

Проект «Народный перевод»

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (ДРОНОВ)

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



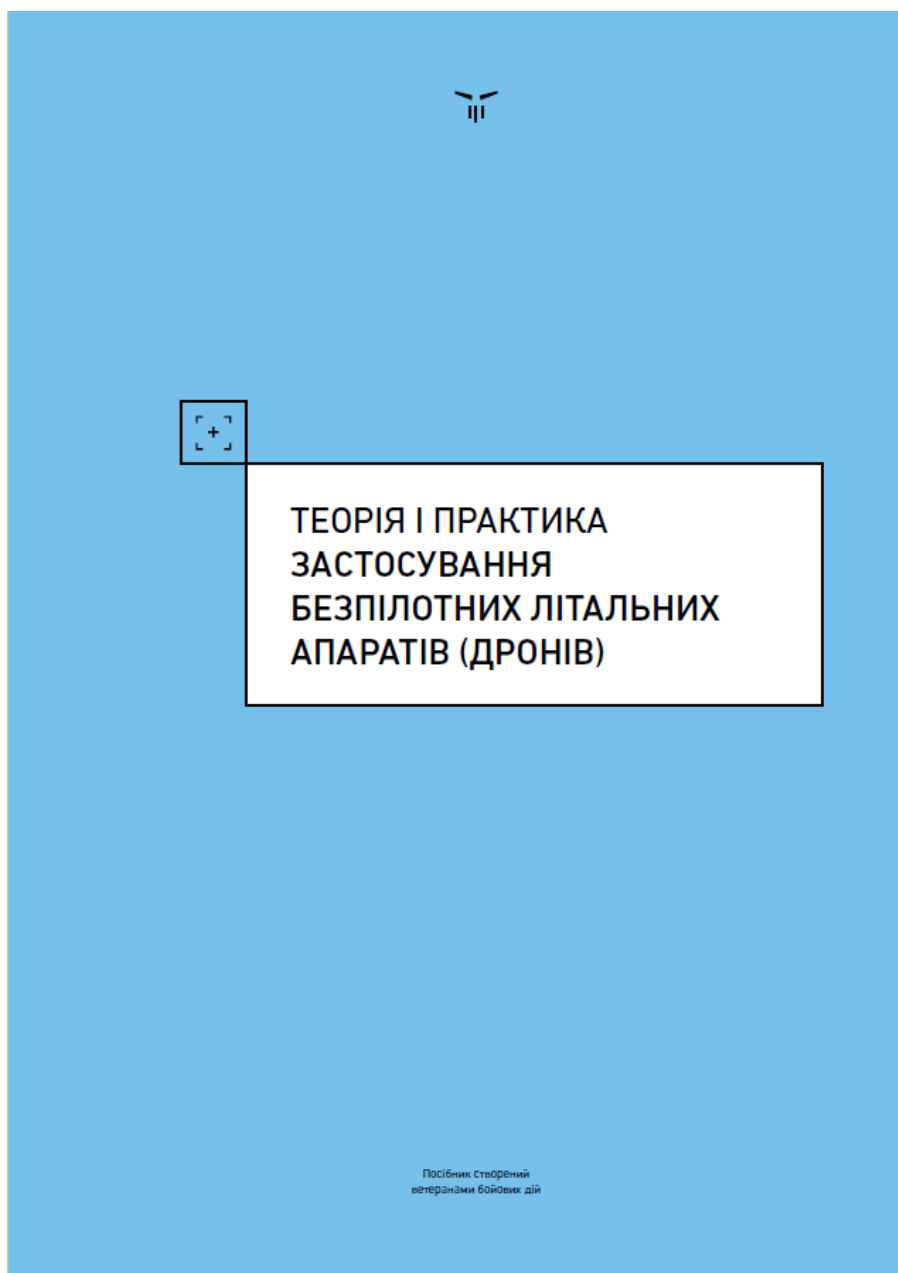
Первоначально издано ВСУ в 2022 году.

Переведено неофициально на русский язык в ноябре-декабре 2022 года.

Без ограничений на распространения.

Данное пособие издано впервые Ветеранами боевых действий Вооруженных Сил Украины в 2022 году на украинском языке, без ограничений на распространение.

Оригинальная обложка:



Переведено участниками проекта «Народный перевод».

Данный текст является прямым переводом с украинского языка, составлен в научно-познавательных и справочных целях; не редактировался, не должен использоваться для обучения без осмысления и интерпретации с учётом обстоятельств его происхождения; а также не отражает позицию переводчиков и иных участников проекта «Народный перевод». Относитесь к написанному критически и, в случае сомнений по сути и форме написанного, обращайтесь к специалистам с соответствующим вопросом.

народныйперевод.рф

t.me/svo_institute

Оглавление

1. ЗНАКОМСТВО, МОТИВАЦИЯ, ОБЩАЯ РАЗВЕДКА	7
1.1. Знакомство.....	7
1.2. Мотивация	7
1.3. Интеллектуальная разведка.....	9
1.3.1. Местное население.....	10
1.3.2. Работа с соцсетями	10
1.3.3. Сбор информации и налаживание контактов с «соседями» по линии фронта	11
1.4. Воздушная разведка	11
1.5. Артиллерийская разведка	11
1.6. Радиоразведка, теория, триангуляция.....	12
1.7. Таблицы, систематизация и обработка данных.....	13
1.8. Реализация разведданных. Правила подачи целей артиллерии	13
2. ТИПЫ БПЛА	14
2.1. Многороторные системы. Характерные приёмы работы, высоты, скорости	14
2.2. Самолётные системы	15
3. БОРЬБА С БЕСПИЛОТНИКАМИ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ВЫСОТА	16
4. АЭРОДИНАМИКА	18
4.1. Подъёмная сила, крыло, профиль крыла	18
4.2. Удлинение.....	21
4.3. Аэродинамическое качество.....	21
4.4. Центровка	22
4.5. Устойчивость самолета	23
4.6. Аэродинамические рули самолёта.....	24
4.7. Тяговооружённость	25
4.8. Воздушный винт	25
4.9. Схема компоновки ЛА, преимущества, недостатки каждой схемы	27
4.10. Характерные особенности схем ЛА, итоги.....	28
5. РАДИО	29
5.1. Приемные и передающие устройства на борту БПЛА.....	29
5.2. Поляризация	31
5.3. Используемые частоты телеметрии, видео, GPS	32
5.4. Препятствия, аномалии	32
5.5. Влажность	32
5.6. Лес, правила связи в лесу.....	33
5.7. Отраженный сигнал, использование водных преград, бетона, металла, усиление сигнала	33

5.8. Антенны.....	33
5.9. Разница в дальности связи на всенаправленных и направленных антеннах	35
5.10. Зависимость дальности от мощности, и частоты антенны.....	36
5.11. Радиогоризонт.....	37
5.12. Выбор площадки	37
6. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ РЭБ	38
6.1. Подавление сигнала	38
6.2. GPS-Спуфинг.....	39
6.3. Подмена канала управления/телеметрии.....	39
7. РАДИОБЕЗОПАСНОСТЬ.....	39
7.1. Обманки	40
7.2. Ограничения в использовании радиооборудования	40
7.3. Ограничения по использованию площадок	40
8. МЕТЕО- И АЭРОЛОГИЯ	41
8.1. Погода, воздушные массы	41
8.2. Формирование ветра	41
8.3. Формирование местного ветра, термики	42
8.4. Облака, точки росы, температурный градиент	42
8.5. Расчёт нижнего края облака	42
8.6. Расчёт вероятности оледенения.....	43
8.7. Определение тенденции к затиханию или усилению ветра.....	43
8.8. Признаки изменения погоды.....	44
8.9. Атмосферные фронты.....	44
8.10. Аэрология рельефа, образование роторов	44
9. ПОДГОТОВКА К ПОЛЁТАМ.....	45
9.1. Распорядок дня	46
9.2. Роли в экипаже.....	47
9.3. Распределение зон ответственности	47
9.4. Питание и сон	48
9.5. Одежда и обувь.....	48
9.6. Вода	49
9.7. Питание во время выходов в поле	49
9.8. Предполетная подготовка	50
9.9. Послеполётный осмотр	50
9.10. Правила зарядки, использования аккумуляторов	51
9.11. Зарядка NiCd (Никель-кадмиевых и NiMh (никель-металлгидридных) аккумуляторов.....	52
9.11.1. Теория заряда NiCd аккумуляторов	52

9.11.2. Практика заряда NiCd аккумуляторов.....	54
9.12. LiPo (Литий-полимерные) аккумуляторы.....	55
9.13. Практические советы по основным типам батарей: NiMh, NiCd	58
9.14. Практические советы по LiPo	58
9.15. Обслуживание наземной станции, работа с операционной системой, интернет, антивирус	59
9.16. Выходные.....	59
9.17. Хранение техники.....	60
9.18. Транспортировка и оборудование для транспортировки.....	60
10. ТАКТИКА ПОЛЁТОВ.....	61
10.1. Выбор стартовых площадок	61
10.2. Цели и задачи, постановка полётного задания.....	61
10.3. Начало и конец полёта, разбор полетов, журнал	62
10.4. Определение технических возможностей и ограничений	63
10.5. Правила расчёта резерва аккумулятора, погода время года	64
10.6. Разведывательный полёт (аэрофотосъемка)	64
10.7. Правила поиска целей	64
10.8. Следы	65
11. ПРАВИЛА ПОЛЁТОВ НАД ЦЕЛЬЮ	66
11.1. Выбор времени суток.....	66
11.2. Включение и выключение фотооборудования	67
11.3. Очистка бортового накопителя.....	67
12. РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫЙ ВЫЛЕТ В ТЁМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК.....	67
12.1. Правила поиска целей	68
12.2. Правила полетов над целью	68
12.3. Выманивание и психическое воздействие на ДРГ и засады.....	68
12.4. Безопасность.....	68
13. ВЫЛЕТ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОГНЯ.....	69
13.1. Радиобезопасность	69
13.2. Пределы видимости цели для первого залпа и последующих	69
13.3. Уточнение подлётного времени и координация с артиллерией	69
13.4. Правила пристрелки по цели	69
13.5. Определение отклонения снаряда, корректировка	70
13.6. Правила поведения ЛА над целью, построение мероприятий, скорость, высота	70
13.7. Подтверждение успеха корректировки, возвращение домой	71
14. ВЫЛЕТ НА СОПРОВОЖДЕНИЕ КОЛОНН	71
14.1. Выбор стартовой площадки	71

14.2.	Определение мест потенциального обустройства засад.....	71
14.3.	Правила поиска и обнаружения засад.....	72
14.4.	Правила взаимодействия с колонной.....	72
14.5.	Правила взаимодействия с подразделениями в начале и конце маршрута	72
14.6.	РЭБ – отступление и прорыв	72
14.7.	Тактические приемы (общие: взлёт, посадка, набор высоты, поведение над целью)	74
15.	РАСШИФРОВКА ФОТОМАТЕРИАЛОВ	75
15.1.	Следы, свежесть, глубина.....	76
15.2.	Роль тени, определение размеров по тени.....	77
15.3.	Пропорции	78
15.4.	Фильтрация в ч/б.....	78
15.5.	Расшифровка видеоматериалов.....	78
16.	КОМПОНЕНТЫ БПЛА	79
16.1.	Автопилот, виды, разница	79
16.2.	Регуляторы оборотов.....	80
16.3.	Оборудование телеметрии	80
16.4.	Навигационное оборудование, поколение ДПС, инерционные системы.....	80
16.5.	Приёмник сигналов пульта управления.....	81
16.6.	Преобразователь/стабилизатор в цепи питания	81
16.7.	Компас, калибровка	81
16.8.	Сервоприводы	82
16.9.	Реле	82
16.10.	Аккумуляторы.....	82
17.	КОМПОНЕНТЫ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ	83
17.1.	Компьютер	83
17.2.	Антенное поле	84
17.3.	Пульт управления.....	84
17.4.	Устройства автономного питания.....	84
18.	ПО «MISSION PLANNER»	84
18.1.	Точки с координатами	85
18.2.	Команды для выполнения	85
18.3.	Обязательные команды	86
18.4.	Очередность выполнения	86
18.5.	Влияние вручную поданных команд на загруженный маршрут	86

1. ЗНАКОМСТВО, МОТИВАЦИЯ, ОБЩАЯ РАЗВЕДКА

1.1. Знакомство

Данный курс предназначен для подготовки расчетов операторов беспилотных летательных аппаратов самолетного и мультикоптерного типа. Курс практически не содержит никаких академических знаний, не претендует на истину в последней инстанции, а всего лишь является сборником рекомендаций и личного опыта нескольких экипажей БПЛА, что работали в АТО в 2014-15 гг и впоследствии занимались подготовкой и обучением таких же экипажей во вновь созданных подразделениях.

Сотни полетов за линию фронта, тысячи тренировочных полетов позволили накопить некоторые базовые основы, которые стоит передавать следующим экипажам.

Многие формулировки упрощены и видоизменены для упрощения их понимания. Курс не привязан к какому-то конкретному летательному аппарату, поэтому экипажам крайне рекомендован краткий курс от производителя, который поможет вникнуть и разобраться в особенностях каждого конкретного вида БПЛА. Также, помимо курса теории, необходимы занятия на тренажере и тренировочные полеты на радиоуправляемых моделях. Этот курс содержит материалы для обучения из расчета 25-30 часов теоретических занятий в малых группах.

1.2. Мотивация

Развитие технологий за последние несколько лет способствовало огромным изменениям в обществе, и армия как срез общества не стала исключением. Средства технической разведки стремительно совершенствуются, требуя новых подходов, новых штатных расписаний, нового отношения к себе и подготовки людей, которые будут их эксплуатировать.

Как правило, бойцы, эксплуатирующие или планирующие эксплуатировать подобную технику, не совсем понимают, зачем это нужно и что же их ждет в дальнейшем. Часто командование отправляет на курсы операторов БПЛА людей, которых просто хочет спрятать или уберечь. В 99 случаях из 100 ничего хорошего от таких лиц не ждать.

Поэтому на этапе отбора и подготовки бойцов особое внимание следует уделять мотивации, а также уже имеющейся подготовке. Очень помогает опыт моделизма, планеризма и электроники. Человек, который эксплуатирует средство технической разведки высокого уровня, должна понимать, какая огромная ответственность лежит на нем, и какие возможности дает грамотная эксплуатация и правильно построенная работа с данным видом оборудования.

Работу, которую выполняет хорошо подготовленный экипаж, очень сложно переоценить. Из всех доступных на сегодня технических средств разведки воздушная разведка является самой эффективной. Но она-лишь один из инструментов.

Наилучших результатов можно достичь, используя все возможные инструменты в комплексе:

- радиоразведка,
- воздушная разведка,
- OSINT (open source intelligence – разведка с использованием открытых источников),
- работа с местным населением,
- работа с гражданскими, которые проезжают через блокпосты,
- опрос соседей на опорниках, и тому подобное.

При отборе и подготовке экипажей следует предупреждать, что, несмотря на простоту и отсутствие видимой опасности, работа в воздушной разведке отнимает практически все время. Ненормированный график, постоянные подъемы и выезды на полеты затемно. Ведение журналов хронометража, использование батарей и постоянная работа по обслуживанию техники.

Регулярный сбор информации из всех доступных источников, систематизация, обработка и подготовка полетных планов и маршрутов. Это все, кроме военных и бытовых трудностей, которые неизбежно будут мешать работе. Ну и вершиной айсберга является то, что за экипажами БПЛА постоянно охотятся.

Ввиду своей огромной эффективности и опасности для противника, замеченный в точке взлета экипаж будет немедленно накрыт всей возможной артиллерией, которая сможет туда дострелять. На взлетных площадках следует ожидать работы ДРГ противника, снайперов, минных ловушек.

Также стоит опасаться слива информации, не обязательно намеренного:

- о месте базирования экипажа,
- о площадках, с которых ведется работа,
- о транспорте, на котором передвигается группа.

Информация может «проникать» с дружественных опорников, возле которых расположены стартовые площадки, с блок постов – «о, летуны уехали!», через соцсети. Держать экипаж всегда под пристальным контролем не будет никакой возможности.

Исходя из этого следует резюмировать: экипаж БПЛА должен быть достаточно мотивированным для самостоятельной, системной и постоянной работы по сбору информации независимо от условий, в которых ему предстоит работать.

Из личного опыта: не все командиры понимают, зачем нужен расчет БПЛА и как он должен работать. Существует стереотип, что экипаж БПЛА – это своего рода волшебники, которые по приказу командования здесь и сейчас должны взлететь и сразу же привезти фотографии всей вражеской техники и позиций в зоне ответственности этого командования.

На самом деле работа БПЛА – чем-то похожа на рыбалку. Владение снастями вовсе не гарантирует того, что хозяин снастей всегда будет с уловом. Результат достигается систематической работой, пониманием ситуации в зоне ответственности, пониманием погодных условий, особенностей и ограничений конкретного вида техники.

1.3. Интеллектуальная разведка

Специальных подразделений такого типа сейчас нет. Поэтому специализацию, о которой речь пойдет ниже, следует рассматривать не как должность, а как роль.

В последнее время в войсках замечена такая тенденция, что в любой группе военнослужащих по меньшей мере 30% считают себя разведчиками. Причем большинство не понимает, что это собственно такое. В фильмах о войне воин разведчик-бесстрашный гибрид снайпера и штурмовика, способный в одиночку разгромить дивизию противника. Этот подвид «сферического разведчика в вакууме» для удобства будем называть **тактическим разведчиком**.

Тактическая разведка фактически является универсальным подразделением, применяемым, для различных задач, от сопровождения колонн и эвакуации до собственно разведывательно-диверсионной деятельности и охраны командования.

Однако, кроме этого, в фильмах показывают еще и шпионов. Такие себе суровые ребята, которые работают в глубоком тылу, внедрены в какую-то вражескую структуру и собирают ценную информацию без оружия. Для удобства так и будем называть их – «шпионы».

Так вот, есть еще один тип разведчика. Такой разведчик больше похож на «шпиона», но работает преимущественно рядом с линией соприкосновения, причем по большей части с дружественной стороны. Но иногда может проявлять себя и как «тактический разведчик». Занимаются такие разведчики сбором информации. Как правило, из открытых источников. По эффективности при правильно настроенной работе – очень полезный тип разведчика.

Используется множество разных способов и их комбинаций для сбора информации, их последующей систематизации и формирования задач.

1.3.1. Местное население

Как показывает практика, очень часто от местного населения можно узнать много того, что узнают агентурным путем или другими способами. Связи среди местных с обеих сторон линии разграничения существуют, и они являются достаточно плотными. Местное население готово делиться информацией, как только оно перестанет воспринимать вас как угрозу.

Например, раздутые и превращенные ~~репропагандой~~ в эталонную страшилку Нацгвардия и Правый сектор практически не имеют шансов получить ценный контакт. А боец батальона ТРО – даже наоборот. Стоит также обратить внимание на то, во что вы одеты. Никаких НАТОвских камуфляжей, модных «разгрузок» и тому подобного.

Обычный украинский камуфляж без деталей и элементов «разгрузки», не входящих в стандартную оснастку. Пытаться общаться стоит в местах скопления народа. Причем, наверное, глупо будет допрашивать людей на улице, необходима хотя бы минимальная заинтересованность гражданских в общении с вами.

Очень эффективное место и способ – сопровождение саперных групп, которые занимаются разминированием населенных пунктов после обстрелов. Такие мероприятия собирают большое количество местных, они не чувствуют опасности и охотно идут на контакт. Услышав от вас, что вы мобилизованный боец с ТРО, они довольно часто рассказывают вообще все, что знают: от местных слухов и различных инсайдов от соседа – сепара.

Иногда с особо ценными лицами удавалось договориться о постоянных контактах, буквально привлекая и подкармливая их тушенкой или сгущенкой. Ценную информацию, полученную таким образом, вносим в табличку для систематизации (о табличке ниже).

Также очень эффективной является работа с местным населением на пропускных пунктах. Имея минимальные идеи и зацепки, можно задавать вопросы местным из интересных для вас населенных пунктов, заинтересовав их любым образом (упрощением осмотра, продвижением в очереди и тому подобное). Общие требования к вам-те же, что и для работы в населенных пунктах.

1.3.2. Работа с соцсетями

Соцсети в последнее время приобрели огромную популярность. Пользуются ими почти все. Но не все придерживаются элементарных правил безопасности, что является характерным для обеих сторон конфликта.

Часто по глупости или из желания банально похвастаться выкладываются фотографии с геотегами очень интересного нам содержания. Поэтому для успешной работы с соцсетями было бы неплохо уяснить для себя, что такое хэштег #, геотег фотографии или поста, и как искать информацию.

Не буду описывать процедуру, она видоизменяется из-за постоянного совершенствования соцсетей и достаточно подробно описана в интернете. Замечу лишь, что хорошо раскрученный аккаунт в Твиттер в 2014 г., в условиях конфликта низкой интенсивности, давал по 1-2 хорошие цели на неделю.

Как самостоятельный источник информации соцсети не подходят, но могут сформировать задачу на уточнение информации, ради которой можно будет слетать на БПЛА.

1.3.3. Сбор информации и налаживание контактов с «соседями» по линии фронта

Также очень полезными бывают контакты с соседними опорными пунктами и подразделениями, находящимися в вашем секторе ответственности. В каждом подразделении есть люди, которые контактируют с местным населением, что-то где-то слышали, что-то где-то видели. Ваша задача – найти таких людей и установить с ними контакт. Они, как правило, заодно и помогут разобраться в ситуации вокруг.

Также контакты с соседями придется в любом случае налаживать в процессе поиска полетных площадок и для безопасности при выполнении полетов с этих площадок.

1.4. Воздушная разведка

Очень полезно установить контакты с соседними подразделениями воздушной разведки. Они помогут определиться и сориентироваться в радио-обстановке на участке, подскажут соответствующие взлетные площадки и контакты старших на опорных пунктах, рядом с которыми эти площадки находятся.

1.5. Артиллерийская разведка

Подразделения артиллерийской разведки, как правило, имеют данные о вероятных позициях, с которых работает артиллерия противника. У них обычно есть множество вопросов по доразведке имеющейся информации и предложений о совместной работе с воздушной разведкой.

