

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА  
ЗАСТОСУВАННЯ  
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ  
АПАРАТІВ (ДРОНІВ)**

UA

DYNAMICS

WARFARE TECHNOLOGIES



**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА  
ЗАСТОСУВАННЯ  
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ  
АПАРАТІВ (ДРОНІВ)**

[uadynamics.com](http://uadynamics.com)

**I ЧАСТИНА**

1. Знайомство, мотиваційна частина, загальна розвідка.....	5
1.1 Знайомство.....	6
1.2 Мотивація.....	6
1.3 Інтелектуальна розвідка.....	8
1.3.1 Методи збору інформації.....	9
1.3.2 Місцеве населення.....	9
1.3.3 Робота із соцмережами.....	10
1.3.4 Робота зі збору інформації та налагодження контактів із «сусідами» по лінії фронту.....	10
1.4 Аеророзвідка.....	11
1.5 Артрозвідка.....	11
1.6 Радіорозвідка, теорія, триангуляція.....	11
1.7 Таблиці, систематизація та обробка даних.....	13
1.8 Реалізація розвіданих. Артилерія, правила подачі цілей.....	13
2. Типи БПЛА.....	15
2.1 Багатороторні системи, характерні прийоми роботи, висоти, швидкості.....	15
2.2 Літакові системи.....	16
3. Боротьба з безпілотниками, попередження, висота.....	18
4. Аеродинаміка.....	20
4.1 Підйомна сила, крило, профіль крила.....	20
4.2 Подовження.....	23
4.3 Аеродинамічна якість.....	24
4.4 Центрування.....	25
4.5 Стійкість літака.....	26
4.6 Аеродинамічні рулі літака.....	28
4.7 Тягоозброєність.....	29
4.8 Повітряний гвинт.....	29
4.9 Схеми компонування ЛА, переваги, недоліки кожної схеми.....	31
4.10 Характерні особливості схем ЛА.....	33
5. Підсумки.....	34

**II ЧАСТИНА**

1. Радіо.....	36
1.1 Приймальні та передавальні пристрої на борту БПЛА.....	36
1.2 Поляризація.....	40
1.3 Використовувані частоти телеметрії, відео, GPS.....	41
1.4 Перешкоди, аномалії.....	41
1.5 Вологість.....	42
1.6 Ліс, правила зв'язку у лісі.....	42
1.7 Відбитий сигнал, використання водних перешкод, бетону, металу посилення сигналу.....	43
1.8 Антени.....	43
1.9 Різниця в дальності зв'язку на всеспрямованих та спрямованих антенах.....	46

1.10 Залежність дальності від потужності, частоти та антени.....	47
1.11 Радіогоризонт.....	48
1.12 Вибір майданчика.....	48
2. Принципи роботи РЕБ.....	49
2.1 Глушіння сигналу.....	49
2.2 GPS-спуфінг.....	50
2.3 Підміна каналу керування/телеметрії.....	50
3. Радіобезпека.....	51
3.1 Обманки.....	51
3.2 Обмеження у використанні радіообладнання.....	51
3.3 Обмеження щодо використання майданчиків.....	52
4. Метео- та аерологія.....	53
4.1 Погода, повітряні маси.....	53
4.2 Формування вітру.....	53
4.3 Формування місцевого вітру, терміки.....	54
4.4 Хмари, точка роси, температурний градієнт.....	54
4.5 Розрахунок нижнього краю хмари.....	55
4.6 Розрахунок ймовірності зледеніння.....	56
4.7 Визначення тенденції до затихання або посилення вітру.....	56
4.8 Ознаки зміни погоди.....	57
4.9 Атмосферні фронти.....	57
4.10 Аерологія рельєфу, освіта роторів.....	58

**III ЧАСТИНА**

1. Підготовка до польотів.....	60
1.1 Розклад дня.....	60
1.2 Ролі в екіпажі.....	62
1.3 Відповідальність та розподіл зон.....	63
1.4 Харчування та сон.....	63
1.5 Одяг і взуття.....	64
1.6 Вода.....	65
1.7 Харчування під час виходів у поле.....	65
1.8 Передпольотна підготовка.....	66
1.9 Післяпольотний огляд.....	66
1.10 Правила зарядки, використання акумуляторів.....	67
1.11 Зарядка NiCd (нікель-кадмієвих) та NiMh (нікель-металгідридних) акумуляторів.....	69
1.12 LiPo (літій-полімерні) акумулятори.....	72
1.13 Практичні поради щодо основних типів батарей: NiMh, NiCd.....	75
1.14 Практичні поради щодо LiPo.....	76
1.15 Обслуговування наземної станції, робота з операційною системою, інтернет, антивірус.....	76
1.16 Вихідні.....	77
1.17 Зберігання техніки.....	78
1.18 Транспортування та обладнання для транспортування.....	78
2. Тактика польотів.....	79
2.1 Вибір стартових майданчиків.....	79



2.2 Цілі та завдання, постановка польотного завдання .....	80	2. Розшифровка відеоматеріалів .....	108
2.3 Початок і кінець польотів, розбір польотів, журнал .....	80	2.1 Покадровий режим .....	108
2.4 Визначення технічних можливостей та обмежень .....	82	<b>V ЧАСТИНА</b>	
2.5 Правила розрахунку резерву акумулятора, погода, пора року .....	82	1. Компоненти БПЛА .....	110
2.6 Розвідувальний виліт (Аерофотозйомка) .....	83	1.1 Автопілот, види, різниця .....	110
2.7 Правила пошуку цілей .....	83	1.2 Регулятори обертів .....	112
2.8 Сліди .....	84	1.3 Устаткування телеметрії .....	113
3. Правила польотів над ціллю .....	85	1.4 Навігаційне обладнання, покоління ДПС, інерційні системи .....	113
3.1 Вибір часу доби .....	85	1.5 Приймач сигналів пульта керування .....	114
3.2 Увімкнення та вимкнення фотообладнання .....	86	1.6 Перетворювач/стабілізатор в ланцюзі живлення .....	115
3.3 Очищення бортового накопичувача .....	86	1.7 Компас, калібрування .....	116
4. Розвідувальний виліт у темний час доби .....	88	1.8 Сервоприводи .....	116
4.1 Правила пошуку цілей .....	88	1.9 Реле .....	117
4.2 Правила польотів над ціллю .....	88	1.10 Акумулятори .....	117
4.3 Виманювання та психічний вплив на ДРГ та засідки .....	89	2. Компоненти наземної станції .....	118
4.4 Безпека .....	89	2.1 Комп'ютер .....	118
5. Виліт на коригування артилерійського вогню .....	90	2.1.1 Застосовуваний софт .....	118
5.1 Радіобезпека .....	90	2.1.2 Операційна система .....	118
5.2 Межі видимості цілі для першого залпу та наступних серій .....	90	2.1.3 Антивірус .....	119
5.3 Уточнення підлітного часу та координат з артилерією .....	90	2.2 Антенне поле .....	119
5.4 Правила пристрілювання по цілі .....	91	2.3 Пульт керування .....	119
5.5 Визначення відхилення снаряда, коригування .....	91	2.4 Пристрої автономного живлення .....	120
5.6 Правила поведінки ЛА над ціллю, побудова заходів, швидкість, висота .....	92	3. Mission Planner .....	121
5.7 Підтвердження успіху коригування, повернення додому .....	93	3.1 Точки з координатами .....	121
6. Виліт на супровід колон .....	94	3.2 Команди для виконання .....	122
6.1 Вибір стартового майданчика .....	94	3.3 Обов'язкові команди .....	122
6.2 Визначення потенційних місць облаштування засідок .....	94	3.4 Черговість виконання .....	123
6.3 Правила пошуку та виявлення засідок .....	95	3.5 Вплив вручну поданих команд на завантажений маршрут .....	123
6.4 Правила взаємодії з колоною .....	95		
6.5 Правила взаємодії з підрозділами на початку та наприкінці маршруту .....	95		
6.6 РЕБ відступ та прорив .....	96		
6.7 Тактичні прийоми (загальні: зліт, посадка, набір висоти, поведінка над ціллю) .....	98		

## IV ЧАСТИНА

1. Розшифровка фотоматеріалів .....	100
1.1 Сліди, свіжість, глибина .....	101
1.2 Роль тіні, визначення розмірів по тіні ..	105
1.3 Пропорції .....	106
1.4 Фільтрування в ч/б .....	107

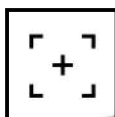


ПОСІБНИК СТВОРЕНИЙ  
ВЕТЕРАНАМИ БОЙОВИХ ДІЙ

UA

DYNAMICS

WARFARE TECHNOLOGIES



ЗНАЙОМСТВО, МОТИВАЦІЙНА ЧАСТИНА,  
ЗАГАЛЬНА РОЗВІДКА, АЕРОДИНАМІКА

ЧАСТИНА

I



## I ЧАСТИНА

### 1.1

### ЗНАЙОМСТВО

Даний курс призначений для підготовки розрахунків операторів безпілотних літальних апаратів літакового та мультикоптерного типу. Курс практично не містить жодних академічних знань, ні аж ніяк не претендує на істину в останній інстанції, а всього лиш є збіркою рекомендацій та особистого досвіду кількох екіпажів БПЛА, що працювали в АТО в 2014–15 рр і згодом займалися підготовкою та навчанням таких самих екіпажів у новостворених підрозділах.

