответствии с разделом 4.3 или в режиме auto в МР, заранее настроенном в соответствии с разделом 3.4.1. Через QGC функция автоматического сброса ПЗ временно недоступна.

В случае необходимости пропустить неактуальную точку маршрута (waypoint, WP) в соответствии с разделами 3.4.2 или 3.5.2.

Следите за остаточным зарядом АКБ, при необходимости верните БПЛА на ЗПМ, согласно разделу 4.5. После посадки завершите работу аппарата, согласно разделу 4.6.



Тематический охват разделов КЛЕ:

О питании БПЛА, в разделах: 3.1, 3.2.6, 3.2.8, 4.6, 7.4, 8.7.

Управление и настройка полетной миссии: 3.3.1, 3.3.3, 3.4 или 3.5, 4.

О цифровом видео, в разделах: 3.3.1, 3.6, 8.2. Об аналоговом видео, в разделах: 3.3.2, 8.1.

О средствах поражения, в разделах: 3.8, 4.4, 5.1.

ПДК и его характеристики — в разделах 3.3.3, 4.2, 4.4, 8.3.



10. ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ И ИХ ОТВЕТЫ

10.1. Транспортировка и обращение с БПЛА

Можно ли транспортировать кейс в вертикальном положении?

Нет. Запрещено. Существует риск повреждения механизмов БПЛА.

Разрешено ли перемещение включенного БПЛА?

Нет. Строго запрещено. Это приводит к системным ошибкам, особенно ошибкам компаса, которые могут привести к опрокидыванию аппарата во время взлета или его некорректной работе в полете.

10.2. Питание и АКБ

Можно ли изменить систему крепления АКБ (например, использовать ремни)?

Нет. Стрепы НЕ обеспечивают надёжную фиксацию АКБ, что может привести к смещению АКБ и потере управления. Система крепления АКБ БПЛА UAV Perun MAX обладает достаточной надёжностью и долговечностью.

Можно ли устанавливать АКБ разъемами вверх или вбок?

Нет. Запрещено. Это может вызвать помехи в работе магнитометра (компы) и, как следствие, некорректное поведение БПЛА во время взлета.

Что делать, если АКБ визуально повреждена или на тестере АКБ (cellmeter) не определяются отдельные ячейки?

АКБ вышла из строя. Использование запрещено. Обратитесь в сервисный центр.

10.3. Радио- и видеосвязь

Что делать, если ПДК издает периодический звуковой сигнал, а БПЛА не реагирует на его команды?

Проверьте подключение радиоретранслятора к модулю управления и модулю цифрового видеопотока.

Убедитесь, что радиоретранслятор включен и его АКБ имеет достаточный заряд.

Что делать, если видео исчезает на расстоянии 500 м?

Проверьте соответствие каналов аналогового VTX и VRX полетного контроллера (рис. 75 или 76). Подробнее в разделе 8.1.3. Проверьте уровень мощности аналогового видео-VTX БПЛА в QGC 5 (рис. 55) или в MP 1 (рис. 114) с помощью плагина «videotx_perun».



Рисунок 114. Расположение значения мощности аналогового VTX



1 — Уровень мощности аналогового VTX в МР.

Если плагин отсутствует в интерфейсе МР, нажмите CTRL+P и установите флажок напротив файла «videotx_perun.dll».

В случае корректных настроек и отсутствия видеосигнала следует предположить выход из строя VTX (модуль в корпусе БПЛА). Обратитесь в сервисный центр.

Что делать, если есть питание, но отсутствует аналоговое видео?

Проверить подключение видеоретранслятора к модуля аналогового видеопотока.

Убедитесь, что видеоретранслятор включен и его АКБ имеет достаточный заряд.

Убедитесь в соответствии настроек каналов VTX и VRX. Подробнее в разделе 8.1.3.

Проверьте, установлен ли переключатель VTX аналогового видео SD (рис. 24) установлен ли переключатель VTX аналогового видео в положение «На себя» (включено).

Что делать, если БПЛА теряет связь на расстоянии до 2 км от НСК?