Совместная работа с подразделениями артрязведки дает чрезвычайно высокие результаты. У артрязведчиков есть прямые выходы на свою артиллерию, что облегчает задачу реализации собранных разведданных и экономит время.

1.6. Радиоразведка, теория, триангуляция

Контакты с подразделениями РЭБ и РЭР тоже очень полезны. От них можно получить информацию о радиообстановке, средствах противодействия и вероятные данные по месторасположению противника в секторе.

Имея собственный радиосканер и комплект антенн (направленная и всенаправленная), можно самостоятельно анализировать радиообстановку и методом триангуляции определять приблизительные места расположения элементов инфраструктуры противника.

Триангуляция – метод определения расположения объекта, который ищут, основанный на определении углов направления на этот объект из разных пунктов наблюдения.



Рис.1. Определение цели по двум углам на неё.

Зная угол на цель с по меньшей мере двух разных позиций, можно определить местоположение цели. Этот метод широко применяется в подразделениях артрязведки. Разница лишь в том, что артрязведка использует оборудование оптического обнаружения.

Радиотриангуляция с помощью вполне доступных и недорогих устройств позволяет исследовать радиообстановку на 30 – 40 км вглубь позиций противника с достаточной точностью (при наличии возможности маневра сканером по фронту вправо-влево).

Также в процессе радиоразведки по переговорам противника можно узнать довольно интересные данные. Кроме того, противника полезно слушать в процессе выполнения полетов, что позволит понять момент обнаружения вашего БПЛА и угрозу включения систем вражеского радиопротиводействия.

1.7. Таблицы, систематизация и обработка данных

Систематизация и обработка полученных данных дает возможность анализировать обстановку в районе, дает огромное количество подсказок и формирует задания для доразведки с помощью БПЛА. Часто данные, систематизированные при помощи таблиц, дают вполне четкие цели, которые не требуют подтверждения с помощью БПЛА, а подтверждают друг друга из разных источников.

Пример таблицы обработки разведданных

№ п/п	Описание	Место, дата	Источник	Подтверждение
1	Скопления, скорее всего, базовый лагерь противника, белый ангар на насосном заводе	Фашевка 04.10.14	Геотег соцсеть	Совпадение с пунктом 2
2	Артиллерийская группа противника, белый ангар на насосном заводе	Фашевка 06.10.14	Местный житель, ФИО, блокпост Балу	Совпадение с пунктом 1

В таком случае нужно просто определить прямоугольные координаты цели, установить временной период нахождения обнаруженной артгруппы в данном месте и реализовать полученную информацию, передав цель с координатами и описанием своей артиллерии.

1.8. Реализация разведданных. Правила подачи целей артиллерии

Реализовать полученные разведданные можно двумя путями: первый – доложить о них непосредственному руководству, второй путь – донести их до непосредственного исполнителя, который способен обработать эти данные. Какой путь, в каких случаях использовать решать вам. Второй путь лучше при значительных задержках во времени или при отсутствии нормальных контактов у руководства с артиллерией.

Артиллерийские подразделения в этой войне, как показывает практика, являются основными силами и средствами, способными нанести огневое поражение противнику. Поэтому эффективная работа этих подразделений – это 90% успеха. До 75% потерь противника в этой войне нанесено с помощью артиллерии.

Поэтому прямой контакт с артиллерией крайне важен. Артиллерия должна вам доверять. Правила подачи цели просты: извлечение из таблицы и/или снимок из БПЛА, координаты и характеристика цели. Если цель подвижна, то есть находится в указанном вами районе не все время, а иногда перемещается, то необходимо указать временные ограничения. В случае объявления режима «перемирие» просите артиллерию внести вашу цель как плановую. Работа над запланированными целями осуществляется во время огня в ответ на обстрел какого-то опорного пункта.

2. ТИПЫ БПЛА

2.1. Многороторные системы. Характерные приёмы работы, высоты, скорости

Для простоты понимания не будем рассказывать всех нюансов создания и назначения систем БПЛА, которые взяты на вооружение и эксплуатируются во всем мире. Эти данные можно легко найти в интернете. Ограничимся вводной лекцией, которая позволит желающим самостоятельно найти всю нужную информацию и ответы на вопросы в интернете.



Рис.2. Мультикоптер с фотокамерой

Сначала рассмотрим типы БПЛА, которые с каждым днем получают все большее распространение, – многороторные системы. Их еще называют мультикоптерами, квадрокоптерами, гексакоптерами, октакоптерами и тому подобное, в зависимости от количества несущих винтов. Характерная особенность – многомоторная система, принцип полета – подобен вертолетному.

Преимущества данной платформы – отсутствие подготовленной площадки для взлета и посадки, способность зависать на одном месте, простота в управлении.

Недостатки, которые ограничивают применение коптеров:

- небольшой радиус действия,
- невозможность использования при сильном ветре,
- большая чувствительность к обледенению,
- требуются аккумуляторы большей ёмкости, чем в самолетных системах.

Работают многороторные системы, как правило, на расстоянии до 10 км (основная масса коптеров – до 4 км), в тихую спокойную погоду. Рабочие высоты варьируются в пределах 250-800 м в зависимости от установленного оборудования.

Чрезвычайно эффективны в городской застройке, позволяют заглянуть за рельеф местности или здание.

Удобны коптеры в корректировке артиллерийского огня – в режиме зависания. Часто применяются для поиска ДРГ вблизи опорных пунктов в темное время суток, при условии оборудования БПЛА тепловизором. Скоростной диапазон работы, как правило, – до 10 м/с. Небольшие коптеры в ручном режиме управления способны разогнаться до 20 м/с.

2.2. Самолётные системы

Второй по популярности, но не по эффективности тип БПЛА, – самолётный.

Преимущества данной системы:

- большая дальность действия,
- большая энергоэффективность по сравнению с коптерами,
- меньшая зависимость от погоды.

Расстояние, которое проходит самолетный БПЛА простейшего класса – «поля боя», в разы превосходит рабочие дистанции коптерных систем.

Недостатки самолетного БПЛА:

- необходимость площадки для взлета и посадки,
- большее время на развертывание и подготовку к вылету,
- более сложное управление и выше требования к подготовке экипажа.

Применяются для аэрофотосъемки в дневное и ночное время, а при наличии необходимых навыков у экипажа – для корректировки артиллерийского огня.

Существуют БПЛА, предназначенные для выполнения задач РЭР, РЭБ и связи. Скоростной диапазон работы – от 15 до 30 м/с. Рабочие высоты – в зависимости от оборудования и размеров аппарата, но всегда превышают 300 м. Обычно это диапазон высот 300 – 2000 м. Существует несколько аэродинамических схем самолетных БПЛА. Основные аэродинамические схемы – классическая и «летающее крыло».



Рис.3. БПЛА «Летающее крыло»

Рис.4. БПЛА классической аэродинамической схемы



3. БОРЬБА С БЕСПИЛОТНИКАМИ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ВЫСОТА

Довольно часто возникают вопросы о том, как определить, работает ли сейчас над нашими позициями вражеский беспилотник, или это пролет нашего БПЛА, как отличить беспилотник от спутника, как вообще обнаружить БПЛА и каким образом его сбить.

Специальные средства для борьбы с беспилотниками здесь не будем рассматривать, расскажем лишь, как ответить на этот вопрос бойцам подразделений, стоящих на линии соприкосновения.

Основным **временем суток**, когда работают беспилотники, является **утро и вечер**. В это время низко расположенное солнце образует длинные тени.

Хорошая погода, отсутствие сильного ветра, тумана, небольшая облачность или чистое, безоблачное небо – это благоприятные условия для применения БПЛА. Соответственно особое внимание на небо следует обращать именно при таких условиях. В чистом небе БПЛА очень трудно заметить. На фоне облаков его скрытность заметно падает. Как правило, сначала слышен звук работы беспилотника, а затем его находят в небе.

Предсказать **направления**, с которых стоит ожидать появления беспилотников или траекторию их полетов, очень сложно, это зависит от уровня подготовки экипажей. Из личного опыта – такие предсказания делать в отношении теперешнего противника бессмысленно. Поведение их БПЛА непредсказуемо и варьируется от полного соблюдения правил безопасности до их игнорирования.

В темное время противник применяет беспилотники, оборудованные тепловизионными приборами. Ориентировочное время, когда их следует ожидать, – вечер, закат, плюс-минус 4 часа. В ночное время суток беспилотник, снимающий позиции, никогда не летает с включенным светом.

Зачастую яркая точка в небе является спутником, и пытаться сбить его бессмысленно. Иногда применяется другая тактика: летящая группа беспилотников, среди которых один идет со светом, привлекая внимание и провоцируя обстрел с позиций, которые фиксируются соответственно другими «темными» беспилотниками.

Как правило, БПЛА этой группы летят на разных высотах и достаточно больших дистанциях, что затрудняет обнаружение. В любом случае следует объяснить, что стрельба ночью по какой-то светящейся точке – занятие довольно бесперспективное и неоправданное.

В светлое время суток, при обнаружении беспилотника и принятии решения о стрельбе по нему, следует понимать, что он идет с достаточно высокой скоростью, на большой высоте, что требует вносить опережение точки прицела. То есть выносить точку прицела по курсу летящего БПЛА на величину, зависящую от типа и высоты цели, учитывая особенности вашего оружия. Высоты и скорости описаны в предыдущем пункте.

Пример:

видим коптер на высоте около 400 м. В руках АК-74 начальная скорость 825 м/с. Предполагаемая скорость коптера – около 10 м/с, пули понадобится около 0,5 секунды для преодоления дистанции.

Опережение соответственно – около 5 м, или 10 фигур коптера. Причем это без учета ветра, который гарантированно ухудшит возможность поражения БПЛА.

В принципе, этих знаний пехоте достаточно.

4. АЭРОДИНАМИКА

Полет аппаратов тяжелее воздуха, возможен только потому, что воздух имеет массу, он имеет инертность. Воздух сопротивляется движущимся в нем предметам. Это сопротивление зависит от плотности воздуха, скорости движения предмета, его формы и размеров. Как оказалось, если придать телу, что движется, правильную форму, скажем, форму самолета, то часть силы сопротивления воздуха может быть направлена вверх, создавая подъемную силу.

4.1. Подъемная сила, крыло, профиль крыла

Большинство подъемной силы самолета создается крылом. У каждого крыла есть размах, хорда, площадь и профиль. Эти основные параметры крыла определяют его возможности.

Размах крыла – это расстояние по прямой между его крайними точками, независимо от формы крыла и его стреловидной формы. Размах крыла БПЛА выбирается конструктором как компромисс. Увеличение размаха улучшает несущие свойства крыла, но снижает его прочность, затрудняет маневренность такого аппарата и его транспортировки.

Рис.5. Размах крыла.

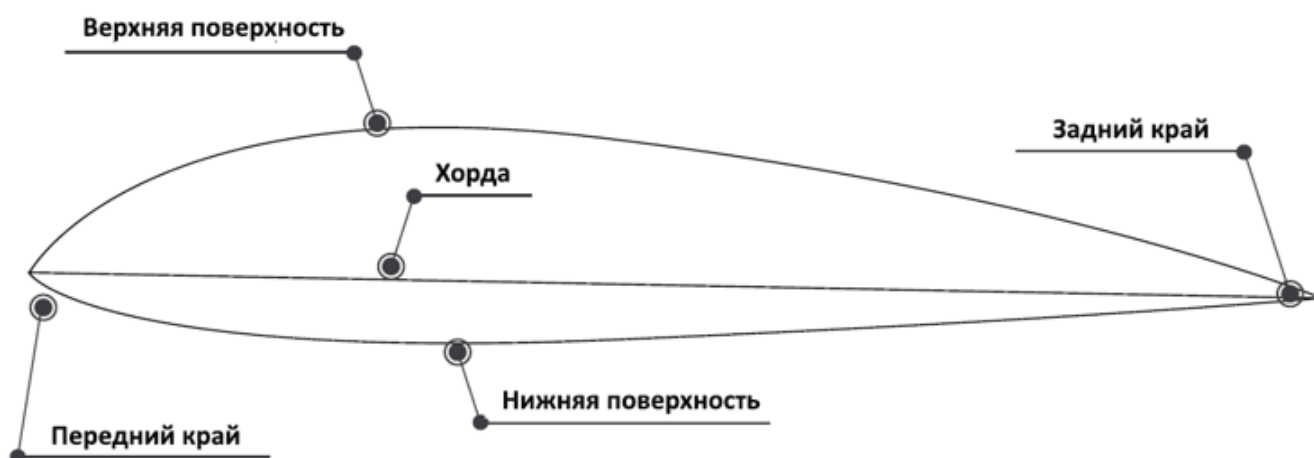


Рис.6. Хорда крыла – это прямой отрезок соединяющий переднюю и заднюю кромки профиля крыла.

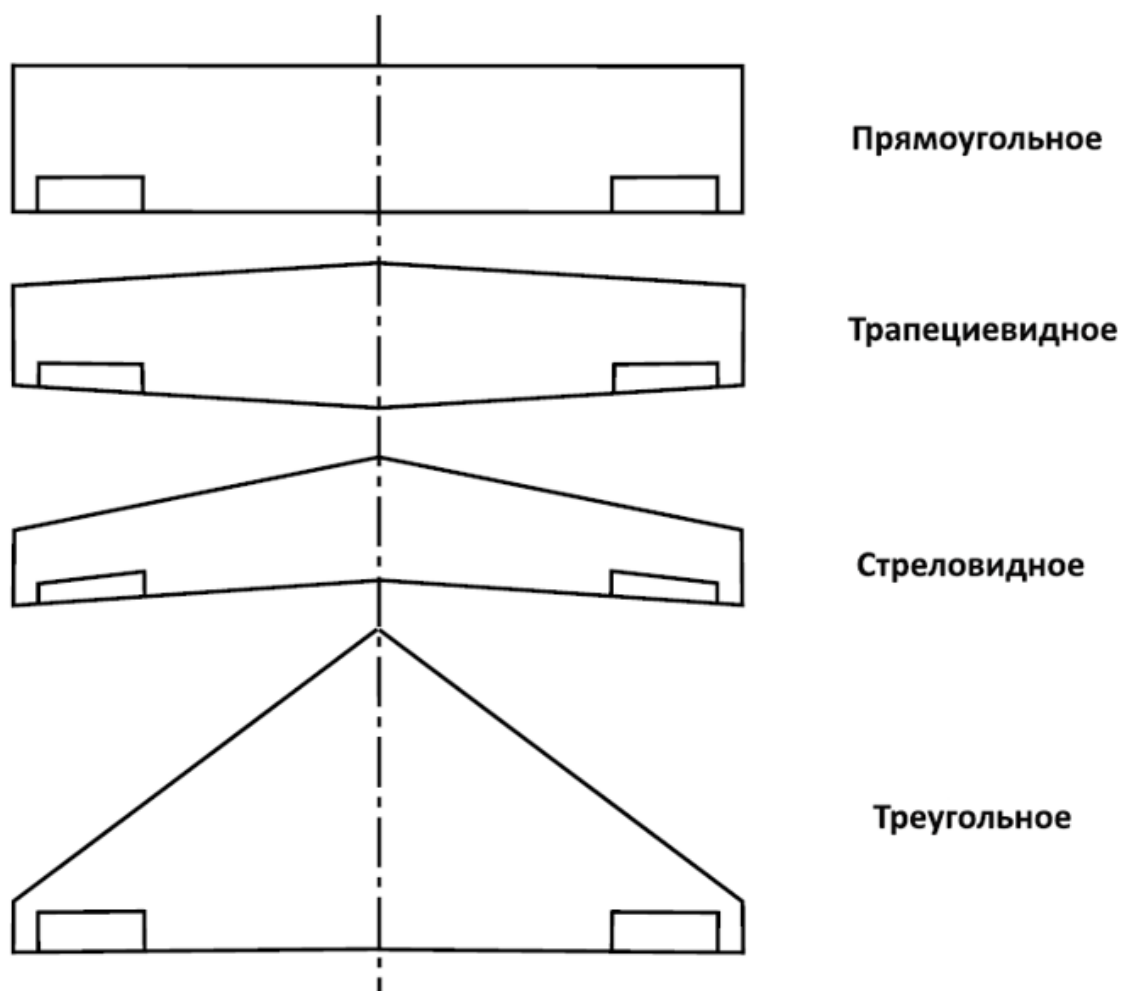


Рис.7. Форма крыла в плане.

Площадь крыла ограничена контурами крыла, если смотреть сверху. Кстати, форма крыла в плане имеет важное значение и выбирается конструктором в зависимости от назначения летательного аппарата. Наиболее распространены прямоугольные крылья и трапециевидные крылья с сужением. Сужение крыла – это отношение корневой хорды крыла (возле фюзеляжа) и концевой хорды крыла (на конце крыла). Для прямоугольного крыла его площадь равна произведению размаха крыла на его хорду.

Формула подъемной силы крыла такова, что все зависимости в ней прямые. То есть при увеличении площади крыла или скорости движения, или плотности воздуха несущая способность крыла увеличивается. Но есть еще важная характеристика крыла, такая как его профиль.

Профили крыльев авиамodelей, которые часто становятся основой для боевых БПЛА, в некоторой степени отличаются от профиля, что применяется в «большой авиации». Такие профили требуют точного соблюдения формы, и поэтому БПЛА с жесткими стеклопластиковыми крыльями имеют лучшие летные характеристики, чем БПЛА относительно мягких, вечно помятых пенопластов.

При ремонте возможных повреждений крыльев БПЛА это следует учитывать и стараться восстановить профиль поврежденного участка как можно точнее.

Благодаря особой форме профиля крыла воздух обтекает верхнюю часть крыла с большей скоростью, чем нижнюю, поэтому создается разница давлений.

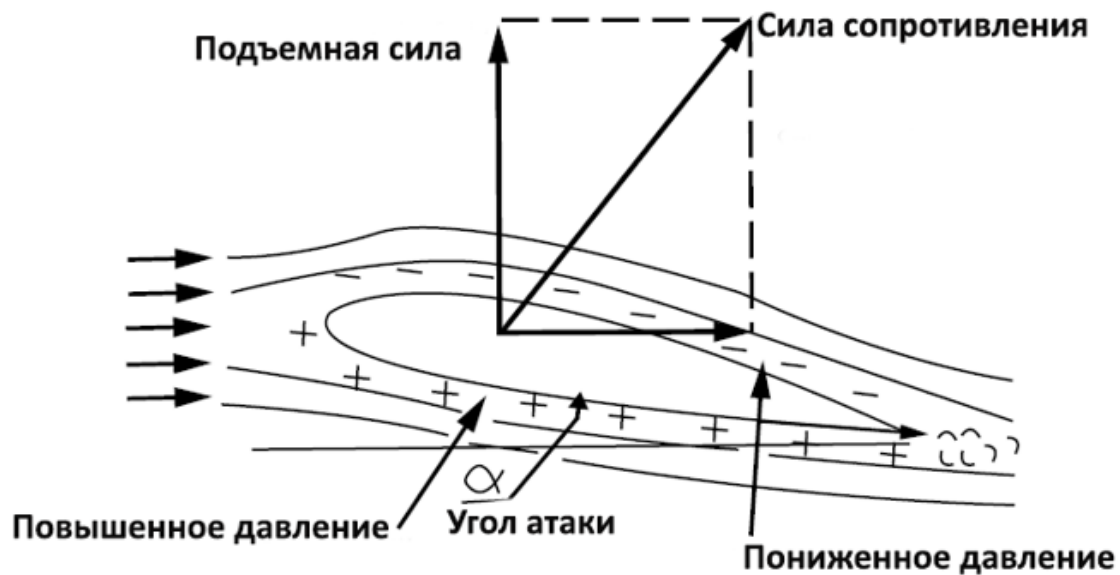


Рис.8. Разница давлений.

Именно эта разница давлений сверху и снизу крыла – создает подъемную силу, что держит самолет в воздухе. Физический смысл этой картинки прост-разность давлений, а следовательно, подъемная сила зависит от скорости. Нет скорости или скорость недостаточна-самолет падает.

На сегодня создано достаточно большое количество Крыловых профилей, которые систематизированы в специальных атласах с указанием аэродинамических характеристик и особенностей, полученных экспериментальным путем, во время продувки в аэродинамической трубе. Конструкторы при проектировании БПЛА выбирают профиль крыла в соответствии с назначением летательного аппарата. Также большое значение для параметров БПЛА имеет удлинение крыла.

4.2. Удлинение

При прочих равных условиях, наилучшие несущие свойства имеет крыло с большим удлинением. Удлинение крыла – это отношение размаха крыла к его средней хорде.

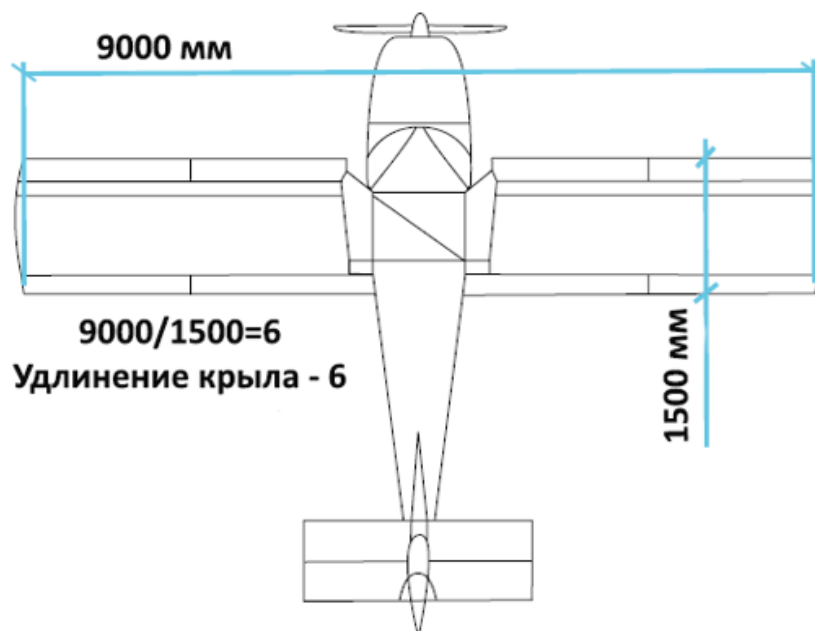


Рис.9. Расчет удлинения.