Сотні польотів за лінію фронту, тисячі тренувальних польотів дозволили накопичити деякі базові основи, які варто передавати наступним екіпажам.

Багато формулювань спрощено і видозмінено для спрощення їх розуміння. Курс не прив'язаний до якогось конкретного літального апарата, тому екіпажам вкрай рекомендовано короткий курс від виробника, який допоможе вникнути і розібратися в особливостях кожного конкретного виду БПЛА. Також, крім курсу теорії, необхідні заняття на тренажері та тренувальні польоти на радіокерованих моделях. Цей курс містить матеріали для навчання з розрахунку 25—30 годин теоретичних занять у малих групах.

### 1.2

### МОТИВАЦІЯ

Розвиток технологій за останні кілька років сприяв величезним змінам у суспільстві, і армія як зріз суспільства не стала винятком. Засоби технічної розвідки стрімко вдосконалюються, вимагаючи нових підходів, нових штатних розкладів, нового ставлення до себе та підготовки людей, які їх експлуатуватимуть. Як правило, бійці, що експлуатують або планують експлуатувати подібну техніку, не зовсім розуміють, навіщо це потрібно і що ж їх чекає надалі. Часто командування відправляє на курси операторів БПЛА людей, яких просто хоче

сховати чи уберегти. У 99 випадках зі 100 нічого хорошого від таких осіб годі й чекати. Тому на етапі відбору та підготовки бійців особливу увагу слід приділяти мотивації, а також уже наявній підготовці. Дуже допомагає досвід моделізму, планеризму та електроніки. Людина, що експлуатує засіб технічної розвідки високого рівня, повинна розуміти, яка величезна відповідальність лежить на ній, і які можливості дає грамотна експлуатація та правильно побудована робота з даним видом обладнання.

Роботу, яку виконує добре підготовлений екіпаж, дуже складно переоцінити. З усіх доступних на сьогодні технічних засобів розвідки аеророзвідка є найефективнішою. Але вона — лише один із інструментів. Найкращих результатів можна досягти, використовуючи всі можливі інструменти у комплексі (радіорозвідка, аеророзвідка, OSINT (open source intelligence — розвідка з використанням відкритих джерел), робота з місцевим населенням, робота з цивільними, які проїжджають через блокпости, опитування сусідів на опорниках тощо). При відборі й підготовці екіпажів слід попереджати, що, незважаючи на простоту і відсутність видимої небезпеки, робота в аеророзвідці забирає практично увесь час. Ненормований графік, постійні підйоми та виїзди на польоти затемна. Ведення журналів хронометражу, використання батарей та постійна робота з обслуговування техніки. Регулярний збір інформації з усіх доступних джерел, систематизація, обробка та підготовка польотних планів та маршрутів. Це все, крім військових та побутових труднощів, які неминуче заважатимуть роботі. Ну і вершиною айсберга є те, що за екіпажами БПЛА постійно полюють. Зважаючи на свою величезну ефективність та небезпеку для противника, помічений у точці зльоту екіпаж буде негайно накритий всією можливою артилерією, яка зможе туди дострелити. На злітних майданчиках слід очікувати роботи ДРГ супротивника, снайперів, мінних пасток. Також варто побоюватися зливання інформації, не обов'язково навмисного: про місце базування екіпажу, про майданчики, з яких ведеться робота, про транспорт, на якому пересувається група. Інформація може «проникати» з дружніх опорників, біля яких розташовані стартові майданчики, з блок постів — «о, летуни поїхали!», через соцмережі. Тримати екіпаж завжди під пильним поглядом не буде жодної можливості. Виходячи з цього слід резюмувати: екіпаж БПЛА має бути достатньо мотивованим для самостійної, системної та постійної роботи зі збору інформації





незалежно від умов, в яких йому належить працювати. З особистого досвіду не всі командири розуміють, навіщо потрібен розрахунок БПЛА і як він повинен працювати. Існує стереотип, що екіпаж БПЛА — це свого роду чарівники, які за наказом командування тут і зараз мають злетіти і одразу ж привезти фотографії всієї ворожої техніки та позицій у зоні відповідальності цього командування. Насправді робота БПЛА — щось схоже на риболовлю. Володіння снастями зовсім не гарантує того, що господар снастей завжди буде з уловом. Результат досягається систематичною роботою, розумінням ситуації у зоні відповідальності, розумінням погодних умов, особливостей та обмежень конкретного виду техніки.

### 1.3

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА РОЗВІДКА

Спеціальних підрозділів такого типу зараз немає. Тому спеціалізацію, про яку йтиметься нижче, слід розглядати не як посаду, а як роль.

Останнім часом у військах помічено таку тенденцію, що у будь-якій групі військовослужбовців щонайменше 30% вважають себе розвідниками. Причому більшість не розуміє, що це власне таке. У фільмах про війну воїн розвідник — безстрашний гібрид снайпера та штурмовика, здатний наодинці розгромити дивізію супротивника. Цей підвид «сферичного розвідника у вакуумі» для зручності називатимемо «тактичним розвідником». Тактична розвідка фактично є універсальним підрозділом, що застосовується для різноманітних завдань, від супроводу колон та евакуації до власне розвідувально-диверсійної діяльності та охорони командування. Проте, крім цього, у фільмах показують ще й шпигунів. Такі собі суворі хлопці, які працюють у глибокому тилу, впроваджені в якусь ворожу структуру та збирають цінну інформацію без зброї. Для зручності так і називатимемо їх — «шпигуни». Так ось, є ще один тип розвідника. Такий розвідник більше схожий на «шпигуна», але працює переважно поруч із лінією зіткнення, причому здебільшого з дружнього боку. Але іноді може проявляти себе і як «тактичний розвідник». Займаються такі розвідники збором інформації. Як правило, із відкритих джерел. За ефективністю, при правильно налаштованій роботі — дуже корисний тип розвідника.

## ЗНАЙОМСТВО, МОТИВАЦІЙНА ЧАСТИНА, ЗАГАЛЬНА РОЗВІДКА

1

### МЕТОДИ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ

1.3.1

Використовується безліч різних способів та їх комбінацій для збору інформації, подальшої систематизації та формування завдань.

### МІСЦЕВЕ НАСЕЛЕННЯ

1.3.2

Як свідчить практика, дуже часто від місцевого населення можна дізнатися багато того, що дізнається агентурним шляхом або іншими способами. Зв'язки серед місцевих з обох боків лінії розмежування існують, і вони є досить щільними. Місцеве населення готове ділитися інформацією, тільки-но воно перестане сприймати вас як загрозу. Наприклад, роздуті та перетворені роспропагандою на еталонну страшилку Нацгвардія та Правий сектор практично не мають шансів отримати цінний контакт. А боєць батальйону ТРО — навіть навпаки. Варто також звернути увагу на те, у що ви одягнені. Жодних НАТОвських камуфляжів, модних «розгрузок» тощо. Звичайний український камуфляж, без деталей та елементів «розгрузки», що не входять до стандартного оснащення. Намагатися спілкуватися варто у місцях скупчення народу. Причому, напевно, безглуздо буде допитувати людей на вулиці, необхідна хоча б мінімальна зацікавленість цивільних у спілкуванні з вами. Дуже ефективно місце та спосіб — супровід саперних груп, які займаються розмінуванням населених пунктів після обстрілів. Такі заходи збирають велику кількість місцевих, вони не відчувають небезпеки та охоче йдуть на контакт. Почувши від вас, що ви мобілізований боєць із ТРО, вони досить часто розповідають взагалі все, що знають: від місцевих чуток до різноманітних інсайдів від сусід-сепара. Іноді з особливо цінними особами вдавалося домовитися про постійні контакти, буквально приманюючи і підгодовуючи їх тушонкою чи згущеним молоком. Цінну інформацію, отриману таким чином, вносимо до таблиць для систематизації (про таблиці нижче).