Вероятно, нарушена синхронизация модулей. Важна правильная последовательность действий: сначала нажмите RESET на модуле радиоретранслятора (он выполняет роль Master), а затем на модуле в БПЛА (роль Slave). Нарушение этой последовательности может привести к тому, что БПЛА распознает себя как ретранслятор. Подробнее в разделе 8.11.

Что делать, если БПЛА теряет связь на большом расстоянии?

Возможные причины и их решения:

Неправильная ориентация радиоретранслятора — измените ориентацию радиоретранслятора так, чтобы антенна была направлена в сторону БПЛА.

Воздействие средств РЭБ — подробнее в разделе 6.6.2.

БПЛА летит ниже уровня радиогоризонта — увеличить высоту размещения антенны радиоретранслятора для обеспечения прямой видимости с аппаратом.

Некорректные настройки модулей связи — проверьте конфигурацию радиоретранслятора (Master) и БПЛА (Slave) и, при необходимости, скорректируйте в соответствии с разделом 8.11.2.

Выход из строя модуля управления или цифрового видеопотока — провести диагностику компонентов модуля, подробнее в разделе 3.3.1. В случае неустранения потери связи на большом расстоянии предположить выход из строя модуля управления или цифрового видеопотока. Обратитесь в сервисный центр.

Что делать, если в меню QGroundControl отсутствует управление каналами и мощностью VTX аналогового видео:

Скорее всего, QGroundControl не успел загрузить параметры с полетного контроллера. Рекомендуется подождать несколько минут.



10.4. Программное обеспечение и системные сообщения

Ведётся ли запись лог-файлов во время полёта?

По умолчанию отключено. Активация не рекомендуется из-за требований информационной безопасности.

Что делать при появлении сообщения «Need Position Estimate. Compass not healthy»?

Отсоедините БПЛА от аккумулятора, переместите аппарат на расстояние 20–30 м для предотвращения магнитных аномалий, вызванных металлом под землей или мощными подземными кабелями, подключите аккумулятор к БПЛА. Если это не помогло — обратитесь в сервисный центр.

Что делать при появлении сообщения «Smart RTL buffer full»?

На БПЛА UAV Perun MAX функция Smart RTL отключена. Это сообщение можно игнорировать.

Что делать при появлении сообщения «Yaw Imbalance XX%»?

В случае, если на БПЛА в полете влияет сильный боковой ветер, необходимо снизить скорость аппарата, также можно повернуть БПЛА на другой угол относительно курса миссии. Если причина в нарушении уровня двигателей, плохом креплении АКБ или недостаточной фиксации ЗУ, действуйте в соответствии с разделом 6.3.

10.5. Неисправности и обслуживание

Что делать, если новый БПЛА или БПЛА после обслуживания не подключается к НСК?

Выполните сопряжение радиоретранслятора НСК с БПЛА в соответствии с разделом 8.11.

Что делать, если при запуске БПЛА раздаются нехарактерные звуки?

Проверьте, повторно включив аппарат, а именно отсоедините АКБ и снова подключите их. В случае сохранения проблемы предположите сбой полетного контроллера. Обратитесь в сервисный центр.

Что делать, если ЗУ не сбрасывается?

Очистите и смажьте сервоприводы. Делайте это на постоянной основе. Если проблема не устраняется — обратитесь в сервисный центр.

Что делать, если в двигателе БПЛА слышны нехарактерные звуки?

Проверьте двигатели на наличие повреждений и посторонних предметов. Если проблема не устраняется — обратитесь в сервисный центр.

10.6. Камера и GPS

Можно ли направлять камеру на солнце? Нет.

Это повредит тепловизионную матрицу.

GPS не находит спутники, в чём причина?

Воздействие средств РЭБ — подробнее в разделе 6.6.2.



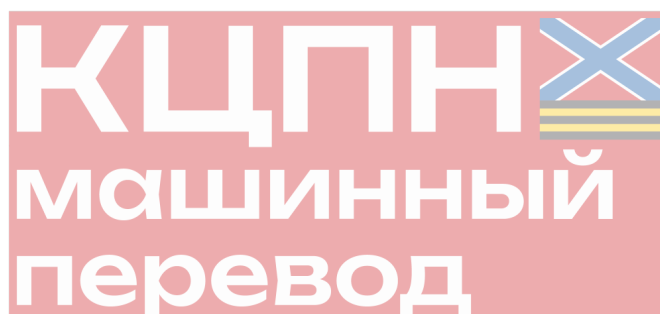
Препятствия в виде металлических навесов или зданий — вынесите БПЛА в более открытое место для обеспечения лучшего обзора неба антенной.