БПЛА с небольшим радиусом действия обычно имеют удлинение крыла около 10 (БПЛА «Мара», г. Харьков), а крылья БПЛА дальнего радиуса действия могут иметь удлинение до 19 (MQ-1D Predator м. Сан-Диего). Крыло большого удлинения позволяет тратить меньше энергии на полет, а значит, летать дальше и дольше, то есть самолет с таким крылом обладает высоким аэродинамическим качеством.

4.3. Аэродинамическое качество

Проще, аэродинамическое качество – это отношение расстояния, которое может пролететь БПЛА с выключенным двигателем, к высоте, которая была при этом израсходована. К примеру, при понижении на 1 км аппарат пролетел 20 км – это значит, что его аэродинамическое качество равно 20 км.

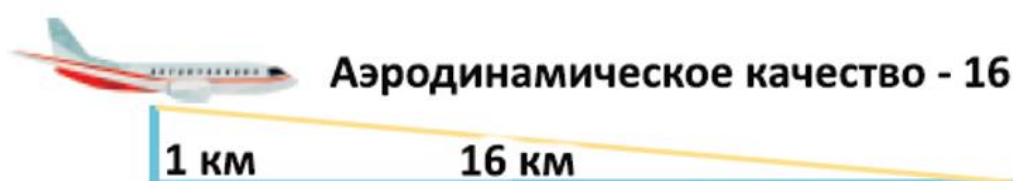


Рис.10. Расчёт аэродинамического качества.

Операторы БПЛА – профессионалы, они знают, что более точно аэродинамическое качество определяется, как отношение подъемной силы самолета к его лобовому сопротивлению.

При небрежном отношении к БПЛА его лобовое сопротивление может значительно возрасти, что означает ухудшение аэродинамического качества. Неопрятные наклейки-деколи, края скотча, который развеивается в потоке воздуха, GPS-трекеры, просто примотанные изолентой снаружи к самолету, сокращают путь, который может пройти БПЛА.

Это может привести к неприятному сюрпризу для экипажа и необходимости объяснять командованию, почему беспилотник не «дотянул» до своих позиций, а упал на занятую противником территорию.

После каждой посадки необходимо не только тщательно осматривать БПЛА на предмет возможных повреждений, но и очищать его от загрязнений. Например, при посадке в созревающую пшеницу корпус БПЛА покрывается липким соком, пылью и кузнечиками. Поэтому обязательно в ящике техника должен быть большой пакет влажных и сухих салфеток.

4.4. Центровка

Центровка самолета – это расположение центра тяжести самолета относительно хорды крыла. Вся нагрузка на БПЛА должна быть расположена таким образом, чтобы центровка не выходила из диапазона допустимых центровок для конкретного летательного аппарата. Диапазон центровок для самолетов классической схемы – от 25 до 35% САХ. САХ – это **средняя аэродинамическая хорда** крыла. Для прямоугольного крыла она и есть хорда, для крыльев сложной формы ее находят расчетным путем.

Рис.11. Схема САХ (средняя аэродинамическая хорда).



Производители БПЛА обычно для удобства экипажей указывают место расположения центра тяжести, чаще миллиметры от передней кромки крыла, а самые продвинутые – наносят на крыло отметки диапазона центровки. Поднятый на кончиках пальцев, поставленных на отметки центровки, БПЛА должен быть в состоянии безразличного равновесия.

Проверять центровку необходимо обязательно перед каждым взлетом. Например, неточность при установке аккумулятора может значительно изменить центровку. Это приведет либо к повышенным потерям энергии на стабилизацию БПЛА в полете, либо даже к немедленной аварии на взлете.

4.5. Устойчивость самолета

В атмосфере постоянно что-то происходит – воздушные потоки движутся в разных направлениях по горизонтали, их встречают вертикальные ветры разной силы и направленности, в результате образуются вихри, на которые влияют потоки воздуха, огибающие складки рельефа местности. Чтобы надежно пролететь через весь этот цирк, БПЛА должен иметь запас устойчивости.

Устойчивость характеризует способность БПЛА сохранять заданный режим полета без вмешательства оператора или автопилота. Когда запас устойчивости летательного аппарата недостаточен, часто приходится вмешиваться в управление. Элеронами, рулями высоты и направления компенсировать отклонения самолета, а это вызывает повышенные потери энергии и сокращает дальность полета.

Если запас устойчивости чрезмерный, то БПЛА маневрирует с затруднениями, усложняя жизнь оператора. Поэтому компромиссный запас устойчивости выбирается конструктором при разработке летательного аппарата.

Общая устойчивость БПЛА состоит из продольной, поперечной и курсовой устойчивости.

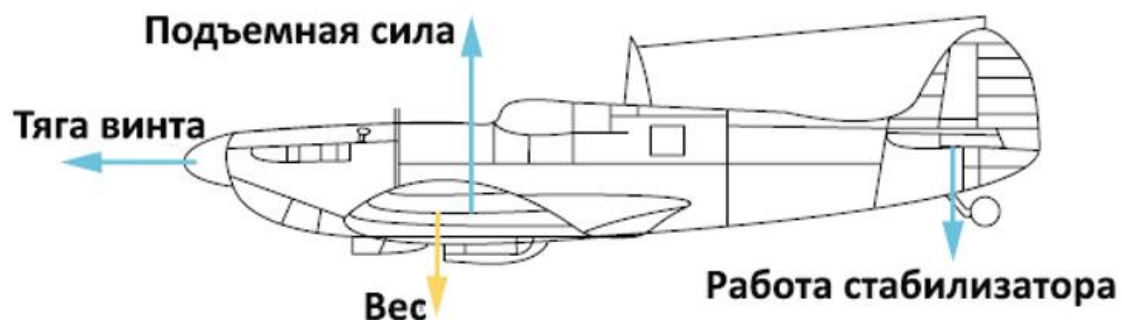


Рис.12. Продольная устойчивость обеспечивается работой стабилизатора.

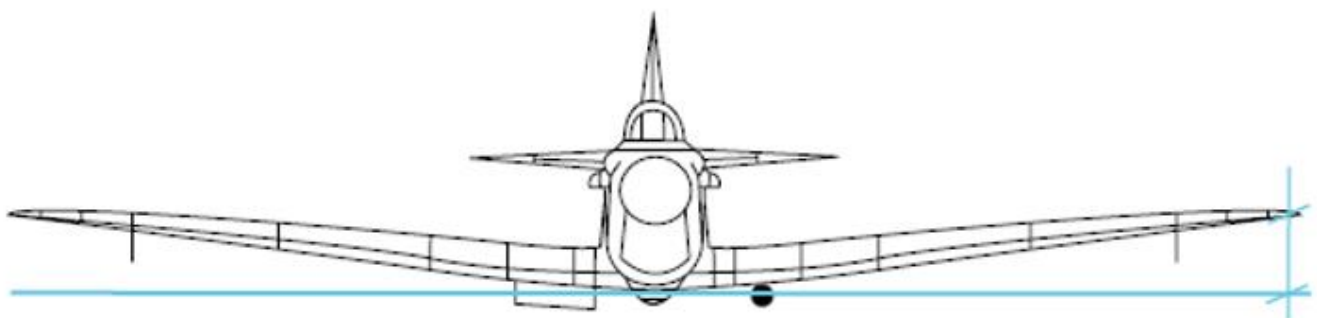


Рис.13. Поперечная устойчивость создается V – сходом крыла.



Рис.14. Курсовая устойчивость обеспечивается работой вертикального оперения (киля).

Все усилия по обеспечению устойчивости летательного аппарата сводятся к сочетанию центра давления и его центра тяжести. Центр давления самолета – это точка применения суммы всех аэродинамических сил, действующих на самолет.

При любом отклонении центра давления от центра тяжести самолет начинает вращаться вокруг центра тяжести, и эта особенность используется для управления летящим самолетом. Главное – переместить центр давления в нужную сторону и на нужную величину. Для этого самолет имеет управляющие поверхности: руль направления, руль высоты, элероны. При отклонении любого руля центр давления перемещается и самолет изменяет свое положение в воздухе.

4.6. Аэродинамические рули самолёта

Помимо указанных аэродинамических управляющих поверхностей на многих БПЛА устанавливаются закрылки. Закрылки используются для уменьшения посадочной скорости летательного аппарата.

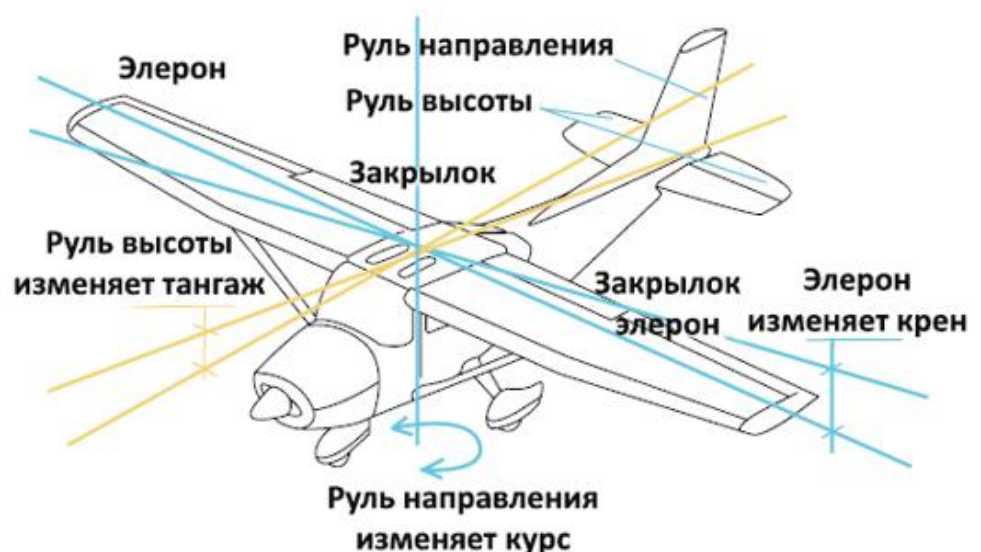


Рис.14.
Аэродинамические
рули самолёта.

4.7. Тяговооружённость

Тяговооружённость самолета – это отношение тяги, развиваемой силовой установкой, к весу самолета. То есть если тяга винта равна 2 кг, взлетный вес БПЛА – 2 кг, то тяговооружённость такого самолета – 1. Современные мощные электродвигатели и аккумуляторы легко позволяют получать энерговооружённость БПЛА больше 1, то есть такой самолет может взлетать вертикально, как ракета.

Но применение чрезмерно мощных силовых установок на БПЛА является нецелесообразным прежде всего с экономической точки зрения. Каждый грамм тяги воздушного винта стоит денег.

4.8. Воздушный винт

Воздушный винт создает тягу по принципу, что и крыло – подъемную силу. Профиль лопасти винта похож на профиль крыла, а величина винтовой тяги зависит от диаметра винта, шага, скорости вращения и плотности воздуха.

Профили лопастей винтов зависят от двигателя. Винты для ДВС толще, потому что они испытывают значительные ударные нагрузки. Для одно-двухцилиндровых двигателей внутреннего сгорания характерна большая неравномерность вращения. Поэтому ДВСные винты чаще всего деревянные – дерево не подвержено усталостным разрушениям. Тонкие профили винтов для электродвигателей позволяют более эффективно реализовать возможности электропривода: плавность хода, высокую скорость вращения, высокую мощность. Применение складных пластиковых винтов позволяет значительно уменьшить сопротивление в полете при остановленном двигателе.

И деревянные, и пластиковые винты одинаково опасны для неаккуратных операторов и наносят тяжелые ранения.

Лопастей складного винта становятся в рабочее положение под действием центробежной силы, а складываются напором встречного потока воздуха.

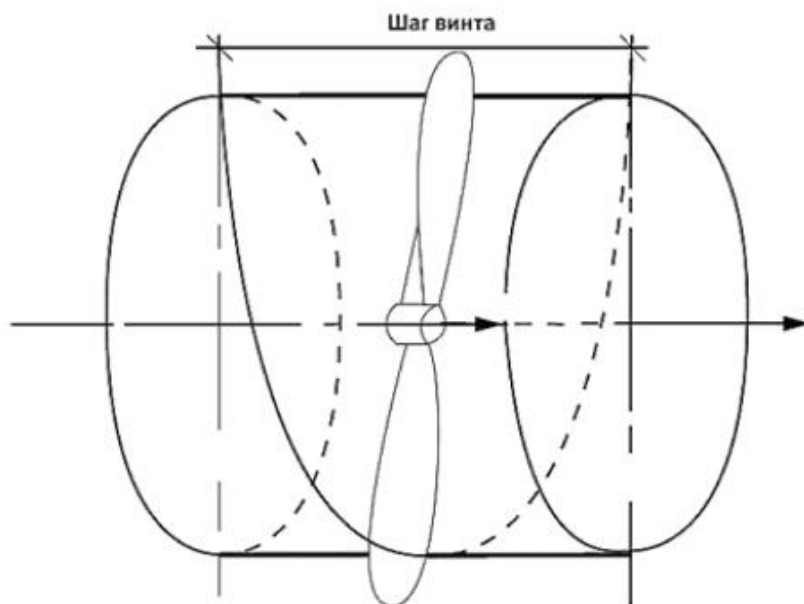
Рис.15. Лопастей складного винта.



Диаметр воздушного винта – это диаметр окружности, образующейся при вращении. Винты большого диаметра меньше шумят, снижая заметность БПЛА.

Шаг винта – это путь вдоль оси вращения, который винт прошел за один оборот, если бы его вкручивали в твердую среду.

Рис.16. Шаг винта.



Максимальная частота вращения воздушного винта должна быть такой, чтобы скорость кончиков лопастей не превышала 280 м/с. На большей скорости начинаются негативные явления, вызванные приближением скорости конца лопасти к скорости звука, что приводит к резкому падению КПД винта.

Изменение плотности воздуха, связанное с изменением погоды и сезона, может достигать 20%. **То есть тяга винта в неблагоприятных условиях может значительно снижаться.** Это надо учитывать, особенно на взлете БПЛА. Некоторые производители рекомендуют сезонную смену воздушных винтов – зима-лето.

4.9. Схема компоновки ЛА, преимущества, недостатки каждой схемы

Из всего разнообразия аэродинамических схем есть несколько основных, которые наиболее популярны для БПЛА: классическая схема с тянущим винтом, классическая схема с толкающим винтом, летающее крыло с толкающим винтом, летающее крыло с тянущим винтом.

Рис.17. Классическая схема с тянущим винтом.



Рис.18. Классическая схема с толкающим винтом.



Рис.19. Летающее крыло с толкающим винтом.



Рис.20. Летающее крыло с тянущим винтом.



4.10. Характерные особенности схем ЛА, итоги

Летающие крылья по сравнению с классической схемой более технологичны, проще транспортируются, меньше подвержены повреждениям при неаккуратных посадках.

Но экономия на фюзеляже и хвостовом оперении приводит к тому, что летающие крылья менее стабильны по тангажу и курсу – сказывается малое плечо управляющих поверхностей относительно центра тяжести летательного аппарата. Летающее крыло на старте не удастся метнуть, как БПЛА классической схемы, поэтому для надежного старта нужен более мощный мотор.

БПЛА классической схемы, хоть и требуют большей аккуратности при транспортировке, но демонстрируют лучшие полётные качества и устойчивость в полете – это важно для нормальной работы оптики. Тянувший винт имеет больше преимуществ, чем толкающий – он не находится в аэродинамической тени, как толкающий, и создает дополнительный обдув крыла, улучшая несущие свойства и устойчивость.

Итоги.

Изложенные в этом курсе минимум знаний по аэродинамике – лишь основа, на которой оператор БПЛА должен самостоятельно строить свою систему понимания процессов, происходящих с аппаратом в полете. Больше знаний – хороших и разных! Это позволит опытному оператору с высокой достоверностью прогнозировать возможность успешного осуществления полета, правильно спланировав его и выбрав время и условия вылета.

5. РАДИО

Связь с наземной станции с беспилотником осуществляется с помощью радио, поэтому стоит рассмотреть физику процесса подробнее, но не прибегая к высоким материям.

5.1. Приемные и передающие устройства на борту БПЛА

Рассмотрим радиопередающие системы, установленные на БПЛА.

Рис.21. Модуль GPS-навигации.



По сути, **модуль GPS навигации** является приемником GPS-сигнала с калькулятором, устанавливается подальше от оборудования, создающего электромагнитные наводки. Модуль необходим для ориентирования в пространстве, для определения расположения БПЛА. В мире существует несколько систем спутниковой навигации, а именно: американская – GPS, европейская – Galileo, российская – ГЛОНАСС, китайская – Бейдоу. Разницы для пользователя практически никакой.

Все, что нужно знать о GPS в ключе навигации, – чем больше спутников он видит, тем вернее подсчитывает свою позицию. Есть приёмники, работающие с одной или несколькими системами, описанными выше. Приёмники, работающие с несколькими системами, видят большее количество спутников и менее склонны к GPS-спуфингу – методу РЭБ. При спуфинге станция РЭБ глушит сигналы спутников и заменяет их своими – фальшивыми.

Рис.22. Модем телеметрии.



Модем телеметрии – приемное устройство, предназначенное для обмена информацией между наземной станцией и БПЛА. От наземной станции он посылает команды к выполнению, от БПЛА – принимает на наземную станцию информацию, получаемую с датчиков (например, скорость, потребление тока, напряжение, положение в пространстве. Обычно является основным каналом управления БПЛА.



Рис.23. Видеопередатчик.

Видеопередатчик – это устройство, передающее на наземную станцию изображение с камер БПЛА. Является самым заметным устройством на борту БПЛА, поэтому без необходимости включать его не стоит (это касается только тех БПЛА, которые хранят фотографии на борту), соблюдая режим радиомолчания. Такой режим уменьшает возможность применения противником средств РЭБ.



Рис.24. Приемник аппаратуры управления.

Приемник аппаратуры управления предназначен для связи БПЛА с пультом управления, как правило, этот канал имеет небольшую дальность – до 2 км и используется только для выполнения взлета и посадки. Существуют БПЛА с таким каналом дальнего действия (аппаратура Dragon Link).

Иногда БПЛА оснащают системой GPS-трекинга, для поиска потерявшихся бортов. По сути, эта система является гибридом мобильного телефона и GPS-модуля. GPS-трекер сообщает свои координаты СМС на запрос с мобильного телефона.

5.2. Поляризация

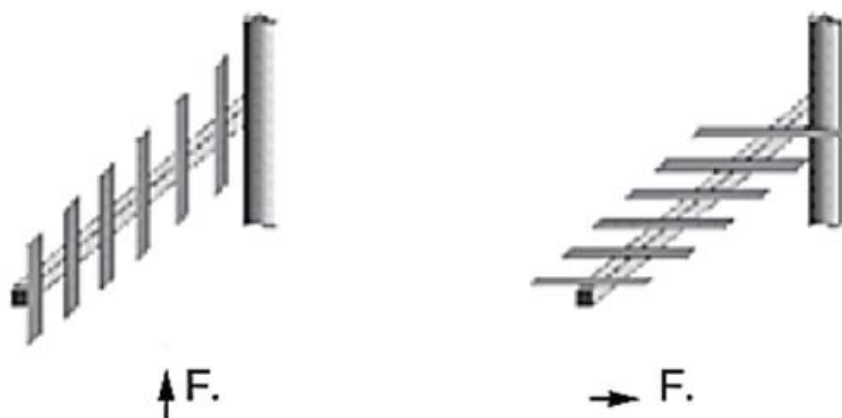


Рис.25. Поляризация.

Поляризация – это направленность вектора электрической составляющей электромагнитной волны в пространстве. Различают: вертикальную, горизонтальную и круговую поляризацию.

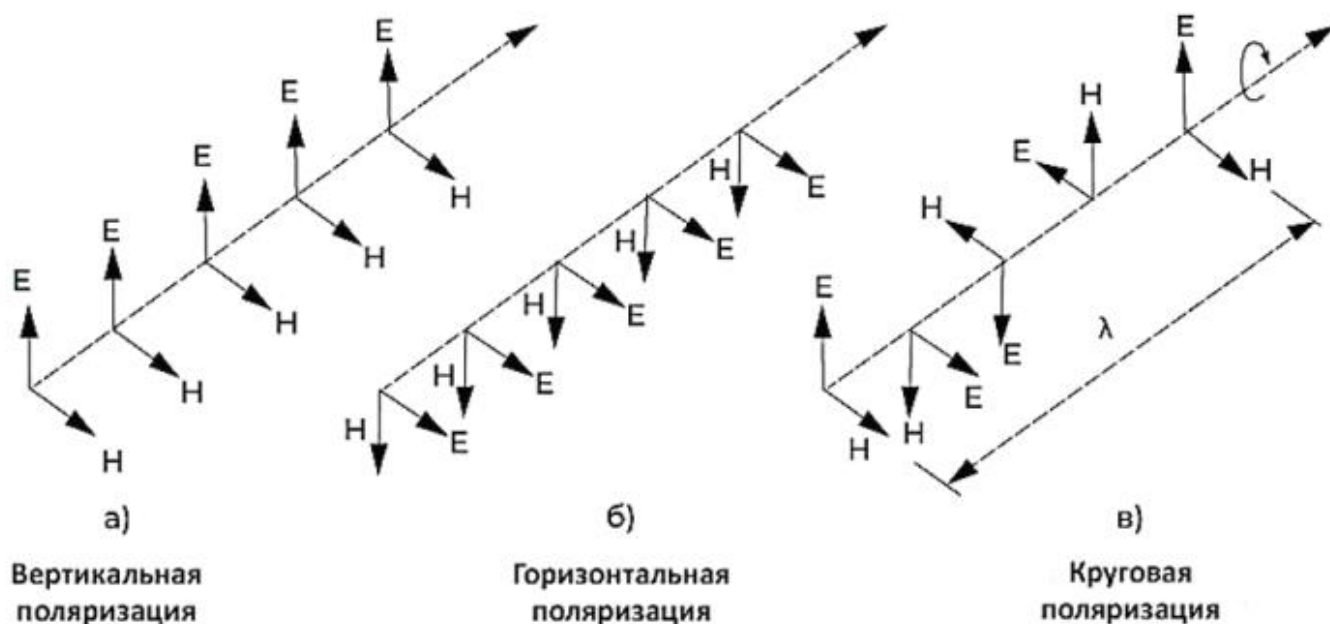


Рис.26. Направления распространения электромагнитной волны.