Також дуже ефективною є робота з місцевим населенням на пунктах пропуску. Маючи мінімальні ідеї та зачіпки, можна ставити запитання місцевим з цікавих для вас населених пунктів, зацікавивши їх будь-яким чином (спрощенням огляду, просуванням у черзі тощо). Загальні вимоги до вас — ті ж самі, що й для роботи в населених пунктах.

### 1.3.3

#### РОБОТА ІЗ СОЦМЕРЕЖАМИ

Соцмережі останнім часом набули величезної популярності. Користуються ними майже всі. Але не всі дотримуються елементарних правил безпеки, що є характерним для обох сторін конфлікту. Часто по дурості або з бажання банально похвалитися викладаються фотографії з геотегами дуже цікавого нам змісту. Тому для успішної роботи ыз соцмережами було б непогано усвідомити для себе, що таке хештег #, геотег фотографії або посту, і як шукати інформацію. Не описуватиму процедуру, вона видозмінюється через постійне вдосконалення соцмереж і досить докладно описана в інтернеті. Зауважу лише, що добре розкручений обліковий запис у твітері у 2014 р., в умовах конфлікту низької інтенсивності, давав по 1–2 хороші цілі на тиждень. Як самостійне джерело інформації соцмережі не підходять, але можуть сформувати завдання на уточнення інформації, заради якої можна буде злітати на БПЛА.

### 1.3.4

#### РОБОТА ЗІ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ КОНТАКТІВ ІЗ «СУСІДАМИ» ПО ЛІНІЇ ФРОНТУ

Також дуже корисними бувають контакти з сусідніми опорними пунктами та підрозділами, що знаходяться у вашому секторі відповідальності. У кожному підрозділі є люди, які контактують із місцевим населенням, щось десь чули, щось десь бачили. Ваше завдання — знайти таких людей та встановити з ними контакт. Вони, як правило, заодно і допоможуть розібратися в ситуації навколо.

## ЗНАЙОМСТВО, МОТИВАЦІЙНА ЧАСТИНА, ЗАГАЛЬНА РОЗВІДКА

1

Також контакти з сусідами доведеться в будь-якому разі налагоджувати в процесі пошуку польотних майданчиків і для безпеки при виконанні польотів з цих майданчиків.

## АЕРОРОЗВІДКА

1.4

Дуже корисно встановити контакти із сусідніми підрозділами аеророзвідки. Вони допоможуть визначитися та зорієнтуватися у радіообстановці на ділянці, підкажуть відповідні злітні майданчики та контакти старших на опорних пунктах, поряд із якими ці майданчики знаходяться.

## АРТРОЗВІДКА

1.5

Підрозділи артилерійської розвідки, як правило, мають дані про ймовірні позиції, з яких працює артилерія противника. У них зазвичай є безліч запитань з дорозвідки наявної інформації та пропозицій про спільну роботу з аеророзвідкою. Спільна робота із підрозділами артрозвідки дає надзвичайно високі результати. У артрозвідників є прямі виходи на свою артилерію, що полегшує завдання реалізації зібраних розвідданих і економить час.

## РАДІОРОЗВІДКА, ТЕОРІЯ, ТРІАНГУЛЯЦІЯ

1.6

Контакти з підрозділами РЕБ та РЕР теж дуже корисні. Від них можна отримати інформацію про радіообстановку, засоби протидії та ймовірні дані щодо місцерозташування супротивника в секторі.



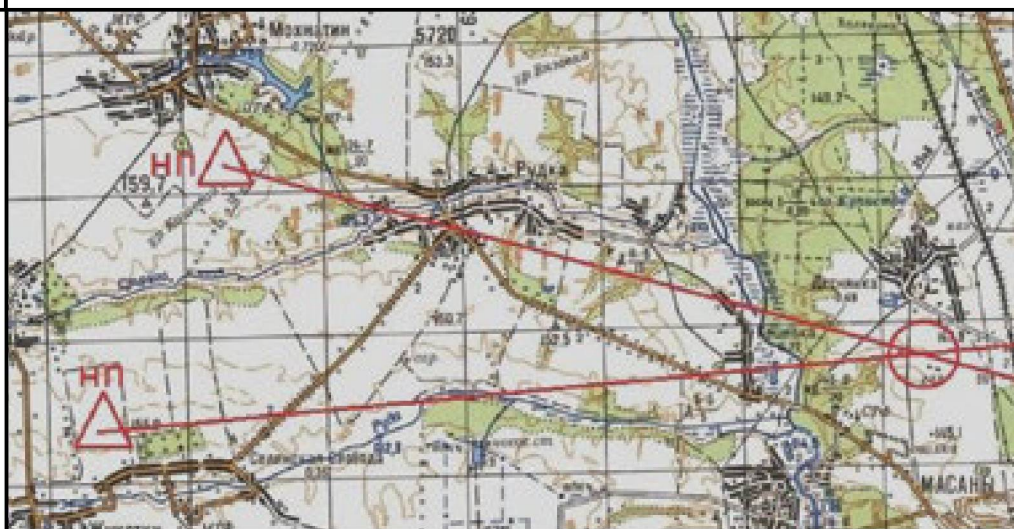
## I ЧАСТИНА

Маючи власний радіосканер та комплект антен (спрямована та всеспрямована), можна самостійно аналізувати радіообстановку та методом триангуляції визначити приблизні місця розташування елементів інфраструктури супротивника.

Триангуляція — метод визначення розташування об'єкта, якого шукають, заснований на визначенні кутів направлення на цей об'єкт з різних пунктів спостереження.



### ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ ЗА ДВОМА КУТАМИ НА НЕЇ



Знаючи кут на ціль з щонайменше двох різних позицій, можна визначити місце розташування цілі. Цей метод широко застосовується у підрозділах артрозвідки. Різниця лише тому, що артрозвідка використовує устаткування оптичного виявлення.

Радіотриангуляція за допомогою цілком доступних і недорогих пристроїв дозволяє досліджувати радіообстановку на глибину до 30 — 40 км углиб позицій супротивника з достатньою точністю (за наявності можливості маневру сканером по фронту вправо-вліво). Також у процесі радіорозвідки з переговорів противника можна дізнатися досить цікаві дані. Крім того, противника корисно слухати у процесі виконання польотів, що дозволить зрозуміти момент виявлення вашого БПЛА та загрозу включення систем ворожої радіопротидії.

**ЗНАЙОМСТВО, МОТИВАЦІЙНА ЧАСТИНА, ЗАГАЛЬНА РОЗВІДКА****1****ТАБЛИЦІ, СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА ОБРОБКА ДАНИХ****1.7**

Систематизація та обробка отриманих даних дає можливість аналізувати обстановку в районі, дає величезну кількість підказок та формує завдання для дорозвідки за допомогою БПЛА. Часто дані, систематизовані за допомогою таблиць, дають цілком чіткі цілі, які не вимагають підтвердження з допомогою БПЛА, а підтверджують одне одного з різних джерел.

**ПРИКЛАД ТАБЛИЦІ ОБРОБКИ РОЗВІДДАНИХ**

№ з/п	Опис	Місце, дата	Джерело	Підтвердження
1	Скупчення, швидше за все, базовий табір противника, білий ангар на насосному заводі	Фащівка 04.10.14	Геотег соцмережа	Збіг з пунктом 2
2	Артилерійська група супротивника, білий ангар на насосному заводі	Фащівка 06.10.14	Місцевий житель, ПІБ, блокпост Балю	Збіг з пунктом 1

У такому випадку потрібно просто визначити прямокутні координати цілі, встановити тимчасовий період знаходження виявленої артгрупи в даному місці та реалізувати отриману інформацію, подавши ціль з координатами та описом на свою артилерію.

**РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗВІДДАНИХ.  
АРТИЛЕРІЯ, ПРАВИЛА ПОДАЧІ ЦІЛЕЙ****1.8**

Реалізувати отримані розвіддані можна двома шляхами: перший — доповісти про них безпосередньому керівництву, другий шлях — донести їх до безпосереднього виконавця, який здатний обробити ці дані. Який шлях, у яких випадках використати вирішувати Вам. Другий шлях кращий за умов значних затримок у часі або за відсутності нормальних контактів у керівництва з артилерією.

**15**



Артилерійські підрозділи у цій війні, як свідчить практика, є основними силами та засобами, здатними завдати вогневої поразки противнику. Тому ефективна робота цих підрозділів — це 90% успіху. До 75% втрат противника у цій війні завдано за допомогою артилерії. Тому прями́й контакт із артилерією вкрай важливий. Артилерія має вам довіряти. Правила подачі цілі прості: витяг з таблиці та/або знімок з БПЛА, координати та характеристика цілі. Якщо ціль рухома, тобто знаходиться у вказаному вами районі не увесь час, а іноді переміщується, то необхідно вказати тимчасові обмеження. У разі оголошення режиму «перемир'я» просіть артилерію внести вашу мету як планову. Робота над запланованими цілями здійснюється під час вогню у відповідь на обстріл якогось опорного пункту.

Для простоти розуміння не розповідатимемо всіх нюансів створення та призначення систем БПЛА, які взято на озброєння та експлуатуються у всьому світі. Ці дані можна легко знайти в інтернеті. Обмежимося вступною лекцією, яка дозволить охочим самостійно знайти всю потрібну інформацію та відповіді на запитання в інтернеті.

## МУЛЬТИКОПТЕР ІЗ ФОТОКАМЕРОЮ



Спочатку розглянемо типи БПЛА, які з кожним днем набувають дедалі більшого поширення, — багатороторні системи. Їх ще називають мультикоптерами, квадрокоптерами, гексакоптерами, октакоптерами тощо, залежно від кількості несучих гвинтів. Характерна особливість — багатомоторна система, принцип польоту — подібний до гелікоптерного. Переваги даної платформи — відсутність вимог до майданчика для зльоту та посадки, здатність зависати в одному місці, простота в керуванні.





## I ЧАСТИНА

Недоліки, які обмежують застосування коптерів: невеликий радіус дії, неможливість використання при сильному вітрі, велика чутливість до обмерзання, необхідність установлення більших акумуляторів, ніж у літакових системах.

Працюють багатороторні системи, як правило, на відстані до 10 км (основна маса коптерів — до 4 км), у тиху спокійну погоду. Робочі висоти варіюються не більше 250 — 800 м залежно від усталеного устаткування спостереження. Надзвичайно ефективні в міській забудові, дають змогу зазирнути за рельєф місцевості або будівлю. Зручні коптери в коригуванні артилерійського вогню — у режимі зависання. Часто застосовуються для пошуку ДРГ поблизу опорних пунктів у темну пору доби, за умови обладнання БПЛА тепловізором. Швидкісний діапазон роботи, як правило, — до 10 м/с. Невеликі коптери в ручному режимі керування здатні розігнатися до 20 м/с.

### 2.2

## ЛІТАКОВІ СИСТЕМИ

Другий за популярністю, але не за ефективністю тип БПЛА, — літаковий. Перевага даної системи — велика дальність дії, більша енергоефективність порівняно з коптерами, менша залежність від погоди. Відстань, яку проходить літаковий БПЛА найпростішого класу — «поля бою», у разі перевершує робочі дистанції коптерних систем. Недоліки літакового БПЛА: необхідність майданчика для зльоту та посадки, більший час на розгортання та підготовку до вильоту, більш складне управління та більша вимогливість до підготовки екіпажу. Застосовуються для аерофотозйомки в денний та нічний час, а за наявності необхідних навичок у екіпажу — для коригування артилерійського вогню.

Існують БПЛА, призначені для виконання завдань РЕР, РЕБ та забезпечення зв'язку. Швидкісний діапазон роботи — від 15 до 30 м/с. Робочі висоти — залежно від обладнання та розмірів апарату, але завжди перевищують 300 м. Зазвичай це діапазон висот 300 — 2000 м. Існує кілька аеродинамічних схем літакових БПЛА. Основні аеродинамічні схеми — класична і «літаюче крило».

ТИПИ БПЛА

2

БПЛА «ЛІТАЮЧЕ КРИЛО»



БПЛА КЛАСИЧНОЇ АЕРОДИНАМІЧНОЇ СХЕМИ





Досить часто постають питання про те, як визначити, чи працює зараз над нашими позиціями ворожий безпілотнок, чи це проліт нашого БПЛА, як відрізнити безпілотнок від супутника, як взагалі виявити БПЛА і яким чином його збити. Спеціальні засоби для боротьби з безпілотноками тут не розглядатимемо, розповімо лише, як відповісти на це запитання бійцям підрозділів, що стоять на лінії зіткнення. Основним часом доби, коли працюють безпілотноки, є ранок та вечір. У цей час низько розташоване сонце утворює довгі тіні. Хороша погода, відсутність сильного вітру, туману, невелика хмарність або чисте, безхмарне небо — це сприятливі умови для застосування БПЛА. Відповідно особливу увагу на небо слід звертати саме за таких умов. У чистому небі БПЛА дуже важко помітити. На тлі хмар його скритність помітно падає. Як правило, спочатку чути звук роботи безпілотнока, а потім його знаходять у небі. Передбачити напрямки, з яких варто очікувати появи безпілотноків або траєкторію їх польотів, дуже складно, це залежить від рівня підготовки екіпажів. З особистого досвіду — такі передбачення робити щодо теперішнього супротивника безглуздо. Поведінка їх БПЛА непередбачувана і варіюється від повного дотримання правил безпеки до їх ігнорування. У темну пору супротивник застосовує безпілотноки, обладнані тепловізійними приладами. Орієнтовний час, коли їх слід очікувати, — вечір, захід сонця, плюс-мінус 4 години. У нічний час доби безпілотнок, що знімає позиції, ніколи не літає з увімкненим світлом. Найчастіше яскрава точка в небі є супутником, і намагатися збити його безглуздо. Іноді застосовується інша тактика: літаюча група безпілотноків, серед яких один йде зі світлом, привертаючи увагу і провокуючи обстріл з позицій, які фіксуються відповідно іншими, «темними» безпілотноками. Як правило, БПЛА цієї групи летять на різних висотах і досить великих дистанціях, що ускладнює виявлення. У будь-якому разі слід пояснити, що стрілянина вночі по якійсь точці, що світиться, — заняття досить безперспективне і невиправдане. У світлий час доби, при виявленні безпілотнока та прийнятті рішення про стрілянину по ньому, слід розуміти, що він йде з досить високою швидкістю, на великій висоті, що вимагає вносити випередження точки прицілу. Тобто виносити точку прицілу за курсом БПЛА, який летить, на

величину, що залежить від типу і висоти цілі, враховуючи особливості вашої зброї. Висоти та швидкості описано у попередньому пункті.

Приклад: бачимо коптер на висоті близько 400 м. У руках АК-74 початкова швидкість 825 м/с. Передбачувана швидкість коптера — близько 10 м/с, кулі знадобиться близько 0,5 секунди для подолання дистанції. Випередження відповідно — близько 5 м, або 10 фігур коптера. Причому це без урахування вітру, який гарантовано погіршить можливість ураження БПЛА.

У принципі, цих знань піхоті достатньо.



## I ЧАСТИНА

Політ апаратів, важчих за повітря, можливий тільки тому, що повітря має масу, воно має інертність. Повітря чинить опір предметам, що рухаються в ньому. Цей опір залежить від щільності повітря, швидкості руху предмета, його форми та розмірів. Як виявилось, якщо надати тілу, що рухається, правильної форми, скажімо, форми літака, то частина сили опору повітря може бути спрямована вгору, створюючи підйомну силу.

### 4.1

## ПІДЙОМНА СИЛА, КРИЛО, ПРОФІЛЬ КРИЛА

Більшість підйомної сили літака створюється крилом. У кожного крила є розмах, хорда, площа та профіль. Ці основні параметри крила визначають його можливості.