Неисправность GPS-антенны радиосвязи — обратитесь в сервисный центр.

10.7. Гарантия и модификации

Нарушаются ли гарантийные условия в случае изменений, внесенных третьими лицами?

Нет, не нарушаются, если не изменено ПО или основные механизмы, критичные для работы БПЛА.



11. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АКБ — аккумуляторные

батареи. БЗ — боевая задача.

БпАК — беспилотный авиационный комплекс. БпЛА — беспилотный летательный аппарат.

БР — боевое распоряжение.

ЗИП — запасные части, инструменты и принадлежности для обслуживания БпАК.

ЗПМ — взлетно-посадочная площадка.

ЗУ — средство поражения.

КУК — колесо управления каналами.

КУР — колесо управления режимами.

НСК — наземная станция управления.

ПД — дислокация подразделения.

ПДК — пульт дистанционного управления.

Предполетная настройка — ряд установленных операций, выполняемых перед выполнением полетных миссий.

ПЗ — программное обеспечение.

ПИД — пропорционально-интегрально-дифференциальный, ППРЧ — псевдослучайная перестройка рабочей частоты. РЭБ — радиоэлектронная борьба.

РЭР — радиоэлектронная разведка.

Режим AltHold (Altitude Hold) — стабилизация текущей высоты без GPS-навигации.

Режим Auto — выполнение полностью автономной миссии, загруженной через наземную станцию.

Режим GUIDED_NOGPS — активируется при отсутствии GPS и связи с НСК.

Режим DR (Dead Reckoning) - режим инерционной оценки пути, реализованный посредством скрипта Lua (сохраненный на SD-карте полетного контроллера).

Режим PosHold (Position Hold) — удержание текущего положения, высоты и курса.

Режим RTL (Return to Launch) — автоматический возврат к точке взлета (GPS-координаты позиции взлета).

РЕР — радиоэлектронная разведка.

ШИМ — широтно-импульсная модуляция.

AES (Advanced Encryption Standard) — это т. н. «симметричный» алгоритм шифрования.



Arm — запуск двигателей.

BER (Bit Error Rate) — уровень битовых ошибок.

CCW (Counter Clockwise) — направление вращения двигателя и лопастей против часовой стрелки, то есть обратное вращение.

CW (ClockWise) — направление вращения двигателя и лопастей по часовой стрелке.

Disarm — Отключение двигателей.

DVR (Digital Video Record) — функция записи видео.

EKF3 (Kalman Filter V3) — алгоритм, вычисляющий положение, скорость и ориентацию БПЛА.

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) — адаптивная спектральная модуляция с переключением частот.

FPV (First Person View) — вид от первого лица.

HDOP (Horizontal Dilution of Precision) — показатель горизонтальной точности позиционирования GPS-приемника. Он отражает, насколько геометрия спутников влияет на погрешность определения координат.

LoS (Line of Sight) — линия радиолокационной видимости.

MP (Mission Planner) - ПЗ для настройки, планирования миссий, мониторинга и анализа полётов БПЛА.

OSD (On Screen Display) – параметры полетного контроллера, выведенные на устройство отображения видео.

QGC (QGroundControl) - ПЗ для настройки, планирования миссий, мониторинга и анализа полетов БПЛА.

RSSI (Received Signal Strength Indicator) — показатель качества принимаемого радиосигнала.

RX (Receive) — приемник, модуль, принимающий данные.

Sat Count — количество спутников, которые отображаются в MP и используются для передачи данных между БПЛА и НСК.

SNR (Signal-to-Noise ratio) — значение, являющееся средним показателем качества видеосигнала.

TX (Transmit) — передатчик, модуль, передающий данные.

VDOP (Vertical Dilution of Precision) — показатель вертикальной точности позиционирования GPS-приемника.

VRX (Video Receiver) – видеоприемник. VTX

(Video Transmitter) – видеопередатчик. WP

(Waypoint) – точка маршрута.