А теперь то же самое, но проще. У радиоволн есть свойство, которое называется поляризация, и зависит она от антенны, которая ее дает. То есть вертикально расположенная антенна даст вертикальную поляризацию сигнала, а горизонтально-горизонтальную.

Для обеспечения устойчивой связи необходимо, чтобы приёмная и передающая антенна были установлены в одной плоскости. На небольших дистанциях этот эффект не заметен, но как только с ростом дальности интенсивность излучения падает, качество связи стремительно ухудшается.

5.3. Используемые частоты телеметрии, видео, GPS

БПЛА, используемые на сегодняшний день, состоят из стандартных модулей, работающих на стандартных частотах.

- Телеметрия чаще всего работает на частотах 433 МГц, реже 915 МГц, еще реже 865. Существуют модули телеметрии, работающие на частотах 2.4 и 5.8 ГГц.
- Видеопередатчик, как правило, работает в диапазонах 1.2 ГГц, 5.8 ГГц, реже 2.4 ГГц. Иногда модем телеметрии и видео передачи объединяют в одно устройство, которое работает на высоких частотах (2.4 и 5.8 ГГц).
- Пульт управления-2.4 ГГц, 433 МГц.
- GPS (все системы) работают на частотах 1.1 – 1.6 ГГц.

5.4. Препятствия, аномалии

Распространение радиосигнала очень зависит от помех. Препятствиями считают естественные и искусственные барьеры, а также всевозможные электромагнитные поля и излучения, влияющие на прохождение сигнала от передатчика к приемнику. Любой объект между антенной наземной станции и БПЛА является препятствием. От материала объекта и его размера зависит уровень воздействия на радиосигнал. Дерево влияет слабо, кирпич сильнее, металл и железобетон – абсолютно непроницаемы для радиосигнала.

Мачты электроопор и даже сетка рабица могут внезапно неприятно удивить экипаж БПЛА. Также на сигнал влияет радиообстановка в районе полетов (то есть интенсивность использования эфира на близких частотах) и возможные радиопомехи, создаваемые на борту, например, от сервомоторов, управляющих БПЛА. Кроме того, огромное влияние оказывают природные или искусственные аномалии – терриконы или отвалы с высоким содержанием металлических примесей. Неоднократно замечалось это влияние, объяснить его природу довольно сложно, предсказать аномалию тоже непросто, обычно это подтверждалось экспериментальным путем, и принималось во внимание во время планирования следующих полетов.

5.5. Влажность

Также большое влияние на распространение сигнала имеет влажность воздуха. Чем выше влажность, тем хуже качество связи, соответственно уменьшается радиус действия комплекса. Плюс к этому необходимо учитывать, что с изменением влажности препятствия, которые ранее не влияли на дальность, меняют свои свойства. Например, невысокая «зеленка», которая не создавала проблем в сухую погоду, после дождя становится серьезным препятствием для прохождения радиосигнала.

5.6. Лес, правила связи в лесу

Лес, по сути, является препятствием для радиоволн уже сам по себе. В различных условиях влажности и температуры лесной массив может как поглощать радиоволны, так и отражать их. Условия распространения радиоволн неоднородны.

Поэтому следует избегать размещения наземной станции даже на опушке леса. Или быть готовым к тому, что качество и дальность связи будут значительно отличаться от привычных. В идеале наземная станция должна быть расположена таким образом, чтобы лес, лесополосы или даже кустарники не были препятствием на пути прохождения радиоволн.

5.7. Отраженный сигнал, использование водных преград, бетона, металла, усиление сигнала

Зная особенности распространения радиоволн, можно использовать помехи как отражатель сигнала, тем самым увеличивая дальность. Экспериментально замечено, что вода (озеро, река), что находится между БПЛА и наземной станцией в условиях низкой влажности воздуха, отражает радиоволны, тем самым увеличивая рабочую дальность БПЛА. Однако при высокой влажности или тумане над водой эффект оказывается обратным и гораздо более сильным.

Также иногда бывает эффективно позади антенного комплекса наземной станции разместить лист металла (кусок профнастила, кровельного железа) или же наземную станцию ставить на фоне металлического препятствия, используя отраженный от экрана сигнал. Иногда в качестве экрана приходилось использовать свою пластину бронежилета. Экипажу беспилотника необходимо учитывать и максимально использовать в своих интересах эффекты, которые вызывают помехи при распространении радиосигнала.

5.8. Антенны

В станциях БПЛА чаще всего используют четыре типа антенн: штыревую, волновой канал, патч и клевер.



Рис.27. Штыревая антенна.



Рис.28. Волновой канал.



Рис.29. Патч.



Рис.30. Клевер.

Есть некоторые другие типы и схемы, но по принципу работы они аналогичны. Штырь и клевер излучают во все стороны одинаково.

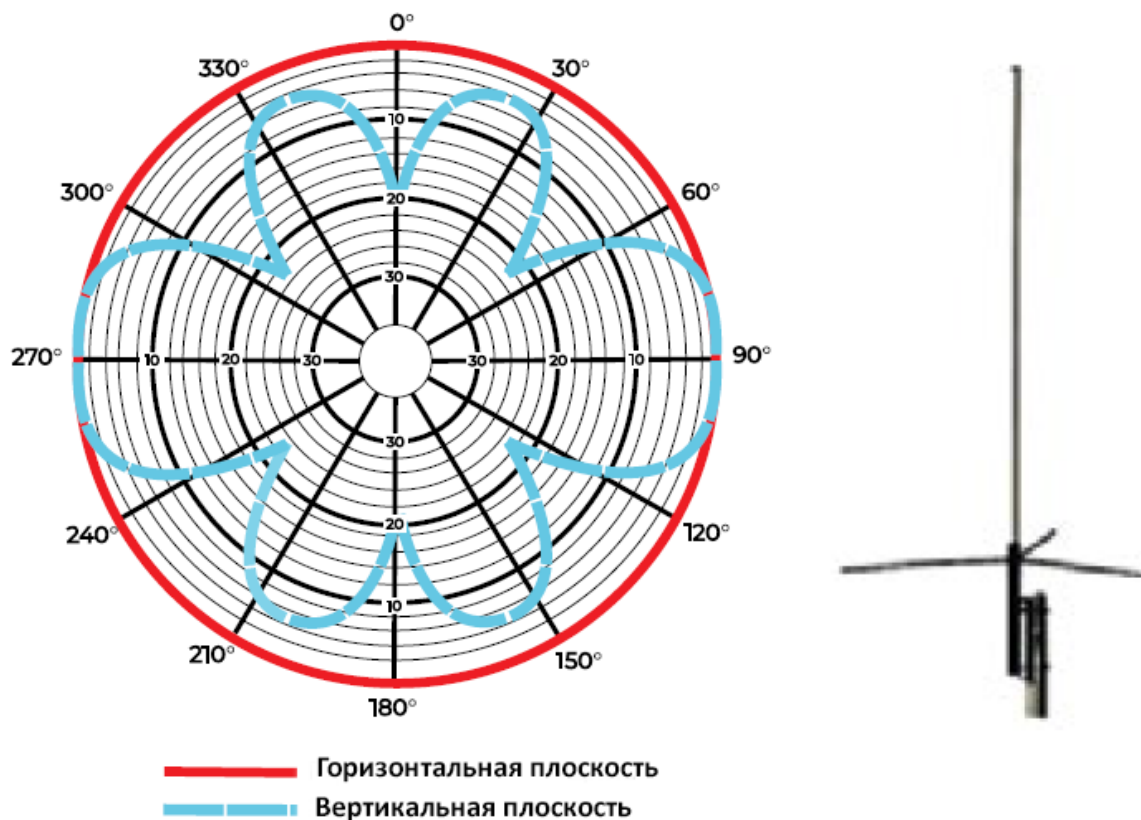


Рис.31. Штырь и клевер – всенаправленные антенны.

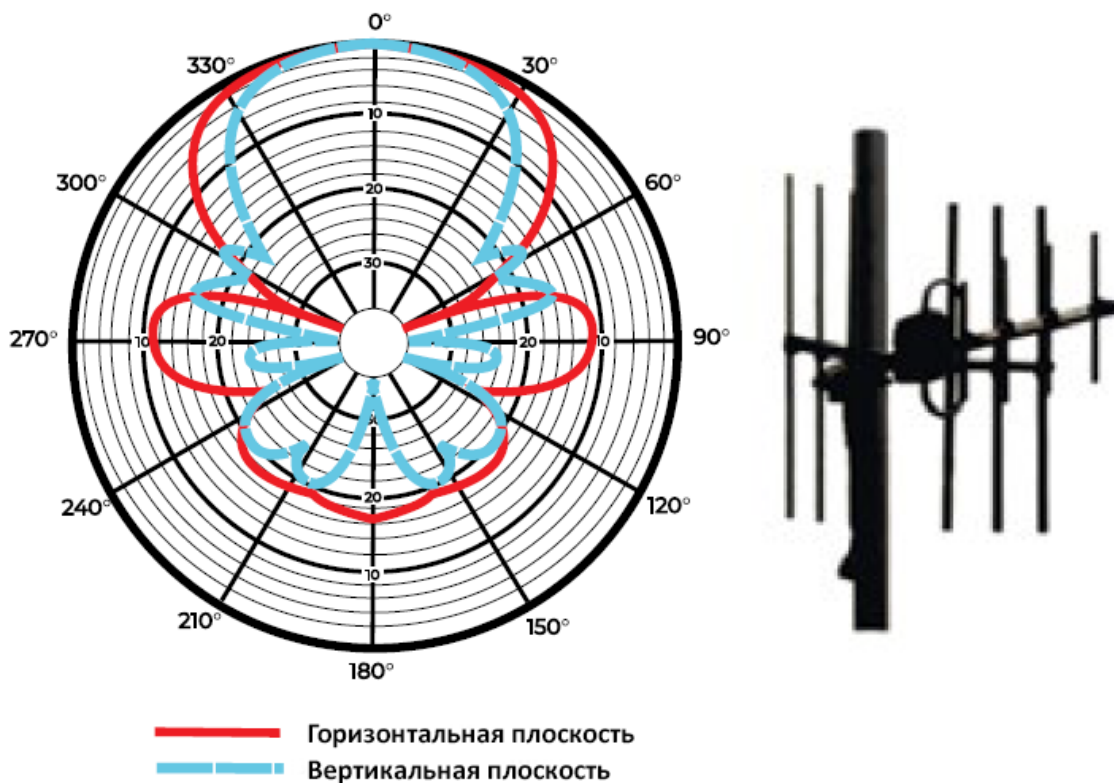


Рис.32. Волновой канал и патч имеют сложную диаграмму направленности.

За счёт того, что направленные антенны не излучают во все стороны, а формируют их в узкий пучок в соответствии со своей диаграммой, они обеспечивают гораздо большую дальность связи.

5.9. Разница в дальности связи на всенаправленных и направленных антеннах

Направленность антенны – относительная величина, которая показывает, насколько коэффициент усиления антенны в одном направлении больше, чем в другом.

Направленность антенны отображают на специальном графике, который называется диаграммой направленности. Направленность преимущественно зависит от конструкции антенны.

За счет того, что направленные антенны излучают радиоволны в пределах своей диаграммы направленности, дальность и качество связи такой антенны выше, чем у всенаправленной. И чем уже лепесток диаграммы направленности, тем выше дальность действия антенны. Формулы расчета дальности и коэффициентов при желании можно найти в интернете.

5.10. Зависимость дальности от мощности, и частоты антенны

Дальность связи определяется многими факторами, но прежде всего зависит от частоты радиосигнала, поскольку с изменением частоты изменяются условия распространения радиосигнала. Соответственно, чем выше частота, тем меньше дальность связи.

*Поэтому наиболее **низкочастотный** канал, который обеспечивает максимальную дальность связи при прочих равных, отдается под телеметрию.*

Без видео БПЛА вполне успешно летает, без телеметрии это тяжело. Также дальность связи зависит от мощности передатчика и чувствительности приемника. Однако при детальном рассмотрении эта зависимость менее существенна. В диапазонах радиоволн, в которых работает радиооборудование БПЛА, сигнал распространяется прямолинейно вплоть до предела радиовидимости, за которой он резко угасает.

Поэтому если мощности передатчика достаточно для обеспечения связи на обслуживаемой территории, ограниченной расстоянием радиовидимости, то дальнейшее увеличение мощности передатчика нецелесообразно, поскольку практически не приведет к расширению зоны связи.

Улучшение чувствительности приемника тоже всегда приводит к увеличению дальности связи. Приём сигнала всегда осуществляется на фоне шумов или помех.

Если чувствительность ограничена шумами, возникающими в самом приемнике, то используя приемник с лучшей чувствительностью, возможно увеличение дальности связи. Однако если приём сигнала осуществляется на фоне внешних шумов или помех, улучшение чувствительности приемника не даст никакого эффекта, потому что чувствительность будет ограничена внешними шумами.

Таким образом, при повышении мощности сигнала и улучшении чувствительности приемника возможно увеличение дальности связи, но только при соблюдении определенных условий. Применение эффективных направленных антенн является одним из способов увеличения дальности связи. Используя антенны с большим коэффициентом усиления и кабель снижения с малыми потерями, можно повысить уровень сигнала на входе приемника без увеличения мощности передатчика.

Поэтому дальность связи зависит от многих факторов, которые имеют на первый взгляд неочевидное влияние на дальность.

5.11. Радиогоризонт

В диапазоне радиочастот устройств, установленных на борту БПЛА, поведение радиоволн приближается к поведению светового луча, и радиовидимость приближается к оптической с ростом частоты. Очевидно, что с высотой увеличивается расстояние оптической видимости и возрастает расстояние радиовидимости.

Ниже приведена табличка оптического расстояния до горизонта, что вполне соответствует нашему радиогоризонту.

Оптическое расстояние до горизонта

Высота над поверхностью земли h	Расстояние до горизонта d
1,75 м	4,7 км
25 м	17,9 км
50 м	25,3 км
150 м	43,8 км

Исходя из данных о частотах, изложенных в пп. 5.3, 5.10 и в таблице выше, можно констатировать, что устойчивый сигнал между наземной станцией и БПЛА возможен только при условии прямой видимости.

5.12. Выбор площадки

Исходя из информации, описанной в разделе 1, экипаж БПЛА должен понимать, что площадка для размещения наземной станции должна обеспечивать максимально возможный радиогоризонт без видимых помех и аномалий. Желательно и очень приветствуется размещение на высоте, не только из-за увеличения радиогоризонта.

Место взлёта БПЛА не обязательно должно быть возле наземной станции и не обязательно доворачивать антенны на место взлёта БПЛА, на небольших дистанциях можно обеспечить связь на боковом или обратном лепестке диаграммы.

Главное требование – чтобы БПЛА постоянно находился в основном лепестке диаграммы направленности антенны в процессе выполнения миссии.

6. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ РЭБ

РЭБ является вторым по значимости противником для БПЛА после безалаберности самого экипажа, поэтому обойти эту тему решительно невозможно.

На самом деле РЭБ – это воздействие радиопомехами (радиоизлучением) на средства системы управления и связи, а также изменение условий среды, влияющее на распространение радиоволн. Средства воздействия бывают активными, то есть генерирующими помехи, и пассивными, то есть отражающими радиосигнал.

Также есть средства электромагнитного поражения, которые работают по принципу магнетрона, то есть генерации индукционных токов в цепях электротехнических устройств объекта, который подвергается облучению. К счастью, таких серийных средств поражения на вооружении врага нет. Поэтому рассмотрим доступные и используемые противником средства.

6.1. Подавление сигнала

Самым распространенным и доступным способом является подавление сигнала. Суть процесса заключается в том, что на частоте работающего оборудования, которое необходимо заглушить, подается более сильный шумовой сигнал, который забивает полезный информационный сигнал.

Возможные варианты глушения:

- влияние на систему телеметрии, что приводит к помехам в работе или даже прерыванию канала управления БПЛА;
- влияние на видеопередатчик, что мешает трансляции видеоизображения с борта БПЛА на наземную станцию;
- или подавление сигнала GPS, что приводит к дезориентации БПЛА.

Возможны комплексные виды воздействия, то есть комбинация сразу несколько частот воздействия. Например, одновременное подавление канала телеметрии и сигнала GPS приводит к прерыванию связи с БПЛА и его дезориентации в пространстве, при отсутствии других систем навигации это обычно приводит к потере аппарата.

Подавление канала видеопередачи обычно безвредно и может помешать разве что корректировке артиллерийского огня.

Активных способов противодействия таким помехам не существует, есть лишь рекомендации, как усилить сигнал своей наземной станции, как выходить из зоны воздействия средств РЭБ и как уменьшить свою радиозаметность.

6.2. GPS-Спуфинг

Спуфинг – это подмена сигнала GPS, транслируемого спутниками другим, более сильным сигналом, который транслируется с наземной станции. Сигнал от наземной станции спуфинга вносит корректуру в определение приемником собственного расположения, что приводит к нарушению ориентировки.

Проще говоря, наземная станция спуфинга заменяет сигнал спутника и дает БПЛА неправильные данные о местоположении. Если такая технология и соответствующее оборудование есть на вооружении противника, это позволяет таким образом отводить БПЛА на собственную территорию.

Противодействовать этому экипаж может, если вовремя заметит замену, уводя БПЛА домой по магнитному компасу и наземным ориентирам. Также дает эффект установка более совершенных приемников GPS, которые видят спутники нескольких систем навигации сразу, тем самым нивелируя эффект от действия подмененного сигнала. Может оказаться эффективным некоторое снижение высоты БПЛА, чтобы укрыться от станции РЭБ за рельефом местности в радиотени.

6.3. Подмена канала управления/телеметрии

Третий способ радиоэлектронного противодействия – это перехват канала управления или телеметрии.

Станция радиоэлектронного противодействия замечает сигнал с пульта или с модема, считывает ключ, определяет протокол управления и своим сигналом с тем же ключом, на той же частоте перехватывает управление на себя.

В случае такого противодействия победит тот, чей сигнал от аппаратуры управления будет сильнее. В качестве противодействия разработчиками БПЛА применяются всевозможные способы кодирования управляющего сигнала.

7. РАДИОБЕЗОПАСНОСТЬ

Кроме средств радиоэлектронной борьбы на вооружении противника есть средства радиоэлектронной разведки, которые находят радиоизлучение, пеленгуют место его нахождения и определяют вид оборудования с точностью вплоть до каждого конкретного устройства индивидуально благодаря неповторимой сигнатуре передатчика (имеется сходство с отпечатками пальцев). Поэтому нужно знать правила безопасности, стараться максимально их соблюдать.

7.1. Обманки

Одним из устройств, что повышает радиобезопасность и затрудняет определение местоположения работающей наземной станции БПЛА, является **генератор ложного сигнала**, по сути, «передатчик-обманка», имитирующий работу пульта управления БПЛА.

Благодаря использованию нескольких обманок можно существенно усложнить определение противником места, откуда действительно работает экипаж БПЛА, тем самым повысив свои шансы на выживание. В качестве обманки можно использовать обычный пульт от неисправного или потерянного БПЛА. Рекомендуется устанавливать такую обманку на месте, откуда она будет работать достаточно эффективно (высокое одинокое дерево, крыша дома и т.п.).

7.2. Ограничения в использовании радиооборудования

Так же не стоит забывать – чем меньше экипаж использует источники радиоизлучения, тем сложнее противнику запеленговать место, откуда он работает. То есть не стоит без острой необходимости вести радиопереговоры, не стоит без необходимости держать включенным пульт управления или модем наземной станции. Если есть необходимость включения этих радиоустройств для настройки работы комплекса БПЛА, то размещать их нужно так, чтобы они не «светили» в сторону противника – за преградами, надежно экранирующими радиосигнал.

Также следует помнить правила пользования мобильными телефонами. Группа источников сигнала мобильной связи в несвойственном месте, где обычно никого нет, вызывает подозрение. Кроме того, не стоит крутить направленную антенну в разные стороны без надобности. Антенной в процессе полёта сопровождаем сам БПЛА и ничего больше.

7.3. Ограничения по использованию площадок

Также следует помнить, что подразделения радиоэлектронной разведки противника должны вести карту обнаруженных источников радиосигнала. Поэтому не стоит постоянно летать с одной и той же площадки. Надо использовать несколько разных площадок для полетов в тот же сектор и использовать их несистематично.

Также не в концепции радиобезопасности, а с точки зрения безопасности вообще не стоит задолго до начала работы предупреждать подразделения у площадок о намерении использовать БПЛА в этом районе. Достаточно предупредить их об этом непосредственно перед самым выходом на площадку, для минимизации последствий от утечки информации о месте вашей работы, возможно даже неумышленной утечки.

8. МЕТЕО- И АЭРОЛОГИЯ

Воздух является средой, в которой перемещается БПЛА, поэтому условиям, процессам в воздухе и погоде следует уделить отдельную тему.

8.1. Погода, воздушные массы

Погодой называют совокупность давления, температуры и влажности воздуха, силы и направления ветра, облачности, атмосферных осадков, дальности видимости, атмосферных явлений (туманов, вьюг, гроз) и других метеорологических элементов.

Погода постоянно меняется, причем эти изменения могут быть заметны в достаточно коротком промежутке времени. Изменения погоды бывают периодические и непериодические.

Периодические изменения погоды связаны с вращением Земли вокруг своей оси (суточные изменения) и с вращением Земли вокруг солнца (годовые изменения). Непериодические конфигурации соединены с движением воздушных масс.

Движение воздушных масс вызвано неравномерным прогреванием земной поверхности вследствие разного угла падения солнечных лучей. У экватора наземный воздушный слой прогревается гораздо лучше, чем на полюсах, что вызывает течение воздушных потоков по всему земному шару.

При переносе воздушных масс из одних районов Земли в другие переносятся и характеристики погоды. Поэтому северный ветер приносит в наши края холодную погоду, а южный – теплую. Кроме этого, для каждого региона есть типичная погода, присущая только этому региону.

Например, для Киева и окрестностей типичное и частое направление ветра – западное. Для Луганска – восточное. Поэтому восточный ветер в Киевском регионе говорит о скором изменении погоды, а в Луганске – наоборот.