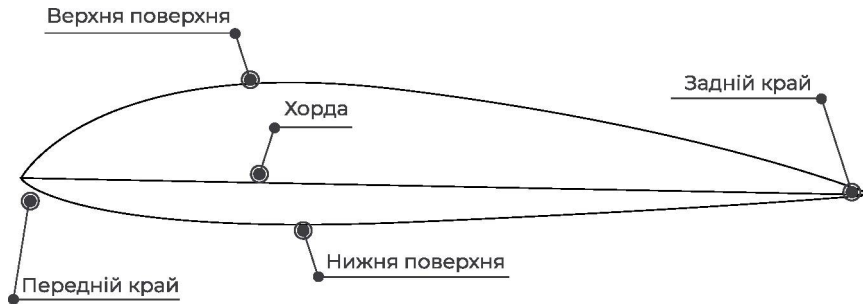
Розмах крила — це відстань по прямій між його крайніми точками, незалежно від форми крила та його стрілоподібної форми. Розмах крила БПЛА обирається конструктором як компроміс. Збільшення розмаху покращує несучі властивості крила, але знижує його міцність, ускладнює маневреність такого апарата та його транспортування.



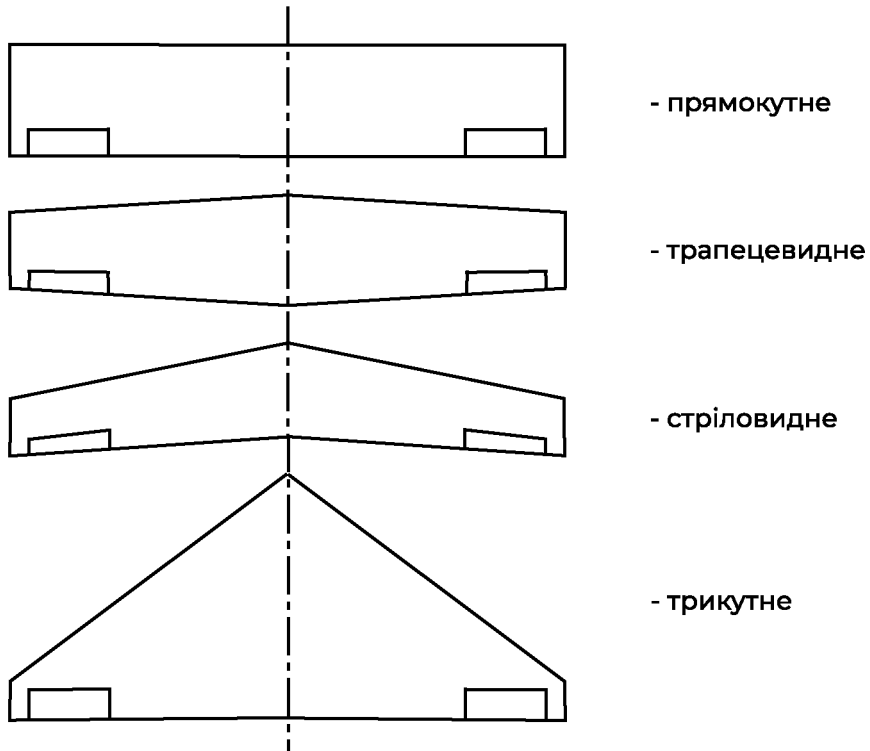
## РОЗМАХ КРИЛА



ХОРДА КРИЛА — ЦЕ ВІДРІЗОК ПРЯМОЇ,  
ЩО СПОЛУЧАЄ ПЕРЕДНЮ ТА ЗАДНЮ КРОМКИ ПРОФІЛЮ КРИЛА



ФОРМИ КРИЛА В ПЛАНІ





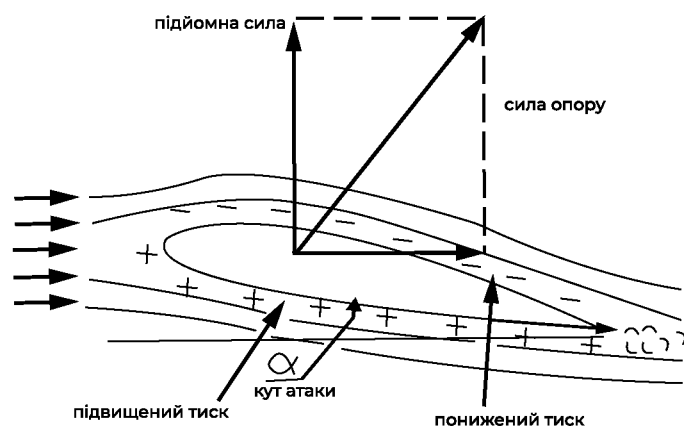
Площа крила обмежена контурами крила ,якщо дивитися зверху. До речі, форма крила в плані має важливе значення і обирається конструктором залежно від призначення літального апарата. Найбільш поширені прямокутні крила та трапецієподібні крила із звуженням. Звуження крила — це відношення кореневої хорди крила (біля фюзеляжу) і кінцевої хорди крила (на кінці крила). Для прямокутного крила його площа дорівнює добутку розмаху крила на його хорду.

Формула підйомної сили крила така, що всі залежності в ній прямі. Тобто при збільшенні площі крила або швидкості руху, або щільності повітря несуча здатність крила збільшується. Але є ще важлива характеристика крила, як його профіль. Профілі крил авіамоделей, які часто стають основою для бойових БПЛА, деякою мірою відрізняються від профілю, що застосовуються у «великій авіації». Такі профілі вимагають точного дотримання форми, і тому БПЛА з жорсткими склопластиковими крилами мають кращі льотні характеристики, ніж БПЛА відносно м'яких, вічно пом'ятих пінопластів. При ремонті можливих пошкоджень крил БПЛА це слід враховувати і намагатися відновити профіль пошкодженої ділянки якомога точніше.

Завдяки особливій формі профілю крила повітря обтікає верхню частину крила з більшою швидкістю, ніж нижню, тому створюється різниця тисків.



## РІЗНИЦЯ ТИСКІВ



Саме ця різниця тисків — зверху та знизу крила — створює підйомну силу, що тримає літак у повітрі. Фізичний сенс цієї картинки простий — різниця тисків, а отже, підйомна сила залежить від швидкості. Немає швидкості або швидкість недостатня — літак падає.

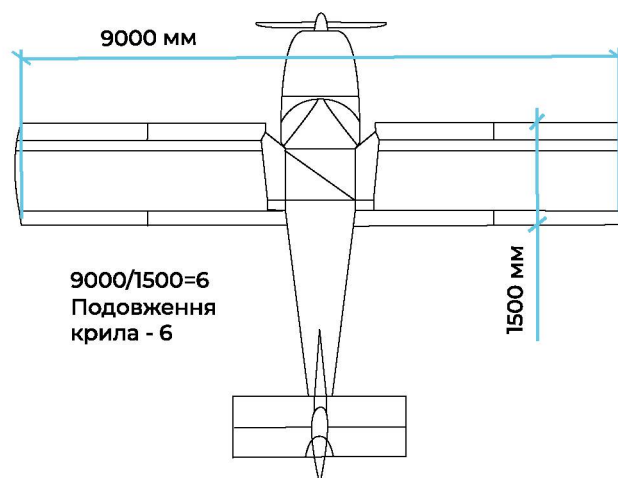
На сьогодні створено досить велику кількість крилових профілів, які систематизовані в спеціальних атласах із зазначенням аеродинамічних характеристик та особливостей, отриманих експериментальним шляхом, під час продування в аеродинамічній трубі. Конструктори при проектуванні БПЛА обирають профіль крила відповідно до призначення літального апарата. Також велике значення для параметрів БПЛА має подовження крила.

## ПОДОВЖЕННЯ

4.2

За інших рівних умов, найкращі несучі властивості має крило з більшим подовженням. Подовження крила — це відношення розмаху крила до його середньої хорди.

## РОЗРАХУНОК ПОДОВЖЕННЯ







## I ЧАСТИНА

БПЛА з невеликим радіусом дії зазвичай мають подовження крила близько 10 (БПЛА «Мара», м. Харків), а крила БПЛА далекого радіусу дії можуть мати подовження до 19 (MQ-1D Predator, м. Сан-Дієго). Крило великого подовження дозволяє витратити менше енергії на політ, а отже, літати далі і довше, тобто літак з таким крилом має високу аеродинамічну якість.