8.2. Формирование ветра

Ветер возникает вследствие неравномерного распределения атмосферного давления и направлен от зон с высоким давлением к зонам с низким давлением.

Вследствие непрерывного изменения давления направление и скорость ветра постоянно меняется. С увеличением высоты ветер усиливается из-за уменьшения силы трения поверхность Земли.

8.3. Формирование местного ветра, термики

Земная поверхность неоднородна по своему цвету, рельефу и влажности. Поэтому под воздействием солнечных лучей она прогревается неравномерно. Более темные и сухие поверхностигреваются значительно быстрее, чем светлые и влажные, отдавая значительно больше тепла воздуху.

Также на прогрев значительно влияют склоны и возвышенности, например южный склон теплее северного, а восточный склон прогревается раньше чем западный. Все эти факторы создают предпосылки возникновения термической активности воздуха.

Теплый, прогретый воздух устремляется вверх (возникают восходящие термические потоки, или **термики**), а на его место подтягивается воздух из холодных зон (возникает термический, или местный ветер). Так возникают усиление или наоборот стихание ветра в наземном слое при условии наличия фонового ветра. При отсутствии фонового ветра местный ветер дует разнонаправленно и регулярно (в середине дня полного штиля нет практически никогда).

8.4. Облака, точки росы, температурный градиент

С увеличением высоты температура воздуха уменьшается. В среднем на каждые 100 м высоты падение температуры составляет 0.75 °С. Речь идет о сухом адиабатическом снижении температуры поднимаемого воздуха. В облаке происходит влажное адиабатическое охлаждение, и составляет примерно 0.65 °С на 100 м высоты. Реальные значения изменения температур могут существенно отличаться как в большую, так и в меньшую сторону. Это может быть вызвано влажностью или сильной турбулентностью.

8.5. Расчёт нижнего края облака

Один из способов расчёта нижнего края облаков – по влажности воздуха согласно таблице. Влажность меряем гигрометром или метеостанцией (можно спросить у снайперов или артиллерии).

Таблица для расчета нижнего края облаков

Относительная влажность воздуха (%)	Высота края облаков (м)
20	3400
30	2600
40	2000
50	1500
60	1100
70	800
80	500

Второй способ расчёта – с помощью формулы Хеннигша. Определяем разницу между температурой воздуха и температурой точки росы. (Температуру точки росы берём из интернета, она есть в прогнозе погоды для своей местности).

Полученную разницу умножаем на 125. Получаем высоту нижнего края точнее, чем в таблице. Но следует помнить, что в течение дня высота нижнего края увеличивается.

8.6. Расчёт вероятности обледенения

Экипажу беспилотника следует помнить, что с 10 сентября по 20 мая существует вероятность обледенения БПЛА в воздухе. Чтобы понимать свои шансы на успешное выполнение миссии, следует знать температуру воздуха у земли (термометр), температуру точки росы (интернет-прогноз), рабочую высоту предполагаемого полета БПЛА и скорость полета. Сначала считаем коэффициенты изменения температуры от высоты работы аппарата и скорости.

$$T_{\text{зем}} - (0.01H_{\text{бпла}} + V_{\text{бпла}} / 3) > T_{\text{рос}}$$

С увеличением высоты на каждые 100 м температура окружающего воздуха уменьшается на 0.75 °С. Упрощенно принимаем изменение температуры 1 °С на 100 метров. То есть если рабочая высота БПЛА у нас 400 м, то температура воздуха там будет на 4 °С ниже, чем у земли.

Далее, каждые 3 м/с горизонтальной скорости БПЛА считаем как минус 1 °С. Например, при рабочей скорости БПЛА 20 м/с коэффициент составит 7 °С.

Складываем эти значения и получаем, что суммарный температурный коэффициент у нас составляет 7 + 4 = 11 °С. Теперь от температуры на поверхности Земли отнимаем это значение и получаем температуру БПЛА при полёте на рабочей высоте. Эта температура должна быть выше температуры точки росы. Если она равна или ниже, то существует огромная вероятность потери аппарата вследствие обледенения.

Математическая формула, составленная по всем правилам, немного отличается от нашей, расчет упрощен намеренно, для облегчения восприятия.

8.7. Определение тенденции к затиханию или усилению ветра

Экипаж должен уметь понимать дальнейшее развитие погоды, хотя бы в пределах нескольких часов. Если с дождём и грозой все более-менее понятно, то с ветром – не очень. Для упрощения понимания происходящего призываем на помощь статистику.

Статистика обычно усредняет некоторые собранные данные. Поэтому берём часы с секундомером, лист бумаги и начинаем собирать данные. Пошло усиление ветра, заметили начало и конец усиления – данные записали.

Время между усилениями тоже замечаем и записываем. Таким образом считаем 5-6 циклов усиления/затихания. Полученные данные усредняем, то есть выбираем среднее – типичную продолжительность цикла (или складываем время во время усиления и время между усилением ветра и делим на количество циклов, кому как нравится). Делаем паузу на 15-20 мин.

Повторяем сбор информации и усреднение. Полученные результаты сравниваем. Также необходимо понимать, что при стабильной погоде утром и вечером ветер очень слабый или его нет вообще.

8.8. Признаки изменения погоды

Самый правильный признак изменения погоды для неопытного экипажа – интернет. Существует множество народных признаков, связанных с погодой, не будем их здесь упоминать и перечислять. Также не будем перечислять и способы определения погоды по облакам.

Единственное, что должен помнить и за чем наблюдать экипаж, – любое нехарактерное поведение ветра ведёт к изменению погоды (дул всю ночь, дует рано утром или поздно вечером, меняет направление на противоположную сторону от солнца в течение дня и т.д.).

8.9. Атмосферные фронты

Простыми словами, атмосферный фронт – это поверхность раздела между двумя типами погоды. При сближении и соприкосновении масс холодного и теплого воздуха между ними возникает наклонная поверхность раздела, обычно заметная по характерным облакам. Прохождение атмосферного фронта всегда сопровождается изменением погоды.

8.10. Аэрология рельефа, образование роторов

Происходящее в воздухе проще всего описывать на примере воды, поскольку вода и воздух имеют во многом подобное поведение. Воздух и вода похоже ведут себя при обтекании препятствия. На примере ручья, в котором лежат камни, очень легко увидеть, где вода поднимается, где закручивается, где возникает турбулентность и как выглядит ротор. Такая же ситуация и в воздухе, когда ветер наталкивается на препятствия.

Итак, наветренная сторона – сторона препятствия, на которую дует ветер.

Подветренный ротор – завихрение воздуха за препятствием по направлению ветра. Поэтому за всеми препятствиями, возникающими по дороге ветра, находится подветренный ротор.

И чем сильнее дует ветер, тем сильнее и больше будет ротор за препятствием. Есть научные формулы расчета размеров ротора, экипажу БПЛА их знать не обязательно, но следует понимать, что длина ротора за препятствием пропорциональна квадрату высоты помехи.

То есть к лесополосе высотой 5 м точно не стоит приближаться на расстояние 25 м и ближе с подветренной стороны.

При приземлении однозначно лучше садиться с ветреной стороны от препятствия, то есть перед лесополосой, а не за ней (относительно ветра).

9. ПОДГОТОВКА К ПОЛЁТАМ

Для организации работы экипажа БПЛА необходимо понимать несколько вещей.

- Во-первых: БПЛА сам по себе не является оружием или универсальным лекарством от всех бед. БПЛА без правильно поставленной работы и подготовленного экипажа является просто очень дорогой игрушкой.
- Во-вторых: экипаж БПЛА, который не загружен своей работой, будет загружен другой, общественно-полезной работой, или же просто назначен в наряд, после чего на эффективной и системной работе этого инструмента можно будет ставить крест.
- Поэтому экипаж БПЛА должен работать в своем направлении постоянно: нет боевых задач, следовательно, выполняем учебные полеты. Плохая погода – проводим занятия по топографии или радиоуправлению и тому подобное.
- В-третьих: мотивация, а именно самомотивация экипажа БПЛА, является неотъемлемой частью успешной и системной работы по сбору и уточнению информации. Поскольку контролировать экипаж постоянно практически невозможно.
- В-четвертых: работа экипажа БПЛА со стандартным армейским расписанием очень слабо совместима (за исключением, пожалуй, специализированных БПЛА подразделений), поэтому экипажу помимо организации своей работы необходимо подстраиваться и под окружающие его реалии.
- В-пятых: в работу экипажа БПЛА постоянную корректировку вносит погода, поэтому все остальные факторы, влияющие на работу, необходимо минимизировать.
- В итоге: получаем немало предпосылок для того, чтобы понять, распределить и организовать некоторые правила работы экипажа, которые экономят время и силы, берегут от ошибок, позволяющими организовать системную работу.

9.1. Распорядок дня

Работающий экипаж БПЛА живет несколько в других биоритмах, отличных от привычных солдатских. Самым удачным и желанным временем для сбора информации для воздушной разведки, как правило, является время, когда тени от солнца наиболее длинные (для дневных систем воздушной разведки), а воздух спокойный – то есть рано утром и поздно вечером.

Режим работы ночного разведчика вообще немного смещен с поправкой на остывание или нагревание объектов, которые необходимо обнаружить. Или вообще такой, какой трудно представить, например, для экипажа коптера, охотящегося за ДРГ. А еще же надо собраться, спланировать маршрут, проверить технику, выехать на место, проверить площадку, собрать комплекс.

Поэтому стоит для себя разработать и придерживаться четкого графика, который обязательно включает такие элементы:

1. День начинается с подъема и гигиены.
2. Утренний осмотр техники на предмет комплектности и готовности к выезду
3. Выезд на место полётов
4. Осмотр и подготовка площадки
5. Предполётный осмотр техники
6. Полёты
7. Послеполётный осмотр
8. Анализ информации
9. Разбор полётов
10. Подготовка и планирование следующих полётов
11. Обслуживания автотехники, вооружения, униформы
12. Дневной осмотр техники, такой же, как утренний
13. Выезд
14. Осмотр и подготовка площадки
15. Предполётная
16. Полёты
17. Послеполётная
18. Анализ
19. Разбор полётов
20. Подготовка и планирование
21. Вечерний осмотр техники
22. Отбой

Если погоды нет, значит, живем немного по другому распорядку, где вместо пп. 3-10 и 12-19 поиск площадки и работа в роли интеллектуального разведчика с п. 1.3 из 1-й части.

А в каких-то промежутках между основной занятостью необходимо поесть, что-то найти, купить, постирать, решить какие-то бытовые вопросы. И чтобы успевать сделать все, были распределены и испытаны роли.

9.2. Роли в экипаже

Роли появились неслучайно. Штатный распорядок подразделения воздушной разведки (командир, оператор, водитель) просто не может физически учесть все нюансы работы этого подразделения.

Поэтому независимо от того, кто кем прописан в штатном расписании, роли в экипаже необходимо распределять, отталкиваясь от личных знаний и навыков каждого члена экипажа.

- **Командир** организует работу, взаимодействует с внешним миром только на уровне командования. Обеспечивает дисциплину, отвечает за здоровье, работоспособность и эффективность.
- **Пилот** – самый подготовленный для работы с пультом член экипажа. Занимается управлением БПЛА в воздухе.
- **Механик** занимается вопросами ремонта и обслуживания комплекса. Отвечает за техническое состояние комплекса (мелкие ремонты, регламент, зарядка АКБ). Во время выполнения полёта управляет антеннами.
- **Штурман** занимается навигацией в воздухе и планировкой на земле. Собирает данные о ситуации, поднимает карту. Ведёт бортовой журнал. Обеспечивает работоспособность наземной станции (ПО и т.д.). При выполнении полёта следит за показаниями приборов, управляет дополнительным оборудованием.
- **Водитель** управляет и отвечает за техническое состояние и готовность транспортного средства, которое возит экипаж БПЛА. Занимается обеспечением бытовых вопросов всего экипажа (что поесть, где поспать, как найти, у кого купить и откуда доставить).

9.3. Распределение зон ответственности

Роли в экипаже распределяются в зависимости от навыков и наклонностей, бывают командиры – механики-штурманы, бывают пилоты-водители, но каждый член экипажа должен быть в состоянии подменить кого-то в случае обстоятельств, которые сложились.

Поэтому каждый член экипажа, независимо от участия, отвечает за работу всего комплекса. Хотя официально за все отвечает командир.

Во время работы не следует замыкаться лишь на своей роли, периодически полезно контролировать ситуацию и на других участках. После выполнения своей работы, конечно. Таким образом, работает взаимоконтроль, который призван повысить безопасность полётов и работоспособность комплекса.

9.4. Питание и сон

Самочувствие экипажа очень влияет на эффективность работы. Например, невыспавшийся пилот одним неловким движением может разбить БПЛА на посадке. Невнимательный штурман в процессе планирования миссии не заметит перепада высот и потеряет комплекс в полёте.

Ранние подъемы и поздние возвращения с полетов, приемы пищи в свободное время между полётами никак не способствуют соблюдению режима, необходимого для поддержания высокой работоспособности. Особенно, если мы говорим о системной работе. Экипаж должен иметь возможность питаться и отдыхать.

Поэтому решать бытовые вопросы необходимо прежде всего. До начала работы. Для решения бытовых вопросов, возникающих в процессе работы, является роль «водителя», который должен понимать, что работоспособность экипажа зависит даже от отсутствия бытовых проблем. Поэтому, предвидя работы по планированию или обслуживанию техники, он заботится о том, что экипажу есть и где спать.

В итоге следует понимать, что шоколадная конфета, которую правильно обученный водитель дал пилоту за 10 минут до вылета – это не признание в любви, а очень неплохой допинг для мозга, который помогает сосредоточиться, убрать дрожь в руках и лишит механика лишней работы по восстановлению разбитого планера.

9.5. Одежда и обувь

Воздушный разведчик имеет собственную специфику работы. Поэтому есть смысл поднять вопрос, во что его одеть и как обуть. В целях собственной безопасности воздушный разведчик не должен отличаться от обычного военнослужащего. Здесь надпись во всю спину «воздушная разведка» и пропеллер на рукаве точно не помощники. Воздушный разведчик – одна из самых приоритетных целей противника наряду с командирами и связистами. Поэтому внешне он должен стараться выглядеть так же, как обычный стрелок.

Для роли механика очень пригодится жилет с множеством карманов вместо «разгрузки», в которые можно спрятать любые отвертки, скотчи, запасные аккумуляторы и другие необходимые вещи, без которых техника не может жить.

Для работы в поле бывает полезной ветронепроницаемая накидка для холодного времени года. Обувь экипажа самая обычная, так как ходить воздушному разведчику далеко не нужно. Комплекс БПЛА – довольно громоздкий, его без транспорта далеко не унесешь. Исключение составляют, пожалуй, лишь операторы маленьких коптеров, которые работают прямо из боевых расчётов. Желательно иметь водонепроницаемые бахилы в межсезонье и теплую обувь зимой, поскольку нужно достаточно длительное время находиться на одном месте, практически без движения. Очки для защиты глаз от мошек, пыли и солнца, как минимум для пилота – обязательны.

9.6. Вода

Экипаж БПЛА работает в основном головой. Обезвоживание тела наступает при потере 15% воды в организме. Трудности с умственной деятельностью начинаются гораздо раньше, уже при потере 5%. Поэтому в не жаркое время года – минимум 1 л воды на человека в сутки. В жару – больше. Пить следует воду, а не кофе или газированные напитки.

Употребление алкоголя экипажем запрещено. Он тормозит работу мозга. Можно было бы расписать работу нейромедиаторов и влияние алкоголя на них, но экипажу БПЛА это знать не обязательно.

В процессе полета на БПЛА большинство органов чувств человека не участвует, поэтому на первый план выходит способность быстрого мышления и внимательной подготовки к полетам.

У пилота настоящего самолета в процессе управления работает больше органов чувств. Он чувствует крен не только зрительно, но и с помощью вестибулярного аппарата, обороты двигателя воспринимает не только с приборов, но и по звуку, приближение к срыву потока на крыле не только из-за предупреждения специальной системы, но и из-за изменений в загрузке ручки управления. Поэтому смену крена пилот отрабатывает еще до того, как увидит показатели авиагоризонта, а изменения в работе двигателя услышит даже не глядя на панель приборов, приближение к скорости срыва почувствует еще до того, как запищит предупредительное устройство.

У экипажа БПЛА все эти каналы просто не работают. Для восприятия информации есть лишь один канал – зрение, поэтому нужна вся концентрация внимания на зрительное восприятие.

9.7. Питание во время выходов в поле

Помимо общепринятых рекомендаций можно добавить следующее: первая еда разведчика – сало, поскольку оно на 85% состоит из воды, являясь при этом чрезвычайно питательным (следует очистить от соли). Также к рациону желательно добавить больше сладкого (шоколад или сгущенное молоко) и соответственно больше воды.

9.8. Предполетная подготовка

Предполетная подготовка необходима для выявления и устранения технических неисправностей БПЛА, наземной станции, и даже подготовки экипажа к вылету. Каждая роль в экипаже выполняет свою часть предполетной подготовки и сообщает о готовности.

Например **механик**, готовя к вылету БПЛА, проверяет состояние пропеллера, рулевых поверхностей и сервомеханизмов, узла крепления крыла, самого крыла на предмет повреждений, фюзеляжа, антенн, заряд АКБ.

В это время **пилот** собирает антенны, проверяет заряд АКБ в антенном блоке, заряд батареи в пульте.

Штурман монтирует наземную станцию, проверяет заряд АКБ на компьютерах и работоспособность наземной станции в целом. После этого систему проверяют в сборе (связь наземной станции с БПЛА, работоспособность камеры, ДПС модуля, видеоканала).

Экипаж произносит полетное задание, обсуждает порядок и роли на взлёте и приземлении, действия во внештатных ситуациях. Всегда выполняется в одной и той же последовательности одними и теми же ролями.

9.9. Послеполётный осмотр

Выполняется после приземления аппарата. Часто осмотр проводится уже после оставления летной площадки в целях безопасности. То есть сначала едем с «засвеченного» места старта, а потом уже проводим все остальные действия.

Послеполётный осмотр включает в себя:

- тщательный осмотр аппарата, его частей и деталей на предмет выявления повреждений или неисправностей, возникших в полете или в результате приземления;
- изъятие разряженного аккумулятора, установки заряженного в случае исправности аппарата.

Данные о полете заносятся в бортовой журнал и журнал учета аккумуляторов. Как и в случае с предполетной подготовкой, осмотр необходимо проводить по той же схеме, в том же порядке каждый раз.

Действия каждой роли также синхронны. Пока механик разбирает и осматривает БПЛА, пилот сворачивает антенный модуль, штурман выключает наземную станцию и экипаж быстро покидает площадку.

9.10. Правила зарядки, использования аккумуляторов

Основные виды аккумуляторов, используемых в БПЛА. На сегодня используется 5 основных типов аккумуляторов:

1. Pb (lead-acid или свинцово-кислотные);
2. NiCd (никель-кадмиевые);
3. NiMh (никель-металлгидридные);
4. LiPo (литий-полимерные);
5. LiFePO₄ (литий-феррофосфатные, также известные как A123, LiFe, LiFo, литий-фосфаты).

Свинцово-кислотные (Pb) аккумуляторы в отношении БПЛА используются практически только как источник энергии для подзарядки в полевых условиях других типов аккумуляторов и как источник питания стартера и стартовой панели для силовых установок с ДВС. Очень часто в качестве батареи выступает бортовой аккумулятор автомобиля. Такие аккумуляторы характерны неприхотливостью, высокими токами отдачи, но имеют большой вес и медленно заряжаются.

Никель-кадмиевые (NiCd) аккумуляторы часто используются для питания передатчиков, а также как силовые в тех случаях, где важны токи отдачи и большой ресурс. Не каждый NiCd аккумулятор может быть использован как силовой. Бытовые NiCd батареи, как правило, не способны к отдаче больших токов и пригодны лишь для питания передатчика и в некоторых случаях – бортовой электроники на БПЛА с ДВС. Для питания силовой установки можно использовать только промышленные аккумуляторы, рассчитанные на большие емкости.

NiCd аккумуляторы характерны своей неприхотливостью, но имеют достаточно большой вес при небольшой удельной емкости. Недостатком, который несколько затрудняет их эксплуатацию, является так называемый эффект памяти, о котором мы скажем чуть ниже.

Никель-металлгидридные (NiMh) аккумуляторы пришли на замену NiCd. Все вышесказанное о NiCd, в целом, относится и к NiMh. Отличие NiMh в том, что они имеют, как правило, заметно большую емкость при том же весе, как и аналогичные NiCd. «Эффект памяти» у них менее выражен. Срок годности NiMh обычно меньше, чем NiCd.

В последние годы для летающих моделей и БПЛА получили большое распространение **литий-полимерные (LiPo)** аккумуляторы. Они легкие, имеют очень высокую емкость по отношению к их весу и размеру, высокие токи отдачи, возможность быстрого заряда. Благодаря этому они стали основным источником энергии для электрических силовых установок БПЛА.

К сожалению, не обошлось и без недостатков: LiPo аккумуляторы оказались достаточно критичными к режимам эксплуатации. В случае разрядки такой батареи ниже допустимого уровня она необратимо выходит из строя, а превышение напряжения на батарее может привести к ее взрывному самовозгоранию. Тем не менее, преимущества LiPo аккумуляторов превышают их недостатки, и поэтому их используют, соблюдая определенные правила эксплуатации.

Недавно появились батареи, выпускаемые американской компанией «A123 Systems», откуда и пошло их популярное название «**A123**». Они являются развитием направления **литий-полимеров** и в своей основе имеют химическую формулу LiFePO_4 (феррофосфат лития). Благодаря этой формуле они получили много альтернативных названий – LiFe, LiFo, литий – фосфаты и тому подобное.

Данные батареи оказались, на первый взгляд, просто находкой: неприхотливы, устойчивы к ударам, долгоживущие, нетребовательны к частой балансировке, не боятся умеренных перезарядок и полных разрядок, отдают большие токи, и главное – штатно допускают очень быструю зарядку за 15 – 20 мин, что в полевых условиях просто неоценимо. Однако и здесь не обошлось без недостатков: ограниченный ряд емкостей (на выходе лишь 2300 мАч), большой, по сравнению с LiPo вес, низкое напряжение на банке и достаточно большая его просадка под нагрузкой. Если бы не это, они могли бы занять нишу LiPo.