### 4.3

#### АЕРОДИНАМІЧНА ЯКІСТЬ

Простіше, аеродинамічна якість — це відношення відстані, яку може пролетіти БПЛА з вимкненим двигуном до висоти, яка була при цьому витрачена. Наприклад, при зниженні на 1 км апарат пролетів 20 км — це означає, що його аеродинамічна якість дорівнює 20 км.



#### РОЗРАХУНОК АЕРОДИНАМІЧНОЇ ЯКОСТІ

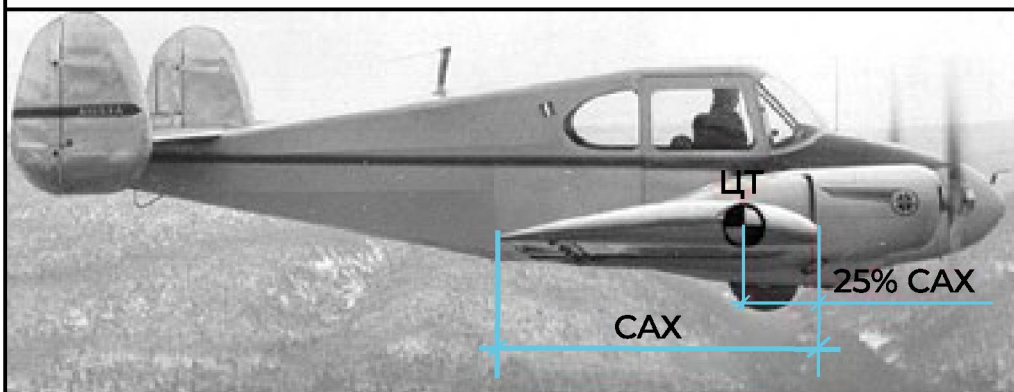


Оператори БПЛА — професіонали, вони знають, що більш точно аеродинамічна якість визначається, як ставлення підйомної сили літака до його лобового опору. При недбалому ставленні до БПЛА його лобовий опір може значно зрости, що означає погіршення аеродинамічної якості. Неохайні наклейки-деколі, краї скотчу, який розвівається у потоці повітря, GPS-трекери, просто примотані ізострічкою зовні до літака, скорочують шлях, який може пройти БПЛА.

Це може призвести до неприємного сюрпризу для екіпажу і необхідності пояснювати командуванню, чому безпілотник «не дотягнув» до своїх позицій, а впав на зайняту противником територію.

Після кожної посадки необхідно не лише ретельно оглядати БПЛА на предмет можливих ушкоджень, а й очищати його від забруднень. Наприклад, при посадці в дозріваючу пшеницю корпус БПЛА покривається липким соком, пилком і кониками. Тому обов'язково в ящику техніка має бути великий пакет вологих та сухих серветок.

Центрування літака — це розташування центру ваги літака щодо хорди крила. Все навантаження на БПЛА має бути розташоване таким чином, щоб центрування не виходило з діапазону допустимих центрувань для конкретного літального апарата. Діапазон центрувань для літаків класичної схеми — від 25 до 35% САХ. САХ — це середня аеродинамічна хорда крила. Для прямокутного крила вона і є хорда, для крил складної форми її знаходять розрахунковим шляхом.





## I ЧАСТИНА

Виробники БПЛА зазвичай для зручності екіпажів вказують місце розташування центру ваги, частіше за міліметри від передньої кромки крила, а найпросунутіші —наносять на крило позначки діапазону центрувань. Піднятий на кінчиках пальців, поставлених на позначки центрування, БПЛА повинен бути у стані байдужої рівноваги. Перевіряти центрування необхідно обов'язково перед кожним зльотом. Наприклад, неточність при установці акумулятора може значно змінити центрування. Це спричинить або підвищені втрати енергії на стабілізацію БПЛА в польоті, або навіть негайну аварію на зльоті.

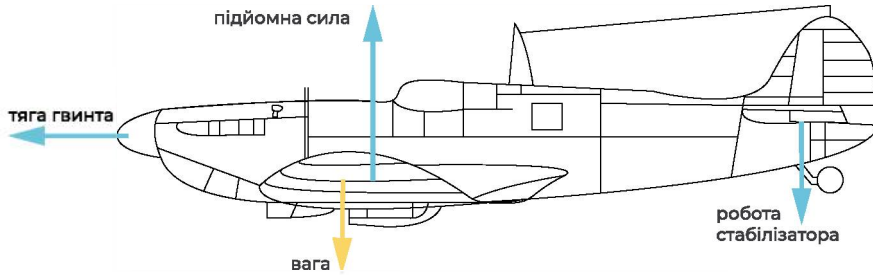
### 4.5

## СТІЙКІСТЬ ЛІТАКА

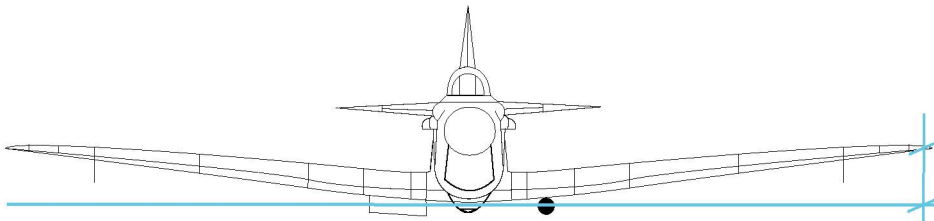
В атмосфері постійно щось відбувається — повітряні потоки рухаються в різних напрямках по горизонталі, їх зустрічають вертикальні вітри різної сили та спрямованості, в результаті утворюються вихори, на які впливають потоки повітря, що огинають складки рельєфу місцевості. Щоб надійно пролетіти через весь цей цирк, БПЛА повинен мати запас стійкості. Стійкість характеризує здатність БПЛА зберігати заданий режим польоту без втручання оператора чи автопілота. Коли запас стійкості літального апарата недостатній, часто доводиться втручатися в керування. Елеронами, рулями висоти та напрямку компенсувати відхилення літака, а це викликає підвищені втрати енергії та скорочує дальність польоту. Якщо запас стійкості надмірний, то БПЛА маневрує з утрудненнями, ускладнюючи життя оператора. Тому компромісний запас стійкості обирається конструктором під час створення літального апарата.

Загальна стійкість БПЛА складається з поздовжньої, поперечної та курсової стійкості.

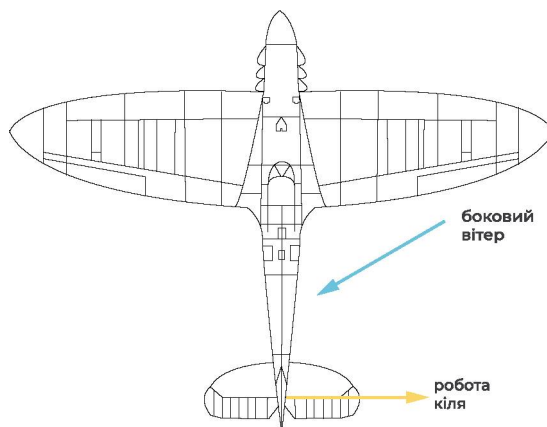
ПОЗДОВЖНЯ СТІЙКІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ РОБОТОЮ СТАБІЛІЗАТОРА



ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ СТВОРЮЄТЬСЯ V-ПОДІБНІСТЮ КРИЛА



КУРСОВА СТІЙКІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ РОБОТОЮ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОПЕРЕННЯ





## I ЧАСТИНА

Усі зусилля із забезпечення стійкості літального апарата зводяться до поєднання центру тиску літака та його центру тяжіння. Центр тиску літака — це точка застосування суми всіх аеродинамічних сил, що діють на літак. При будь-якому відхиленні центру тиску від центру тяжіння літак починає обертатися навколо центру тяжіння, і ця особливість використовується для управління літаком, що летить. Головне — перемістити центр тиску у потрібний бік та на потрібну величину. Для цього літак має керуючі поверхні: руль напрямку, руль висоти, елерони. При відхиленні будь-якого руля центр тиску переміщується і літак змінює своє положення в повітрі.