Для зарядки всех типов перечисленных выше типов батарей используется всего два основных метода: метод постоянного тока с некоторыми вариациями (для NiCd, NiMh) и метод CC-CV (для Pb, LiPo, LiFePO₄). Доподлинно останавливаться на особенностях зарядки кожного типа мы не будем, разглядим только NiCd, NiMh и LiPo.

9.11. Зарядка NiCd (Никель-кадмиевых и NiMh (никель-металлгидридных) аккумуляторов

9.11.1. Теория заряда NiCd аккумуляторов

Практически все зарядные устройства для таких аккумуляторов используют метод «дельта пик» (он же «-dV», он же «минус дельта ВЭ») для определения окончания заряда. В данном методе используется свойство никелевых аккумуляторов, при котором в конце заряда напряжение на аккумуляторе начинает снижаться на некоторую незначительную величину (около 30 мВ из расчета на одну банку).

При этом абсолютное значение напряжения не имеет никакого значения, оно может быть от 1.4 до 2.0 на одну банку. Так же нет никакого абсолютного значения номинальной емкости аккумулятора, что объясняет отсутствие такого параметра настройки у многих зарядных устройств.

У NiMh аккумуляторов спад напряжения в конце заряда менее выражен, чем у NiCd аккумуляторов, и может составлять всего лишь 2 мВ на банку (ZeroPeak).

Метод определения конца заряда «дельта пик» хорошо работает при токах заряда от 0.3 С и выше, где С – номинальная емкость аккумулятора. Например, для аккумулятора емкостью 1500 мАч минимальный ток заряда, при котором будет уверенно работать метод «дельта пик», равен $0.3 * 1500 = 450 \text{ мА} \sim 0.5 \text{ А}$.

При меньших токах существует опасность того, что напряжение аккумулятора в конце заряда не начнет снижаться, а зависнет на некотором уровне. Зарядное устройство не сможет точно определить факт окончания заряда и не отключится, а перезарядка при токах более 0.1С наносит вред аккумулятору, уменьшая его емкость.

Максимальное значение тока ограничивается типом и выполнением конкретного аккумулятора. Это значение, как правило, не написано на самой батарее, но его можно найти в технических характеристиках на сайте производителя элементов батареи. На сегодня практически все NiCd и NiMh аккумуляторы способны заряжаться током до 1С при условии нормального (естественного воздушного) охлаждения.

Но существуют аккумуляторы, способные практически выдерживать зарядные токи до 4С (15-минутный режим заряда). Такие аккумуляторы обычно используются как силовые в электромоделях, а поскольку литиевые аккумуляторы практически полностью заняли нишу силовых электроустановок, то встречаются эти аккумуляторы довольно редко.

Итак, верхняя граница зарядного тока определяется не только типом и исполнением, но и условиями охлаждения конкретного аккумулятора. Как известно, в процессе заряда NiCd и NiMh аккумуляторы разогреваются тем сильнее, чем больше зарядный ток, причем у металлгидридных аккумуляторов разогрев заметно сильнее, особенно в конце зарядки. Максимальная допустимая температура при зарядке для большинства аккумуляторов равна 55-60 градусов.

Таким образом, зарядный ток нужно подбирать так, чтобы температура заряда не превысила указанный порог. Чем хуже условия охлаждения, тем меньше должен быть зарядный ток. Но для надежной работы метода «дельта пик» он должен быть не менее 0.3С. На сегодня самое массовое применение NiCd и NiMh аккумуляторов в комплексах БПЛА – это передатчики аппаратуры управления и бортовое питание на моделях с ДВС установками.

И в одном, и в другом случае аккумуляторы имеют ограниченное охлаждение. Но, как правило, ток заряда порядка 0.5С не вызывает перегрева аккумуляторов в передатчиках и на борту. Из всего вышесказанного следует, что для аккумуляторов данного применения оптимальным является ток заряда 0.3 – 0.5С. Например, для передатчика Spektrum DX7 с аккумуляторами 1500 мАч оптимальным является ток

заряда от $0.3 * 1500 = 450$ мА до $0.5 * 1500 = 750$ мА. Кроме того, во многих передатчиках в цепи аккумулятора встроен предохранитель, который «сгорает» при попытке зарядить аккумулятор передатчика током более 1А.

NiCd и NiMH аккумуляторы имеют так называемый эффект памяти. Практический смысл его в том, что аккумулятор «привыкает» отдавать в процессе разряда ту емкость, которую он получил при последних зарядах. Если заряжать полуразряженный аккумулятор, просто добивая его до максимума, то со временем он начинает отдавать только эту половину, теряя емкость. Поэтому для длительной жизни никелевых аккумуляторов их следует циклевать хотя бы один раз в месяц.

Процесс циклирования заключается в полном разряде аккумулятора с последующим его зарядом. Если аккумулятор уже старый, и имеет уменьшенную емкость из-за эффекта памяти, то его можно реанимировать в небольших пределах (но не полностью – до 10 – 20%). Для такой процедуры достаточно сделать 3 полных цикла, все последующие циклы обычно уже не дают положительного результата.

9.11.2. Практика заряда NiCd аккумуляторов

Теперь от теории разряда перейдем к практике. Зарядные устройства имеют две основные установки для разряда аккумуляторов – ток разряда и напряжение, до которого следует разряжать аккумулятор.

С **током** все просто: чем меньше ток разряда, тем эффективнее процесс (полнее происходит разряд). Если у вас нет ограничений по времени, ток 0.1А будет правильным выбором, а если времени совсем в обрез, то токи разряда до 0.3С вполне допустимы.

С **напряжением**, до которого разряжать аккумулятор, дело немного сложнее. Смысл в том, чтобы не допустить полного разряда (до нуля) хотя бы одной банки в батарее. Например, имеем последовательную батарею, состоящую из 4 банок, причем одна из банок имеет чуть меньшую емкость (что встречается очень часто). При разрядке эта банка первая разрядится, и напряжение в ней начнет падать до нуля, тогда как в других банках напряжение будет номинальным.

Если в этот момент не остановить процесс разряда батареи, то по банке, на которой напряжение равно нулю, будет протекать ток разряда остальных банок, перезаряжая ее в обратной полярности. Такой режим является губительным для «самого слабого звена» батареи. Отсюда для аккумулятора, состоящего из N последовательных банок, минимальное напряжение разряда можно определить по формуле: $U=1.25*(N-1)$.

Например, для передатчика Spektrum DX7, в котором батарея состоит из 8 последовательных банок, минимальное напряжение разряда равно: $U=1.25*(8-1) = 8.75 \sim 8.8$ вольт.

Но в некоторых зарядных устройствах напряжение разряда задается из расчета на одну банку, тогда формула будет такая: $U=1.25*(N-1)/N$. Для DX7 это будет $U=1/25*(8-1)/8=1.09\sim 1.1$ вольт/банку. Кроме двух основных настроек режим циклирования может иметь еще некоторые настройки, например время паузы между циклами. Это время нужно для того, чтобы дать аккумулятору остыть после заряда перед тем, как начать разряд.

Один из самых частых вопросов: можно ли заряжать NiCd или NiMh батареи в несколько приемов, зарядив их частично, а затем позже продлив заряд? Ответ такой: в общем можно, но не следует включать заряд немедленно после его прекращения – следует подождать некоторое время. И не ставить на заряд полностью заряженную батарею – при этом метод определения конца заряда-dV может не сработать и батарея будет перезаряжена, что не пойдет ей на пользу.

Кроме того, если между такими дозарядками батарею использовать, то второй заряд будет «добивать» батарею после отдачи ей части емкости, что напрямую повлияет на возникновение эффекта памяти. Следовательно, в отдельных случаях это допустимо, но не как постоянная практика. Или надо делать регулярное циклование.

Некоторые зарядные устройства NiCd и NiMh имеют альтернативные методы заряда, такие как Reflex. Суть в том, что в процессе заряда прямым током батарее периодически подаются кратковременные импульсы обратного тока разряда. По некоторым данным это уменьшает проявление эффекта памяти, разрушая образованные внутри кристаллы и улучшая диффузию газов, выделяемых внутри пузырьков, что дает возможность дозарядить батарею без циклирования. Трудно точно сказать, насколько этот метод эффективен на практике, но если он есть в зарядном устройстве, почему бы не попробовать?

9.12. LiPo (Литий-полимерные) аккумуляторы

Эти аккумуляторы имеют превосходный показатель удельной (на единицу массы) энергии, и даже способны отдавать большие токи разряда. Так что в моделях с силовой электроустановкой этим аккумуляторам практически нет пока альтернативы.

Кратко перечислим основные правила эксплуатации LiPo аккумуляторов, предоставляя ниже подробные объяснения причин тому, кто этим интересуется.

Во время процесса зарядки LiPo используйте только специальное зарядное устройство для LiPo. Заряжайте только под наблюдением.

В случае какого-то внутреннего повреждения во время заряда может произойти самовозгорание и пожар – фотографии сгоревших во время зарядки LiPo аккумуляторов машин можно найти в интернете. Заряжайте аккумуляторы, положив их на негорючую поверхность.

Никогда не заряжайте аккумулятор без балансира – устройства, контролирующего и выравнивающего напряжения на каждой «банке» в последовательно соединенной батарее. Для устройств типа iMax B6, G.T.Power A6 и подобных им, которые имеют встроенный балансир и выбор методов заряда, всегда выбирайте режим **Balance Charge** вместо просто LiPo Charge. Последний режим не балансирует и не контролирует каждую из банок.

Для зарядки используйте ток не более 1С, если вы на поле, и около 0.5-0.7С в лагере – медленная зарядка продлит срок службы аккумулятора.

Дополнительная информация: некоторые новые типы батарей типа Hyperion G3 допускают зарядку токами до 5С. В этом случае можно рекомендовать такую зарядку в полевых условиях, а на базе 2 – 3С будет достаточно, хотя зарядка при 1С не ухудшит ситуацию. Старайтесь не доводить батарею до полного разряда, лучше оставить в ней 10 – 20% емкости и зарядить ее повторно, чем «убить» ее за один полет.

Если есть возможность – старайтесь использовать батареи с некоторым запасом по номинальному току. Это продлит срок их службы.

Как указывалось выше, батареи LiPo очень критичны к режиму эксплуатации. При их заряде используется метод CC-CV. То есть сначала батарея заряжается некоторым фиксированным током (constant current – CC), при этом напряжение на банках батареи растет. По достижении напряжения 4.20В на каждой банке батарея уже заряжена примерно на 95%, и зарядное устройство переходит ко второй фазе алгоритма заряда CV (constant voltage, постоянное напряжение).

При этом ток постепенно снижается так, чтобы напряжение на каждой банке не превысило 4.20В. Эта величина определяется химией LiPo батареи. Превышение ее допустимо не более, чем до 4.25В, а достижение значения 4.30В и выше может привести к взрывному самовозгоранию.

Фазой заряда CV в полевых условиях можно пренебречь: она добавляет лишь последние 5% емкости, но занимает от трети до половины общего времени заряда при заряде током 1С.

Поэтому можно прекращать заряд после достижения батареей максимального значения напряжения, экономя время.

При разрядке в процессе эксплуатации недопустимо снижение напряжения на каждой из банок ниже 3В. Достаточно один раз посадить LiPo батарею до 2.5В на банку, и ее можно будет выбросить. После такого разряда батарея может «сдуться», она теряет больше половины емкости и перестает отдавать номинальный ток разряда, или просто не заряжается. В течение короткого времени батарея теряет емкость почти полностью.

Отсюда становится понятным, что **проблема эксплуатации LiPo** заключается в том, что при зарядке необходимо контролировать напряжение на каждой из банок, чтобы не вывести ее из строя, а при следующей разрядке следить, чтобы аккумулятор не разряжался ниже, допустимого минимума.

Обычное зарядное устройство может контролировать напряжение на батарее в целом, но при большом разбросе напряжений на банках вполне возможен вариант, когда на одной из них еще 4.05 V, а на второй уже 4.30 V. Зарядка видит только суммарные 8.35 V и продолжает заряжать батарею до 8.40 V (4.20*2). При этом напряжение на второй банке превышает 4.30 V, что с большой вероятностью приведет к вспышке. При разрядке несбалансированной батареи эта проблема способна привести к переразряду отдельно взятой банки несмотря на то, что суммарное напряжение еще выше, чем 3V, умноженное на количество банок.

Для решения этой проблемы используется специальное устройство, называемое **балансиром**. В процессе заряда он следит за напряжением на каждой из банок и выравнивает их между собой. При этом зарядное устройство отключит заряд вовремя, не выводя аккумулятор из строя. При разрядке сбалансированной батареи все банки также разряжаются более или менее равномерно, и при снижении суммарного напряжения до 3V на банке должно сработать отсечение регулятора, чтобы предотвратить выход батареи из строя.

Многие современные зарядные устройства уже имеют встроенный балансир, которым обязательно следует пользоваться. Для этого, помимо силового кабеля, подключают отдельный балансировочный разъем батареи, и выбирают соответствующий режим заряда. Для устройств, не имеющих встроенного балансира, необходимо приобрести отдельное внешнее балансирующее устройство.

Ток заряда LiPo должен превышать 0.1 емкости аккумулятора, то есть максимальный ток заряда равен 1C. Например, для заряда аккумулятора емкостью 2200 мАч ток заряда не должен превышать 2.2 А. В то же время не следует ставить ток заряда меньше, чем 0.5 с. В некоторых зарядных устройствах (Duratrax ICE) стоит не отключаемый таймер на заряд LiPo аккумуляторов на 3 часа.

Поставив маленький ток, зарядное устройство может не полностью зарядить аккумулятор, а отключиться по таймеру. Есть зарядные устройства, которые имеют встроенный таймер, но нет смысла в его применении для заряда LiPo.

Принудительно разряжать или циклировать литиевый аккумулятор нет смысла, так как эти батареи не имеют эффекта памяти и хранятся в заряженном состоянии (наиболее оптимальный режим хранения – 60% заряда). Ток разряда аккумулятора может быть любым, но не более его номинала, указанного на этикетке также в единицах величины емкости C.

Например 20С на аккумуляторе 1000 мАч означает, что максимальный непрерывный ток разряда равен $20 * 1000 = 20000 \text{ мА} = 20 \text{ А}$. Следует отметить, что если не использовать аккумулятор на пределе его возможностей, он проживет гораздо больше циклов. Скажем, для одного из фирменных дорогих LiPo с номинальным током 30С приводятся такие типовые данные: при заряде и разряде токами в 1С производитель гарантирует 500 циклов без существенной потери емкости.

При заряде током 1С, но разряде максимальным допустимым током в 30С количество циклов составит всего 50 (упадет в 10 раз). Это дает хороший пример того, почему желательно иметь запас тока батареи при подборе силовой установки.

В процессе зарядки или разрядки не допускайте нагрева аккумулятора свыше 60 Сек. Место, в которое установлен аккумулятор на модели, должно иметь хорошую вентиляцию и должно хорошо продуваться. Не заворачивайте аккумулятор в теплоизоляционные материалы (поролон, пенопласт). Если так случилось, что аккумулятор нагрелся, дайте ему остыть перед использованием (зарядкой или разрядкой).

9.13. Практические советы по основным типам батарей: NiMh, NiCd

Ток заряда: от 0.3 С до 0.5 С, где С – емкость аккумулятора в ампер-часах. При условии хорошего охлаждения и контроля температуры – до 1С.

Ток разряда: от 0.3 до 0.1 А (чем меньше, тем лучше, но дольше).

Минимальное напряжение при разряде определяется как $U = 1.25 * (N1)$ или в расчете на каждую банку $U = 1.25 * (N-1) / N$.

Пример для батареи NiMh 1500 мАч 8 банок (передатчик Spektrum DX7):

1. Ток заряда 0.5-0.8 А;
2. Ток разряда при циклевке 0.1-0.4 А (меньше – лучше);
3. Минимальное напряжение на батарее 8.8 вольт или 1.1 вольт/банку.

9.14. Практические советы по LiPo

Ток заряда: 0.5-1С (меньше – лучше).

Ток разряда: циклирование не требуется, но в целом не выше номинального, выраженного в единицах емкости С.

Минимальное напряжение: 3 вольта на банке. Пример для батареи LiPo 2200 20С 11.1в:

1. Ток заряда 1.1-2.2 А;
2. Ток разряда: до 44 А;
3. Минимальное напряжение на батарее: 9 вольт (но не менее 3 вольт на каждой из банок).

9.15. Обслуживание наземной станции, работа с операционной системой, интернет, антивирус

Наземная станция для БПЛА является компьютером, к которому подключается антенный блок. Внутри антенного блока, как правило, установлен источник питания (аккумуляторная батарея), который необходимо периодически заряжать и осматривать.

Что касается антенного поля – все, что необходимо, это следить за геометрией (не допускать погнутости) и периодически устранять последствия неаккуратной транспортировки. Чуть подробнее опишем взаимоотношения экипажа с компьютером наземной станции. Как правило, в составе комплекса есть ноутбук, иногда два, с установленной операционной системой типа Windows. Описывать тонкости и нюансы работы с ней здесь нет смысла, остановимся лишь на тех возможных проблемах, которые применяются в работе этих ПК в поле как наземная станция.

Для обновления системы сделаем более детальное описание: Windows иногда пытается установить обновление в самое неподходящее время. Например, иногда при использовании БПЛА система пытается предложить перезагрузиться для установки обновлений, а то и просто перегружается без предупреждения, и начинает их устанавливать сама. Поэтому на каждом вечернем осмотре техники не поленитесь проверить состояние обновлений, чтобы не было неожиданностей во время полетов.

Проверяйте установленный антивирус, актуальность вирусных баз и проверяйте систему на чистоту. Отключив обновления полностью, вы исключите проблему перезагрузок по вине системы обновления, но откроете потенциальную дыру в безопасности операционной системы. Полностью исключить общение с чужими носителями информации вам вряд ли удастся, поэтому старайтесь содержать операционную систему в актуальном состоянии. С Linux и подобными операционными системами проблем меньше, практически нет совсем, но такие системы используются в единичных случаях.

9.16. Выходные

Выходным в авиации считается любой день, когда нет погоды для полётов. Используется такой день для поиска новых полетных площадок, интеллектуальной разведки см. п. 1.3 из 1 части, ремонту и обслуживанию техники. Но утренний и вечерний осмотр технического состояния БПЛА проводятся всегда в полном объеме. В выходной обычно утренний осмотр комплекса БПЛА для роли «техник» и «пилот» перерастает в плановые работы по обслуживанию и ремонту и заканчивается до вечернего осмотра. Следует максимально эффективно использовать нелётные дни, чтобы не пропускать возможные летные по техническим причинам.

9.17. Хранение техники

Хранят комплексы по правилам хранения бытовой электроники: в сухом прохладном месте, в разобранном состоянии, подальше от ГСМ, легковоспламеняющихся веществ и сильных электромагнитных полей (трансформаторы, электромоторы и т.п.). Нужно учитывать, что сильные перепады температуры приводят к выделению влаги, в том числе на электронике БПЛА.

9.18. Транспортировка и оборудование для транспортировки

Перевозить комплекс БПЛА настоятельно рекомендуется в специальной таре и в специально оборудованном для этого транспортном средстве. Из-за отсутствия транспортного средства, на полях, а также на небольшом расстоянии от линии разграничения комплекс транспортируется в руках экипажа. Из-за неправильной транспортировки комплекс выходит из строя быстрее, чем в процессе эксплуатации.

Во время движения на стартовую площадку для полетов и с него, комплекс перевозят в руках для уменьшения времени пребывания в опасной зоне и предотвращения повреждения во время движения по плохим дорогам. Очень важно, чтобы экипаж отработал алгоритм загрузки/разгрузки комплекса в транспортное средство и порядок посадки самого экипажа.

Рекомендуется придерживаться одного и того же алгоритма посадки/погрузки и транспортировать все части комплекса, положив их одинаково, чтобы уменьшить вероятность потери или повреждения любой части.

Транспортное средство в идеале должно вмещать комплекс в боевом состоянии, чтобы разрешать экстренную эвакуацию комплекса. Внешне оно должен быть неприметным, без каких-либо надписей, кронштейнов под антенну или самих антенных блоков. В идеале такое транспортное средство нужно оборудовать стационарными кофрами для транспортировки комплекса на дальнейшее расстояние и хранения ЗИП.

10. ТАКТИКА ПОЛЁТОВ

В этой главе описаны практические рекомендации, все утверждения здесь являются следствием накопленного опыта.

Итак, есть комплекс БПЛА, есть экипаж, который умеет этот комплекс эксплуатировать. С чего же начать работу?

10.1. Выбор стартовых площадок

Самое первое, что делает экипаж, прибыв на место службы, – определяет основные направления, по которым необходимо будет летать. Зная это, экипаж начинает поиск площадок для размещения наземной станции и/или взлета/посадки. В зависимости от рабочей дальности комплекса БПЛА выбирают отдаление линии разграничения. Обычно это около 10% от дальности, но рельеф играет решающую роль в выборе площадки. Исходя из опыта необходимо выбирать площадку на возвышенности.

Чем выше будет установлена наземная станция, тем дальше будет радиогоризонт и больше места для маневра. Также необходимо учитывать расположение опорных пунктов по обе стороны линии разграничения. Работать вблизи своего опорника рекомендуется на некотором отдалении, чтобы не подвергать свой опорник риску обстрела в случае раскрытия места вашей работы противником.

Но не уходите слишком далеко, чтобы можно было запросить помощь или заехать для зарядки АКБ, или обработки данных. Работать в условиях прямой видимости с опорного пункта противника не рекомендуется. Также необходимо проверять площадку и места потенциальных засад возле площадок на наличие МВЗ или диверсионных групп каждый раз перед началом работы.

Не лишней будет практика использования сигнальных заграждений группой безопасности. Настоятельно рекомендуется установить контакт с ближайшими опорными пунктами для получения информации (см. п. 1.3 из 1 части, которая будет полезна для уточнения целей и задач полетов).

10.2. Цели и задачи, постановка полётного задания

Любой полёт должен быть спланирован. Спонтанный полёт уже является предпосылкой к летному происшествию. Для любого полета нужны цели, задачи и план, в котором исчисляются ограничения, связанные с ТТХ, погодой, условиями и тому подобное. Даже, если вы летаете в учебных целях.