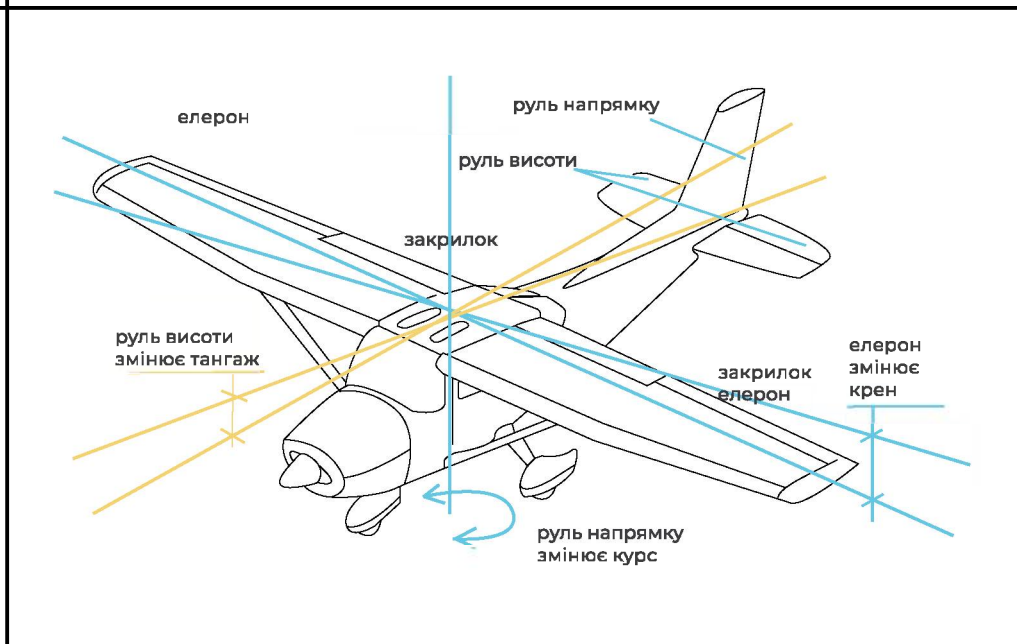
### 4.6

## АЕРОДИНАМІЧНІ РУЛІ ЛІТАКА

Крім зазначених аеродинамічних керуючих поверхонь на багатьох БПЛА встановлюються закрилки. Закрилки використовуються для зменшення посадкової швидкості літального апарата.



## АЕРОДИНАМІЧНІ РУЛІ ЛІТАКА



Тягоозброєність літака — це відношення тяги, що розвивається силовою установкою, до ваги літака. Тобто якщо тяга гвинта дорівнює 2 кг, злітна вага БПЛА — 2 кг, то тягоозброєність такого літака — 1. Сучасні потужні електродвигуни та акумулятори легко дозволяють отримувати енергоозброєність БПЛА більше ніж 1, тобто такий літак може злітати вертикально, як ракета. Але застосування надмірно потужних силових установок на БПЛА є недоцільним насамперед з економічної точки зору. Кожен грам тяги повітряного гвинта коштує грошей.

Повітряний гвинт створює тягу за принципом, що й крило— підйомну силу. Профіль лопаті гвинта схожий на профіль крила, а величина гвинтової тяги залежить від діаметра гвинта, кроку, швидкості обертання і щільності повітря.

Профілі лопатей гвинтів залежать від двигуна. Гвинти для ДВЗ товщі, тому що вони зазнають значних ударних навантажень. Для одно-, двоциліндрових двигунів внутрішнього згоряння характерна велика нерівномірність обертання. Тому ДВЗні гвинти найчастіше дерев'яні — дерево не схильне до утомних руйнувань. Тонкі профілі гвинтів для електродвигунів дозволяють ефективніше реалізувати можливості електроприводу: плавність ходу, високу швидкість обертання, високу потужність. Застосування складних пластикових гвинтів дозволяє значно зменшити опір польоту при зупиненому двигуні.

І дерев'яні, і пластикові гвинти однаково небезпечні для неакуратних операторів та завдають тяжких поранень.

Лопаті складаного гвинта стають у робоче положення під дією відцентрової сили, а складаються натиском зустрічного потоку повітря.



## I ЧАСТИНА



### ЛОПАТІ СКЛАДАНОГО ГВИНТА

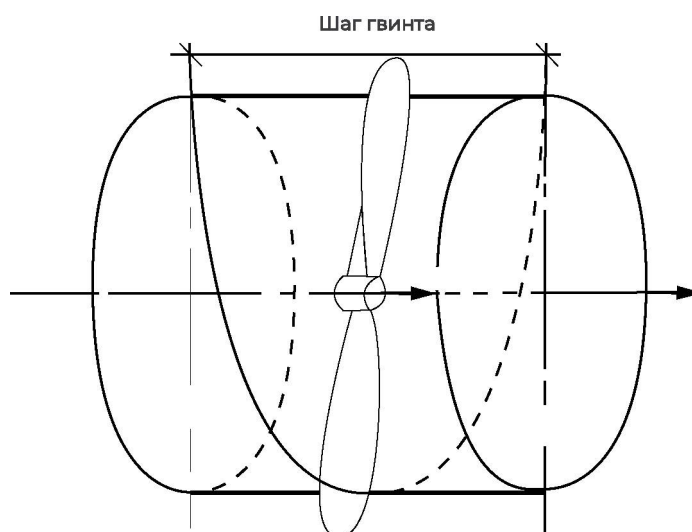


Діаметр повітряного гвинта — це діаметр кола, що утворюється при обертанні. Гвинти більшого діаметра менше шумлять, знижуючи помітність БПЛА.

Крок гвинта — це шлях уздовж осі обертання, який гвинт пройшов за один оберт, якби його вкручували в тверде середовище.



### КРОК ГВИНТА



Максимальна частота обертання повітряного гвинта має бути такою, щоб швидкість кінчиків лопатів не перевищувала 280 м/сек. На більшій швидкості починаються негативні явища, викликані наближенням швидкості кінця лопаті до швидкості звуку, що призводить до різкого падіння ККД гвинта.

Зміна щільності повітря, пов'язана зі зміною погоди та сезону, може досягати 20%. Тобто потяг гвинта в несприятливих умовах може значно знижуватися. Це треба враховувати, особливо на зльоті БПЛА. Деякі виробники рекомендують сезонну зміну повітряних гвинтів — зима-літо.

#### СХЕМИ КОМПОНУВАННЯ ЛА, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ КОЖНОЇ СХЕМИ

4.9

З усього розмаїття аеродинамічних схем є кілька основних, які найбільш популярні для БПЛА: класична схема з тягнучим гвинтом, класична схема зі штовхальним гвинтом, літаюче крило зі штовхальним гвинтом, літаюче крило з тягнучим гвинтом.

#### КЛАСИЧНА СХЕМА З ТЯГНУЧИМ ГВИНТОМ







І ЧАСТИНА



КЛАСИЧНА СХЕМА ЗІ ШТОВХАЛЬНИМ ГВИНТОМ



ЛІТАЮЧЕ КРИЛО ЗІ ШТОВХАЛЬНИМ ГВИНТОМ



## ЛІТАЮЧЕ КРИЛО З ТЯГНУЧИМ ГВИНТОМ



## ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ СХЕМ ЛА

4.10

Літаючі крила порівняно з класичною схемою більш технологічні, простіше транспортуються, менше схильні до пошкоджень при неакуратних посадках. Але економія на фюзеляжі і хвостовому оперенні призводить до того, що літаючі крила менш стабільні за тангажем і курсом — позначається мале плече керуючих поверхонь щодо центру ваги літального апарата. Літаюче крило на старті не вдасться метнути, як БПЛА класичної схеми, тому для надійного старту потрібен потужніший мотор.

БПЛА класичної схеми, хоч і вимагають більшої акуратності при транспортуванні, але демонструють найкращі польотні якості та стабільність у польоті — це важливо для нормальної роботи оптики. Тягнучий гвинт має більше переваг, ніж штовхальний — він не знаходиться в аеродинамічній тіні, як штовхальний, і створює додаткове обдування крила, покращуючи несучі властивості і стійкість.