Для учебного полёта план полета выглядит так.

Задача учебного полёта: улучшить навыки управления БПЛА.

Цели учебного полёта:

1. безопасно взлететь,
2. сделать уверенный правый разворот,
3. пролететь по прямой,
4. сделать уверенный левый разворот,
5. пролететь по прямой,
6. выполнить уверенный заход на посадку и
7. безопасно приземлиться.

Ограничения (распишем правила подсчета ниже) – доступное время в воздухе 40 минут с учетом температуры и силы ветра, противодействия РЭБ не предвидится, полет проводим в поле зрения.

Здесь мы начинаем понимать, что будем делать, как и зачем.

Боевой вылет имеет несколько другие задачи и цели, но точно не бывает вроде «полетим куда-то туда, вдруг что-то там найдем». Даже, если у нас нет никаких данных, собираемых в п. 1.3 1-й части, мы планируем полёт в вероятную точку нахождения противника (эмпирически или по топографическим предпосылкам), вдоль визуальных ориентиров, которые могут пригодиться нам для навигации. Нужно стараться планировать вылет, составлять маршрут и учитывать ограничения заблаговременно, несколько раз проверять дальность, высоту и маршрут. Только спланировав свои действия, мы начинаем полёт.

10.3. Начало и конец полёта, разбор полетов, журнал

Полёт всегда начинается с предполетной подготовки, уточнения метеоусловий и проверки готовности экипажа. В случае работы над своими опорными пунктами не лишним будет втайне предупредить их.

Полеты считаются законченными после проведения разбора полетов и заполнения бортового журнала и журнала учета АКБ. На разборе полетов экипажем обсуждаются детали вылета, указываются недостатки и изменения, то есть проводится полный анализ.

Делаются выводы как по технике, так и по действиям экипажа. Все характерные детали вносятся в бортовой журнал. Бортовой журнал БПЛА не является отчетным документом. Он призван прежде всего помочь самому экипажу контролировать техническое состояние комплекса, следить за происходящими изменениями и вести учет ресурса техники. Анализ и расшифровка привезенного фото и видеоматериала к разбору полетов не относится.

Пример бортового журнала

№ п/п	№ БПЛА	Дата	Время в воздухе	Расстояние	События	Примечания
1	521	15.09	45 мин	40 км	Жесткая посадка, замена винта	8 спутников, ветер 4 м\с, остаток батареи 30%

Для понимания ситуации с АКБ рекомендуется вести журнал учета, где каждая батарея подписана, по ней понятно количество циклов наработки и примерная ситуация с ресурсом. Например, есть задача: провести воздушную разведку вдоль рокадной дороги в глубине территории противника. Лететь далеко и долго, необходимо выбрать самую лучшую батарею из имеющихся. Как определить лучшую? Лучшей будет та, что при прочих равных условиях заряжалась реже и ровнее.

Пример журнала батарей

№ п/п	№ батареи	Дата	Режим зарядки	Примечания
1	2	15.09	Обычный 1С	Срабатывание возврата при низком напряжении в предыдущем полете

10.4. Определение технических возможностей и ограничений

На дальность и время полета влияет множество факторов: температура, сила ветра, влажность, техническое состояние БПЛА. В качестве исходных данных можно взять данные по дальности и радиусу связи у разработчика. Реальные данные иногда могут значительно отличаться. Если разработчиком задекларировано 60 км пробег на батарее в штиль, то при ветре 5 м/с борту придется пройти больший путь относительно воздуха, чем в штиль.

Подтвердим это простой математикой (для «сферического БПЛА в вакууме», потому что в жизни все немного сложнее). Исходные данные, например такие: борт летит 20 м/с, ветер дует 5 м/с. Дальность, которую нам необходимо преодолеть, 48 км по прямой. Фактически ветер нам будет мешать только половину дороги, соответственно делим его на 2.

Получается, что 48 км мы пролетим за 2400 секунд с ветром 2.5 м/с, что даст нам лишних 6 км пробега в воздухе относительно земли. Общий пробег при выполнении у нас составит 54 км, а не 48 расчетных. В реальной жизни все происходит несколько иначе, так как ветер никогда не дует с одной и той же скоростью, реальная дальность полета БПЛА зависит от воздушной скорости БПЛА и т.д.

Важно понимать, что с усилением ветра круг возможностей БПЛА сужается, а понимание, насколько именно, приходит с накоплением опыта полетов.

Для понимания реальных возможностей своего комплекса рекомендуется летать по принципу от простого к сложному. После возвращения из полета, на разборе, анализировать пройденный путь, погодные условия, скорость и остаток батареи. Так придет понимание реальных возможностей своего комплекса в реальной обстановке.

10.5. Правила расчёта резерва аккумулятора, погода время года

В автопилоте запрограммирован порог срабатывания для сценария Failsafe по напряжению питания в бортовой электросети, при условии достижения которой БПЛА выполнит команду RTL и полетит домой. Каждый раз просаживать батарею до такого напряжения не стоит, рекомендуется возвращаться с 10 – 15% запаса напряжения к порогу срабатывания.

Считается, что современные LiPo АКБ не чувствительны к температуре окружающего воздуха. Это не совсем так. При минусовых температурах электрохимические реакции в АКБ проходят медленнее, чем при плюсовых, тем самым влияя на силу отдачи тока. Эксперименты показывают, что потеря емкости при низких температурах все же имеет место. Считаем, что коэффициент потерь для морозов – до 20% в зависимости от температуры.

В любом случае необходимо понимать, что при температуре ниже 0° C емкость батареи меньше, а насколько меньше – необходимо уточнять опытным путем.

10.6. Разведывательный полёт (аэрофотосъемка)

99% вылетов в подразделения воздушной разведки происходит собственно с целью воздушной разведки. Правила и приемы проведения воздушной разведки следует знать досконально. Нужно знать район полетов, предварительно изучив его на карте, и примерно представлять, где искать противника и предполагать, какого именно противника следует искать.

Существует ошибочное мнение, что воздушная разведка ищет технику, позиции и живую силу. Это не совсем так. Воздушная разведка ищет следы и тени. А техника и позиции находятся сами, по следам и теням, которые они оставляют.

10.7. Правила поиска целей

Прямая аналогия воздушной разведки – рыбалка. Можно сколь угодно долго искать рыбу там, где ее нет и так и не найти. Можно случайно поймать что-то. А можно ловить рыбу целенаправленно, зная, как и где она живет, где питается и как передвигается.

По прямой аналогии строим свою картинку и для воздушной разведки. Противник живет на базах и опорных пунктах, питается от складов, а передвигается по дорогам. Соответственно, открыв топографическую карту, а лучше всего Google Earth, мы можем представить, где и что нужно искать.

Базы найти проще всего. Как правило, это территория какого промпредприятия со складскими помещениями и площадкой для стоянки техники или база отдыха, пионерский лагерь, санаторий, школа-интернат. На самом деле, не так уж много территорий, пригодных для размещения базовых лагерей и баз хранения.

Блокпосты ищем на дорогах, недалеко от населенных пунктов, на въезде и выезде, здесь все просто.

Опорные пункты часто располагаются на окраинах населенных пунктов или преимущественно на высотах, которые имеют стратегическое направление.

С окрестностями более или менее понятно, а опорные пункты в поле на высотах мы ищем по следам.

10.8. Следы

Как это ни странно, но следы – самый информативный источник информации. Сверху хорошо видно, что именно, как часто и как давно ездило по земле или ходило.

По ширине колеи хорошо виден тип техники, по цвету колеи видно, как часто и как давно техника использовалась. Сверху хорошо видны вытопанные грунтовые площадки, которые образуются на местах разгрузки боеприпасов и продовольствия.

Даже схемы и позиции охраны, размещение засекреченных мест можно хорошо различить по протоптанным тропам. Если вы видите террикон, а под терриконом довольно накатанная площадка со следами разворота техники – поздравляю, вы нашли пункт наблюдения.

Артиллерийские позиции выдают себя следами характерных разворотов, стартовые площадки РСЗО заметны благодаря заметной эрозии почвы, выжженной струями газов.

Кроме того, следы техники, направляющиеся прямо через поля по прямой, срезая угол по пшенице, нам могут рассказать о том, кто их оставил. Местные, как правило, своими полями не ездят. Если видите дорожку прямо перед вами, скорее всего, это следы регулярной армии противника.

11. ПРАВИЛА ПОЛЁТОВ НАД ЦЕЛЬЮ

Для того чтобы ваш БПЛА летал долго и без проблем, следует помнить несколько правил. Занимаясь съемкой дорог, никогда не летайте над дорогой. Пройдите одним проходом чуть левее, другим – чуть правее. Во-первых, вас таким образом сложнее обнаружить, во-вторых, у вас больше шансов произвести съемки артиллерийских позиций, которые довольно часто находятся неподалеку от дороги. Особенно часто их делают в плохую погоду.

Летая над позициями противника, не стоит летать вдоль позиций, всегда проходите позиции поперек. Для захвата в кадр всех позиций делайте несколько проходов. Снимая базовые лагеря не стоит кружиться над самим лагерем, пройдите стороной. Даже, если вас заметят, поразить цель с высокой угловой скоростью проблематично, а факт обнаружения себя противник может и не признать, ведь БПЛА прошел в стороне. Никогда не делайте разворотов над самой целью, даже пусть предсказуемой. Все проходы делайте по прямой, разворот выполняйте издалека.

При повороте БПЛА увеличивает обороты двигателя, меняется тональность работы двигателя, что привлекает внимание, плоскость или борт БПЛА может отбросить отблеск, это демаскирует. Также стоит понимать, что во время разворота камера БПЛА, если она размещена стационарно, а не на подвесе, видит не то, что вы думаете. БПЛА может быть в каком-то крене, во время съемки, что не позволит захватить площадь непосредственно под ним. Фотографируя землю с каким-то шагом, старайтесь получать изображение с накладкой, чтобы минимум 1 раз цель получилась четко.

В идеале нужно увидеть ту же цель с нескольких ракурсов. Но делая снимки слишком часто, вы загромождаете накопитель БПЛА не очень информативными кадрами. Это не очень критично само по себе, но очень затрудняет расшифровку полученной информации.

11.1. Выбор времени суток

Выбирая время полётов, экипаж ориентируется на несколько факторов. Первый фактор – это **погода**. Погода должна позволить БПЛА достичь необходимого района, отработать его и вернуться.

Следующий фактор, который влияет на информативность фотографии, – это **тень**. **Тень**, падающая от объекта, позволяет понять, что именно перед вами. Человеческое восприятие настроено на стереоизображение, которое пока для БПЛА недоступно. Тень придает изображению ощущение трехмерности, информацию, которая позволяет идентифицировать объекты в трехмерном пространстве. Наблюдая за длиной тени, можно делать выводы о реальных размерах необходимого объекта.

Зная длину тени уже известного объекта (например, идеальная подсказка – столб ЛЭП), можно посчитать высоту других объектов на фотографии. Понять, какая на самом деле глубина колеи, можно лишь увидев тень. Некоторые объекты удается идентифицировать благодаря тени в разное время суток.

Отсюда делаем вывод, что пытаться летать «дневному» воздушному разведчику нужно тогда, когда тени самые большие. Если, конечно, позволит погода.

11.2. Включение и выключение фотооборудования

Также не лишним будет понимание того, когда именно стоит включать фотоаппаратуру. Во избежание попадания фотографий наших позиций в руки противника (в случае аварии БПЛА за линией фронта), включение фотоаппарата во время вылета необходимо делать уже за линией соприкосновения.

Миновали дружеские позиции – фотоаппарат включили. На обратном пути фотоаппарат можно и не выключать, иногда информация о том, как выглядит своя позиция, бывает очень полезной для хозяев позиции. Увидев, как они выглядят сверху, хозяева позиции понимают, что именно необходимо прятать от воздушной разведки противника.

11.3. Очистка бортового накопителя

Для исключения случаев попадания вашей развединформации в руки противника необходимо взять себе за правило всегда удалять фото и видеоматериалы с бортового накопителя после того, как перенесли их на наземную станцию.

В идеале, конечно, не просто удалять, а удалять без возможности восстановления, но для этого нужно время или несколько сменных карт памяти. Также не лишним будет очистить лог автопилота, поскольку в него записывается информация о каждом полете этого борта, точки взлета и посадки, маршруты и тому подобное. При попадании в руки противника такой информации возможны неприятности. Как это делать и можно ли – необходимо уточнять у производителя БПЛА.

12. РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫЙ ВЫЛЕТ В ТЁМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

БПЛА с установленным тепловизором является очень эффективным ночным воздушным разведчиком. Но для эффективной работы экипажа нужна адаптация к ночным полетам. Дневной экипаж без опыта, скорее всего, улететь просто не сможет, также будут сложности с приземлением. Для приземления самолета нужны АНО – навигационные огни на борту, а коптеру понадобится ночная курсовая камера. Далеко не все экипажи могут посадить самолет, ориентируясь по АНО.

12.1. Правила поиска целей

Время максимально эффективной работы для БПЛА с тепловизором ограничено гораздо сильнее, чем у БПЛА с фотоаппаратом. Все дело в том, что после захода солнца земная поверхность и предметы на ней остывают неравномерно, но достаточно быстро. «Броня» в тепловизоре светится после захода солнца ярче, чем земля, а после остывания становится темнее, чем окружающий рельеф.

Полное остывание проходит в промежутке около 2-х часов максимум (время сильно зависит от температуры и погодных условий). Следы от людей и техники в тепловизоре тоже видны, но не все время, а несколько минут.

12.2. Правила полетов над целью

Во время ночных полетов основным демаскирующим фактором является звук. В ночное время, когда часто ветра просто нет, звук распространяется намного лучше. Поэтому над целью стоит **летать по прямой**, без маневрирования и набора высоты. Все правила поведения полета над целью днем подходят и для ночных полетов.

12.3. Выманивание и психическое воздействие на ДРГ и засады

БПЛА, в том числе коптерного типа, в идеале с тепловизором прекрасно справляются с поиском ДРГ и групп, проводящих разведку боем. Экипаж такого дрона располагается на опорном пункте, подходы к которому необходимо пересматривать, и с помощью тепловизора обнаруживает противника. В случае применения противником средств тепловой маскировки практикуется способ выманивания.

Суть метода заключается в том, чтобы на большой скорости, на удалении предельной дистанции поражения стрелковым оружием от предполагаемого места расположения ДРГ делается несколько проходов. Группа, даже если не демаскирует себя, поймет, что она обнаружена и уйдет. В случае обнаружения группы возможна корректировка огня АГС или миномета, которые есть на опорном пункте.

12.4. Безопасность

Во время работы непосредственно с опорного пункта необходимо принимать дополнительные меры безопасности. Стоять во весь рост на позициях – не лучший выбор пилота.

Настоятельно рекомендуется использование радиорепитера и работа по укрытию. Также следует помнить о радиобезопасности и возможном противодействии противника в радиоэфире.

13. ВЫЛЕТ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОГНЯ

За исключением варианта использования коптера против ДРГ, вылет на корректировку артиллерийского огня выполняется по уже разведанной и подтвержденной цели. Это дает возможность рассчитать время пребывания над целью и правильно спланировать полет.

13.1. Радиобезопасность

При выполнении вылета на корректировку рекомендуется соблюдать дополнительные меры радиобезопасности. Есть смысл лететь к цели, не используя видеоканал, включать его непосредственно над целью, в начале корректировки. Это обеспечит дополнительную скрытность.

13.2. Пределы видимости цели для первого залпа и последующих

При пристрелке артиллерии по цели необходимо видеть ситуацию вокруг цели, чтобы уверенно видеть, куда лег разрыв; для начальных выстрелов в квадрате хотя бы 800x800 метров, для последующего огня 400x400 вполне достаточно.

13.3. Уточнение подлетного времени и координация с артиллерией

Перед началом стрельбы в артиллерии необходимо узнать подлетное время снаряда после выстрела, чтобы правильно рассчитать свои меры для оптимального удержания объекта в пределах видимости, а также для того, чтобы отличать свои разрывы вокруг цели от чужих. Необходимо предварительно обсудить с артиллерией вопросы организации и правила стрельбы.

13.4. Правила пристрелки по цели

Перед стрельбой необходимо обсудить с артиллерией, что стрельба будет вестись только по команде. Никаких самостоятельных выстрелов, иначе корректировка будет невозможна. Перед вылетом необходимо подать координаты цели на артиллерию и услышать их доклад о том, что они навели и готовы стрелять.

После этого БПЛА поднимается в воздух и вылетает в район цели. Когда экипаж убедится в наличии цели на месте и выстроит свой заход на цель, подобрав скорость и высоту таким образом, чтобы видеть цель максимально долго – на артиллерию подается команда «одним снарядом огонь». Определяется отклонение разрыва от цели и подается на артиллерию.

После того, как артиллерия скорректировала свои установки и доложила о готовности, делается следующий выстрел, но только по команде воздушной разведки, которая должна предварительно выстроить следующий заход на цель, чтобы обеспечить оптимальное наблюдение за разрывом.

13.5. Определение отклонения снаряда, корректировка

При заходе на цель необходимо сориентироваться на стороны света, чтобы понимать направление отклонения. Сориентировавшись, необходимо привязаться к характерным признакам-ориентирам. Стрелять в чистом поле, без ориентиров, кружа над целью бессмысленно. Самолет на цель заходит с разных сторон или крутится, если позволяет высота, а без привязки к конкретным ориентирам очень сложно привязаться к сторонам света в таком режиме.

Например, цель – позиции артиллерийской батареи, разведанные ранее. Есть подтверждение с передовой, что батарея оттуда открыла огонь. Подаем координаты на артиллерию и делаем запрос о времени подлета. Артиллерия отвечает «подлетное время 40 секунд» и сообщает о готовности к стрельбе. Вылетаем. Над целью включаем видео, подтверждаем пребывание батареи противника. Делаем заход на цель таким образом, чтобы видеть квадрат 800x800 м вокруг цели через 40 секунд после команды «огонь». Отмечаем ориентир «опора ЛЭП» к югу от цели. В расчетное время даем команду «огонь» на артиллерию.

Замечаем разрыв. Соотносим разрыв с ориентиром и положением цели, например, снаряд отклонился на 200 метров до ЛЭП. Даём на артиллерию корректировку «север 200 наводи». Ждем от артиллерии «готов». Строим заход, чтобы видеть цель в квадрате 400x400 через 40 секунд после команды. По готовности даем команду «огонь».

13.6. Правила поведения ЛА над целью, построение мероприятий, скорость, высота

Если позволяет погода, корректировки огня можно вести с высот более 600 метров, особо не опасаясь зенитного огня противника и просто кружа над целью. Если погодные условия или тип аппарата не позволяет работать с таких высот, необходимо предпринимать меры методом «Ромашка», когда каждый последующий заход БПЛА на цель выполняется с ракурса, отличного от предыдущего.



Рис.33. «Ромашка».

Скорость на заходе выбирают минимально устойчивую и безопасную, ракурс первых заодов – против ветра или с небольшим боковым градиентом. Отработав, идут следующий заход, прибавив скорости, для уменьшения риска попасть под обстрел.

13.7. Подтверждение успеха корректировки, возвращение домой

После того, как разрыв лег примерно в 50 метрах от цели, дают команду «залп», если будет стрелять батарея, или серию в несколько выстрелов, если стреляет один ствол.

Корректировать огонь, переводя менее чем на 50 метров, невозможно по техническим ограничениям артиллерийских прицельных приложений. В случае попадания в цель факт фотографируется, на артиллерию дается команда «цель поражена», «прекратить огонь», аппарат возвращается на землю.

14. ВЫЛЕТ НА СОПРОВОЖДЕНИЕ КОЛОНН

Использование БПЛА для сопровождения колонн является одним из контр-диверсионных инструментов и мероприятий, которое наряду в конечном итоге применяется для повышения безопасности. Тема пока не очень популярна, но прецеденты использования уже есть. Здесь не будем описывать особенности применения коптера в составе головного дозора колонны, где все просто, лети и смотри за поворот. Здесь опишем особенности и правила применения БПЛА самолетного типа, что применяется для проведения колонны с удаленной позиции.

14.1. Выбор стартовой площадки

Правила поиска стартовой площадки, описанные ранее, вполне могут быть применены и для задач сопровождения с единственной разницей – в данном случае удаленность от линии соприкосновения не имеет решающего значения, решающее значение имеет максимальная доступность до всех участков дороги на всем отрезке пути, по которому движется колонна.

14.2. Определение мест потенциального обустройства засад

Изучая район предстоящих полетов по карте важно отметить пригодные для засады участки дороги. Как правило, это участки со сложным рельефом, лесные массивы, резкие повороты, мосты, возле которых есть удобная дорога для отхода диверсионной группы. Особое внимание необходимо уделять второй половине маршрута, участку дороги, что ближе к конечному пункту назначения.

14.3. Правила поиска и обнаружения засад

Засаду ищем по следам, которые оставили транспортные средства, по изменению характера придорожного рельефа, то есть исследуем не только дорогу, а прежде всего исследуем возможные пути эвакуации диверсионной группы из вероятных для обустройства засады позиций. Вылетов на поиски засад необходимо делать несколько. Заблаговременно облететь маршрут, расшифровать полученные данные, затем сверить их с теми, что будут получены из вылета, проведенного непосредственно перед выдвижением колонны.

14.4. Правила взаимодействия с колонной

Необходимо обсудить способы и порядок связи с колонной на протяжении всего маршрута. Связь необходима как со старшим колонны, так и с дозорной группой, группой охраны и предоставленными подразделениями. Желательно установить связь с артиллерийской группой, которая будет готова помочь в случае необходимости, обсудить с ней порядок стрельбы и подачи команд (см. п. 3.8).

14.5. Правила взаимодействия с подразделениями в начале и конце маршрута

Перед началом продвижения необходимо установить связь с головным дозором колонны, дать добро на прохождение. В дальнейшем, в зависимости от движения колонны, необходимо двигаться перед головным дозором. После прохождения половины пути осмотр следует начинать от конечного пункта маршрута.

При достижении главным дозором конечного пункта внимание экипажа БПЛА переносится в хвост колонны для выявления единиц техники, что отстали и сломались. Сопровождение колонны это несколько часов работы, следовательно, несколько полетов. Поэтому экипажу очень важно правильно рассчитать время и дистанцию для каждого и внимательно наблюдать за расходом и остатком заряда в полете. Каждый раз, идя на замену батарей, необходимо оповещать старшего колонны, или головной дозор каким-нибудь условным сигналом и уведомлять их по возвращении.

14.6. РЭБ – отступление и прорыв

Каждый экипаж БПЛА рано или поздно столкнется с РЭБ противодействием противника. Активных средств борьбы с РЭБ сейчас у нас нет.

Поиск и уничтожение средств РЭБ с помощью артиллерии – одна из приоритетных задач экипажа любого БПЛА.

Поэтому при расшифровке снимков и видеoinформации особое внимание необходимо уделять автотехнике с КУНГами, вертикальным теням, которые могут оказаться тенями от антенн, отдельно технике, особенно грузовикам с КУНГами, что стоят парами.

Один из них обычно машина РЭБ, второй – электростанция.

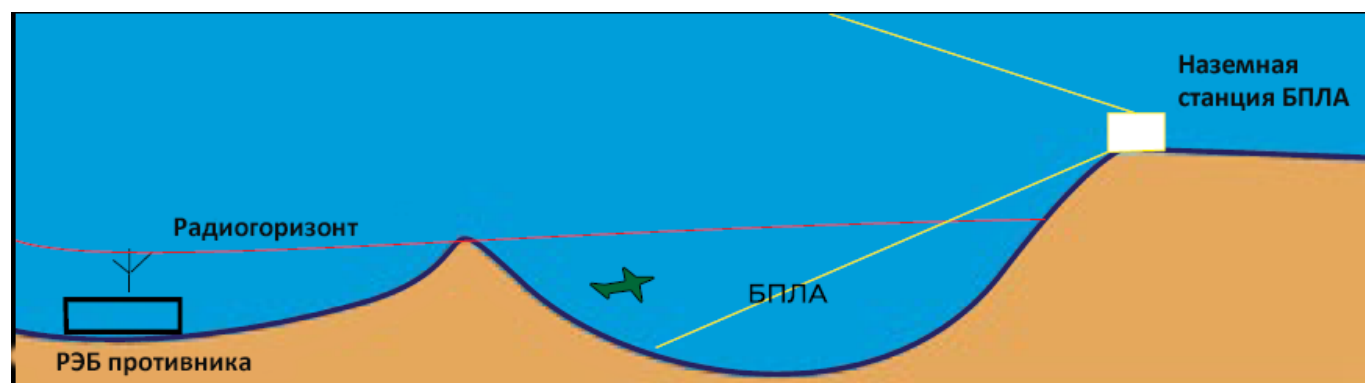


Рис.34. Борьба с РЭБ.

Для борьбы с РЭБ экипаж БПЛА может применять лишь различные методы маневрирования. Очень важно для этого правильно выбрать площадку, на которой установлена наземная станция управления.

Для борьбы с РЭБ экипаж БПЛА может применять лишь различные методы маневрирования. Очень важна для этого правильно выбранная площадка, на которой установлена наземная станция управления. Используя естественные укрытия и рельеф, можно отвести БПЛА за радиогоризонт системы РЭБ противника. Поэтому любое превышение площадки установки станции управления дает больший радиогоризонт, то есть чуть большие возможности отхода БПЛА вниз при попытке спрятаться от РЭБ за рельеф.

При попадании в помехи РЭБ необходимо принять решение либо о возвращении, либо о прорыве. Возвращать БПЛА нужно с прямой, не доводя ситуацию до летания кругами, поскольку каждый круг при заглушенном GPS дает 20 градусов ошибки к курсу. После того как аппарат начал кружиться с заглушенным GPS, доверять можно только магнитному компасу, который рано или поздно даст ошибку из-за существенной разницы с показаниями GPS.

Указание БПЛА «Лететь сюда» в таком режиме необходимо давать, предварительно увеличив масштаб карты, чтобы уменьшить ошибку GPS. То есть если для возвращения домой необходимо лететь на запад, мы уменьшаем карту и командуем БПЛА лететь куда-то в Западную Германию, впоследствии смещая точку южнее или севернее, чтобы повернуть вправо или влево. И начинаем прижиматься к рельефу, то есть уменьшать высоту, не забывая при этом об особенностях рельефа.

Вражеские средства РЭБ очень редко стоят на возвышенностях, поэтому радиогоризонт у них низкий. Прорываться через РЭБ помехи также можно подобным образом, главное быть уверенным, что полоса помех достаточно узкая. Большая скорость, меньшая высота, точка, к которой необходимо лететь ставится на удаление нескольких тысяч км. Крайне не рекомендуется неопытным экипажам устраивать подобные «сражения» с РЭБ противника.

Потеряв связь с бортом не следует отчаиваться. Старайтесь передать команду снова и снова, рано или поздно она пройдет. Возможно не с первого раза, а с десятого. Старайтесь повернуть антенну в сторону предполагаемого местонахождения БПЛА, старайтесь определить место источника сигнала точнее. Возможно, за антенной стоит попробовать добавить какой-то экран-отражатель, для улучшения сигнала (мы пытались даже использовать для этого пластину бронежилета, одетого на штурмана). В любом случае, за борт в воздухе стоит бороться до конца.

14.7. Тактические приемы (общие: взлёт, посадка, набор высоты, поведение над целью)

Для успешной работы на небольшом расстоянии от линии соприкосновения с противником, следует знать некоторые правила, которые помогут избежать обнаружения. Для небольших коптеров, которые имеют небольшой радиус действия, стоит выполнять набор высоты на фоне каких-то высоких строений, линий ЛЭП, терриконов. Экипажу желательно поднять коптер на небольшую высоту, отогнать в сторону, а затем выходить на рабочую высоту.

В обратном порядке выполняется приземление. Крайне не желательно взлетать и садиться рядом с любыми военнослужащими, не важно, противник это или свои. Дружественные подразделения сбивают БПЛА эффективнее противника, поскольку над противником обстрел ожидаешь и маневрируешь. Если дружественный огонь начался, не пытайтесь сесть или лететь к себе, это просто опасно. Старайтесь подняться вверх и известить стреляющих.

Особенностью коптеров является низкая скорость снижения. Рекомендуется выполнять снижение по мере возвращения к месту приземления, убедившись, конечно, что это безопасно. Также не стоит забывать отключать навигационные огни.

При планировании миссий для самолетных БПЛА старайтесь избегать резких поворотов. Плавные повороты сэкономят батарею и не так демаскируют БПЛА, как резкие изменения курса. Старайтесь не делать длинных перелетов между точками маршрута, на некоторых прошивках автопилота отсутствует компенсация сноса по ветру, поэтому во время движения БПЛА может сдувать, и до точки (поворотника) борт подойдет не так, как запланировано в маршрутной программе, а против ветра. Именно эта компенсация не работает во время выполнения команды «лететь сюда», поданной во время выполнения маршрута. Нужно это учитывать.

15. РАСШИФРОВКА ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Привезти разведданные – половина дела. Правильно расшифровать и обработать их – не менее важная часть работы, чем сам сбор.

Рис.35.1. Пример разведданных.



Так выглядит техника, которую не видно на первый взгляд. Она выдает себя по следам. Экипаж БПЛА проявил настойчивость, контролируя эту поляну при малейшей возможности, и «подловил» БМП противника.

Рис.35.2. Пример разведданных.



Рис.35.3. Пример разведданных.



А это такая же, но уже правильно подмеченная техника.

Что можно сказать, глядя на эти фотографии? На первой фотографии техника выдает себя по следам, на второй фотографии техника выдает себя выхлопом, а на третьей ей уже не нужно выдавать себя. Что именно за техника была на третьей фотографии можно определить по размеру, взяв за образец размера тень от столба, которую там четко видно. Задача воздушного разведчика – ускорить переход состояния техники с первой и второй фотографии к третьей.

15.1. Следы, свежесть, глубина

Лучшая подсказка воздушному разведчику – след. След говорит о том, что предмет в кадре, похожий на технику, перемещался.



Рис.36.1. Пример следа от техники.



Рис.36.2. По следу можно определить местонахождение полевых составов.

Характерная вытоптанная площадка выдает место частой загрузки/разгрузки и разворота транспорта.



Рис.36.3. Наблюдательный пункт выдали свежие следы заезда на заброшенный террикон.



Рис.36.4. Артиллерийские позиции выдают следы характерного разворота техники.

По цвету и глубине следа можно сделать вывод о давности.



Рис.36.5. Старые горизонтальные следы и свежий круг разворота.



Рис.36.6. По интенсивности и количеству следов можно определить частоту использования данных позиций.

И даже тропинки, по которым ходят пешком, а не ездят на технике, хорошо видны сверху и позволяют сделать вывод о местах нахождения позиций охраны и секретных объектов.

Рис.37. Пример следа пешеходных троп.



15.2. Роль тени, определение размеров по тени



Рис.37.1. Тень придает фотографии информативности.



Рис.37.2. Позволяет оценить размеры предмета.

Здесь, зная высоту столба, равную 6 м, можно сказать, что столб, который дает тень, на блокпосту есть. А размер машины можно определить, сравнив ее с бетонными плитами перекрытия длиной 6 м, которыми накрыт блиндаж. Той же пропорцией можно подсчитать размеры и других предметов на фото.

15.3. Пропорции

Не зная точных размеров не идентифицированной техники, их можно оценить приблизительно, сравнивая с размерами идентифицированной техники. Три машины с белыми кругами сверху (рис. 38) казалось бы похожи на БРДМ. Однако зная размеры автомобилей «Урал» и «КАМАЗ», можно с уверенностью сказать, что это точно не БРДМ, а БТР-97 «Выстрел».

Рис.38. Пример разведанных



15.4. Фильтрация в ч/б

Как один из способов, помогающих в расшифровке фотоматериалов, можно применять смену фотографии в черно-белый режим. Это убирает цветовой шум, позволяя различать линии техники четче, а камуфляж нанесенный на ткань, сильно осветляет, делая его заметным на фоне естественных цветов.

Рис.39. Пример разведанных в ч/б.



15.5. Расшифровка видеоматериалов

Для расшифровки видеоматериалов используются те же методы, что и для фото. Для просмотра видео крайне желательно применять видеопроигрыватель, который позволяет просматривать покадрово отснятый видеоматериал.

16. КОМПОНЕНТЫ БПЛА

16.1. Автопилот, виды, разница

Автопилотов для БПЛА придумано множество, обо всех говорить нет смысла. Остановимся на основных, которые чаще всего используются.

Коптеры в основном строятся с использованием автопилота от компании DJI, который называется **NAZA**. Практически идеальное решение для коптера. Закрытый исходный код, минимум настроек, решение в коробке – «купил и полетел».



Рис.40. Автопилот DJI NAZA

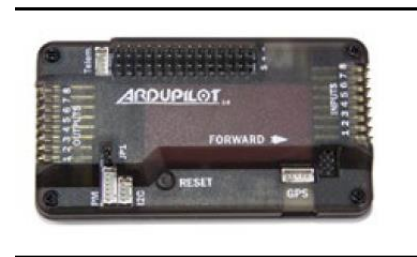


Рис.41. Автопилот ARDUPILOT

Следующая рассматриваемая универсальная платформа с открытым исходным кодом, используемая как для коптеров, так и самолетов ARDUPILOT.

Построен на чипе ATmega, недорогой, имеет множество настроек, значение которых не всегда понимают даже разработчики. Экипажу БПЛА в настройки этого автопилота точно лезть не стоит.

Усовершенствованный ARDUPILOT, построенный на более мощном процессоре, с лучшей логикой, что естественно сказалось на цене, называется Pixhawk, или PX4. Настраивается не менее сложно, чем предшественник.



Рис.42. Автопилот PIXHAWK / PX4



Рис.43. Автопилот CYCLOPS

И последний из анализируемых – Cyclops. Особенность этого автопилота – программирование с экрана, без компьютера.

Наиболее популярные автопилоты – ARDUPILOT и PX4.

16.2. Регуляторы оборотов

Электронный регулятор хода или регулятор оборотов (англ. ESC, Electronic Speed Controller) устройство для управления оборотами электродвигателя, применяемое на радиоуправляемых моделях с электрической силовой установкой.

Различаются в зависимости от максимального рабочего тока, напряжения батареи, возможности работы от аккумуляторов разного типа и управления различными видами двигателей.



Рис.44. Электронный регулятор хода.

16.3. Оборудование телеметрии

Модемы телеметрии отличаются рабочими частотами, мощностью и возможностью работать в защищенном режиме.



Рис.45. Модем телеметрии.

16.4. Навигационное оборудование, поколение ДПС, инерционные системы

Из навигационного оборудования БПЛА используются несколько моделей GPS – приемников разных поколений и возможность работы сразу с несколькими спутниковыми навигационными системами.

Также для БПЛА используются системы инерционной навигации, системы видео ориентирования, системы навигации по радиомаяку и тому подобное.



Рис.46. Навигационное оборудование БПЛА.

16.5. Приёмник сигналов пульта управления

Рис.47. Приёмник сигналов пульта управления.

Различаются по рабочей частоте, количеству каналов, производителю.



16.6. Преобразователь/стабилизатор в цепи питания

Рис.48. Преобразователь / стабилизатор в цепи питания.



В БПЛА применяют аккумуляторные батареи разного напряжения и разной емкости. Напряжение на батарее изменяется в зависимости от нагрузки на батарею и остатка заряда. Сложная электроника (автопилот, модуль телеметрии, GPS) не имеет встроенного стабилизатора или преобразователя питания.

Чтобы подпитать электронику от тяговой батареи и не использовать дополнительную АКБ, предназначенную только для питания электроники, применяют преобразователь/стабилизатор или ВЕС (UBEC). Различаются они по мощности, напряжению на выходе и принципу работы.

16.7. Компас, калибровка

В составе комплекса автопилота GPS-приемника задействован компас. В некоторых автопилотах он встроен, в некоторых вынесен к модулю GPS. Картинки приводить не будем, на вид обычная микросхема. Единственное, что необходимо знать о компасе, – он там есть (должен быть), и ему нужна калибровка. Калибровка компаса выполняется на разных типах автопилотов по разной процедуре.

16.8. Сервоприводы

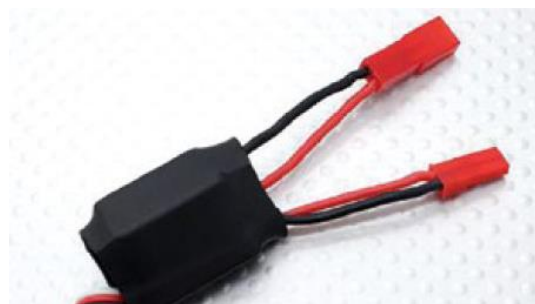
Рис.49. Сервопривод



Для управления элеронами, рулем высоты, рулем направления, в общем всеми подвижными элементами в БПЛА применяются сервоприводы. Различаются по нагрузке, быстродействию, материалу шестерен (пластик или металл), исполнению. Своим электромагнитным полем сервоприводы мешают работе любого радиооборудования БПЛА, и это вносит коррективы в размещение компонентов.

16.9. Реле

Рис.50. Реле



Переключатели (реле) нужны для электроуправления оборудованием. Например, для включения и выключения видеопередатчика в полете или для выбора одной из нескольких камер.

16.10. Аккумуляторы

Рис.51. Устройство аккумулятора



17. КОМПОНЕНТЫ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ

Комплект оборудования наземной станции обычно состоит из компьютера или планшета, антенного блока и пульта управления. Типовые конфигурации расписывать нет смысла, все зависит от производителя. Расскажем лишь о ролях составных частей и правилах поведения.

17.1. Компьютер

Компьютер необходим для планирования полетного задания, управления БПЛА во время занесения, расшифровки привезенного фото/видеоматериала, обслуживания бортовой фото-/видеоаппаратуры и хранения архива материалов. В зависимости от применяемого автопилота роль компьютера может меняться (в случае полностью автономной работы БПЛА).

Применяемый софт

Линейка применяемого программного обеспечения может отличаться в зависимости от типа и модели БПЛА. Как правило, используется Windows для обеспечения работоспособности системы, полетный софт Mission Planner для управления летательным аппаратом и какая-то программа для просмотра и редактирования коллекции фото и видеоизображений, например ACD See.

Операционная система

Об операционной системе напишем отдельно. На самом деле, не важно, что именно установлено на наземной станции, Windows или Ubuntu Linux, функционал БПЛА не меняется. Операционная система лишь обеспечивает работоспособность комплекса. Какую именно систему использовать, выбирает, как правило, разработчик БПЛА. При использовании в комплексе стандартного Mission Planner возможна самостоятельная переустановка ПО экипажем.

Антивирус

Настоятельно рекомендуется установить антивирусную программу для наземных станций на базе Windows из-за широкого распространения вирусов и вредоносных программ, работающих под этой ОС. Невозможно исключить возможность общения с чужими носителями данных во время передачи фото и видеоматериала, поэтому есть опасность вирусной атаки.

17.2. Антенное поле

Антенны необходимы для обеспечения связи наземной станции с БПЛА. Бывают разных типов, подробнее в п.2. Для гражданских и полицейских комплексов допустимо применение антенн с трекерами.

Принцип действия антенного трекера основан на том, что БПЛА передает блоку управления антеннами свои координаты, а блок управления вычисляет направление на передаваемые координаты и разворачивает туда наземное антенное поле автоматически, сопровождая БПЛА на протяжении всего полета. В случае возможного РЭБ противодействия этот комплекс применять нельзя.

17.3. Пульт управления

Пульт управления применяется для ручного управления БПЛА, как правило, для контроля взлета и при посадке. Возможны варианты с установкой систем ручного управления на больших дистанциях, тогда ручное управление становится доступным на любом отрезке пути БПЛА.

17.4. Устройства автономного питания

Необходимы для обеспечения питания наземной станции длительное время и подзарядки ходовых батарей БПЛА в полевых условиях. В качестве таких устройств применяют инверторы, работающие от автомобильного аккумулятора или мобильные электрогенераторы.

18. ПО «MISSION PLANNER»

Для управления БПЛА существует несколько программ. Практически каждый уважающий себя производитель выпускает свой софт для управления. Но безусловный законодатель в этой области – сообщество DiyDrones, выпускающее ПО «Mission Planner». Это приложение, которое свободно распространяется и постоянно совершенствуется, исходный код выложен в интернете для свободного скачивания.

Mission Planner умеет работать со всеми протоколами, которые используются в беспилотных комплексах и более-менее унифицирована под решение практически любой задачи. Поэтому экипаж, который понимает, как это работает и умеет составлять полетные задания с помощью этого ПО, может легко использовать любой другой специализированный софт для планирования миссий от разработчиков БПЛА.

Все имеющиеся команды объяснять не будем, их там гораздо больше, чем это нужно обычному экипажу БПЛА. Поясним порядок построения полетного задания и правила пользования основными командами, с которыми точно придется работать. Для большинства БПЛА, возможно, даже это будет несколько чрезмерно.

18.1. Точки с координатами

WAYPOINT (путевая точка – условно команда «лети сюда») – точка на карте с координатами и определенной высотой. Наличие строки WAYPOINT в полетной программе указывает, куда нужно лететь БПЛА. Этой точке можно задавать радиус, при заходе в который БПЛА сочтет эту команду выполненной и переходит к строке полетного задания, что наступает поочередно.

LOITER (лети сюда и крутись) – такая же точка на карте, как и WAYPOINT, но после достижения указанного радиуса БПЛА выполняет полет по кругу.

LOITER_TURNS – указанное в параметрах количество кругов.

LOITER_TIME – будет крутиться указанное время.

LOITER_UNLIM – будет крутиться бесконечно (пока не получит другую команду вручную или не появится условие для аварийного возврата).

18.2. Команды для выполнения

DO_SET_CAM_TRIGG_DIST – указывает дистанцию шага фотографирования и одновременно отдает команду на начало фотографирования.

Например:

DO_SET_CAM_TRIGG_DIST 400м – сделает снимок сейчас и будет делать снимки через каждые 400 м.

DO_SET_SERVO – команда, которая отправляет автопилот в указанном канале управления осуществить какое-то действие.

Например:

DO_SET_SERVO 10 2000 – отдает в 10 канал управления высокое значение. В логике БПЛА это примерно то же самое, что включить 10-й выключатель.

Соответственно, DO_SET_SERVO 10 1000 – 10-и выключатель выключить. Высокое значение в данном параметре 2000 (включить), низкое 1000 (выключить). Причем не обязательно писать туда именно 2000 и 1000. Все, что выше 1500 – высокое значение, а все что ниже – низкое. Принято в программе писать так, чтобы потом было проще проводить анализ логов. Каналов управления, к которым отдаются значения, может быть несколько.

Таким методом программа беспилотника управляет дополнительным оборудованием, например передатчиком видеокамеры, переключателем между несколькими камерами или вооружением.

18.3. Обязательные команды

TAKEOFF – команда начала программы. В качестве параметров туда задается угол тангажа и высота, по достижении которой команда считается выполненной. Угол тангажа уточняется у производителей БПЛА, высота зависит от условий миссии.

RTL – вернуться к точке взлета. Конец миссии. БПЛА придет к точке взлета на высоте, которая установлена в автопилоте (обычно ставят 150 м) и будет кружить в ожидании команды на ручное управление с пульта.

18.4. Очередность выполнения

1. Всегда первой строкой идет команда TAKEOFF.
2. Далее должна поступить команда с координатами WAYPOINT или LOITER, которая укажет, куда именно необходимо лететь БПЛА.
3. Только потом можно задавать команду DO_SET, которая выполнится, когда беспилотник придет в какую-то точку с указанными координатами. К тому же команда DO_SET может быть лишь одна для предыдущей команды с координатами. То есть чтобы выполнить еще какой-то DO_SET, необходимо задать новую точку WAYPOINT или LOITER.
4. RTL – последняя строка.

18.5. Влияние вручную поданных команд на загруженный маршрут

В процессе полета можно приостанавливать выполнение загруженного задания и лететь к точке, указанной на карте вручную. Можно свободно управлять каналами (например, включать/выключать передатчик), не вмешиваясь в процесс полета БПЛА.