## I ЧАСТИНА

5

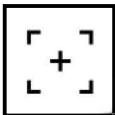
## ПІДСУМКИ

Викладений у цьому курсі мінімум знань з аеродинаміки — лише основа, на якій оператор БПЛА повинен самостійно будувати свою систему розуміння процесів, що відбуваються з апаратом у польоті. Більше знань — хороших та різних! Це дозволить досвідченому оператору з високою достовірністю прогнозувати можливість успішного здійснення польоту, правильно спланувавши його та обравши час та умови вильоту.

UA

DYNAMICS

WARFARE TECHNOLOGIES



РАДІО, ПРИНЦИПИ РОБОТИ РЕБ,  
РАДІОБЕЗПЕКА, МЕТЕО- ТА АЕРОЛОГІЯ

ЧАСТИНА

II



## II ЧАСТИНА

Зв'язок із наземної станції з безпілотником здійснюється за допомогою радіо, тому варто розглянути фізику процесу докладніше, але не вдаючись до високих матерій.

### 1.1

## ПРИЙМАЛЬНІ ТА ПЕРЕДАВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ НА БОРТУ БПЛА

Розглянемо радіопередавальні системи, встановлені на БПЛА.



## МОДУЛЬ GPS-НАВІГАЦІЇ



По суті, модуль є приймачем GPS-сигналу з калькулятором, встановлюється якнайдалі від обладнання, яке створює електромагнітні наведення. Модуль необхідний для орієнтування у просторі, визначення розташування БПЛА. У світі існує кілька систем супутникової навігації, а саме: американська — GPS, європейська — Galileo, російська — ГЛОНАСС, китайська — Бейдоу. Різниці для користувача практично жодної. Все, що необхідно знати про GPS у ключі навігації, — що більше супутників він бачить, то точніше підраховує свою позицію. Існують приймачі, які працюють з однією або кількома системами, описаними вище. Приймачі, що працюють з кількома системами, бачать більшу кількість супутників і менш схильні до GPS-спуфінгу — методу РЕБ. При спуфінгу станція РЕБ глушить сигнали супутників і замінює їх своїми — фальшивими.



Модем телеметрії — приймальний пристрій, призначений для обміну інформацією між наземною станцією та БПЛА. Від наземної станції він надсилає команди до виконання, від БПЛА — приймає на наземну станцію інформацію, одержувану з датчиків (наприклад, швидкість, споживання струму, напруга, положення у просторі. Зазвичай є основним каналом керування БПЛА.



## II ЧАСТИНА



### ВІДЕОПЕРЕДАВАЧ



Відеопередавач — це пристрій, що передає на наземну станцію зображення з камер БПЛА. Є найпомітнішим пристроєм на борту БПЛА, тому без необхідності вмикати його не варто (це стосується лише тих БПЛА, які зберігають фотографії на борту), дотримуючись режиму радіомовчання. Такий режим зменшує можливість застосування противником засобів РЕБ.

РАДІО

1

ПРИЙМАЧ АПАРАТУРИ КЕРУВАННЯ



Цей пристрій призначений для зв'язку БПЛА з пультом керування, як правило, цей канал має невелику дальність — до 2 км і використовується тільки для виконання зльоту та посадки. Існують БПЛА з таким каналом дальньої дії (апаратура Dragon Link).

Іноді БПЛА оснащують системою GPS-трекінгу, для пошуку бортів, що загубилися. По суті, ця система є гібридом мобільного телефону та GPS-модуля. GPS-трекер повідомляє свої координати СМС на запит з мобільного телефону.

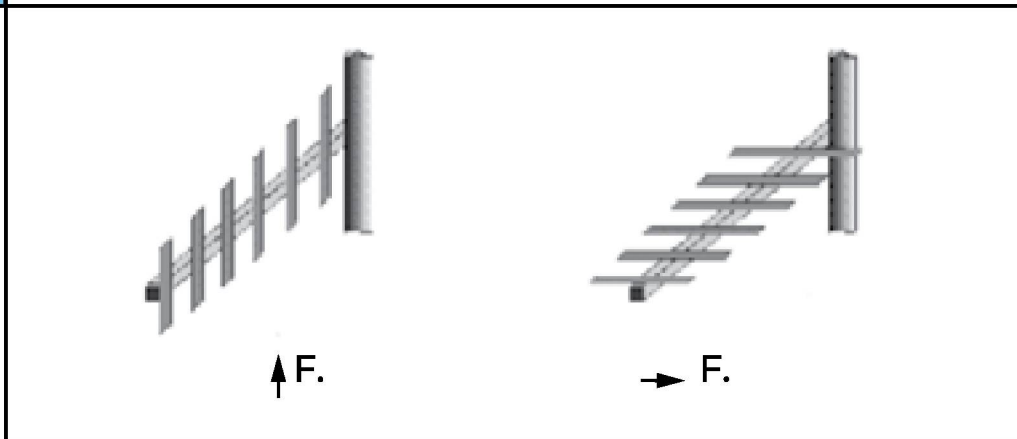




## II ЧАСТИНА

1.2

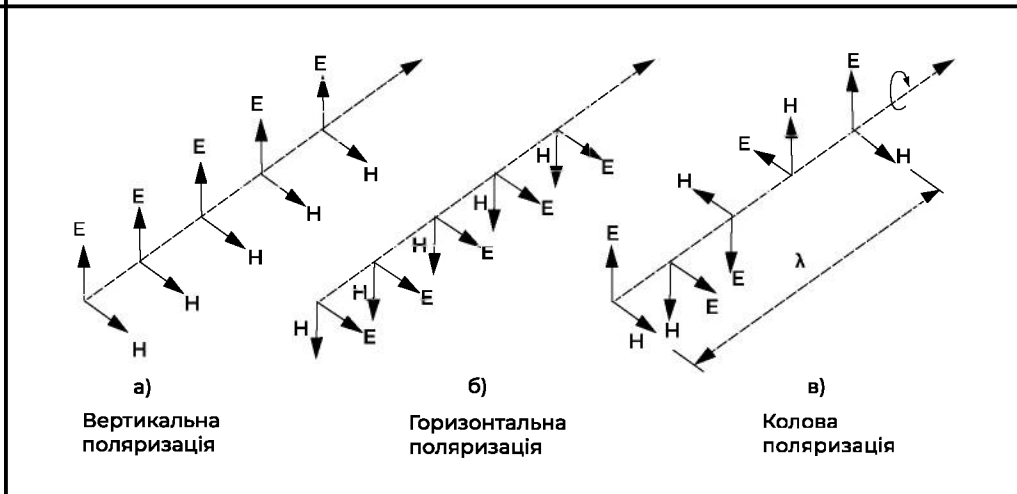
## ПОЛЯРИЗАЦІЯ



Поляризація — це спрямованість вектора електричної складової електромагнітної хвилі в просторі. Розрізняють: вертикальну, горизонтальну та кругову поляризацію.



## НАПРЯМОК РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ



А тепер те ж саме, але простіше. У радіохвиль є властивість, яка називається поляризація, і залежить вона від антени, яка її дає. Тобто вертикально розташована антена дасть вертикальну поляризацію

сигналу, а горизонтально — горизонтальну. Для забезпечення сталого зв'язку необхідно, щоб приймальна і передавальна антена були встановлені в одній площині. На невеликих дистанціях цей ефект не помітний, але тільки-но зі зростанням дальності інтенсивність випромінювання падає, якість зв'язку стрімко погіршується.

БПЛА, що використовуються на сьогодні, складаються зі стандартних модулів, що працюють на стандартних частотах.

Телеметрія найчастіше працює на частотах 433 МГц, рідше 915 МГц, ще рідше 865. Існують модулі телеметрії, що працюють на частотах 2.4 і 5.8 ГГц.

Відеопередавач, як правило, працює в діапазонах 1.2 ГГц, 5.8 ГГц, рідше 2.4 ГГц. Іноді модем телеметрії та відеопередач об'єднують в один пристрій, який працює на високих частотах (2.4 та 5.8 ГГц).

Пульт керування — 2.4 ГГц, 433 МГц.

GPS (всі системи) працюють на частотах 1.1 — 1.6 ГГц.

Поширення радіосигналу дуже залежить від перешкод. Перешкодами вважають природні та штучні бар'єри, а також усілякі електромагнітні поля та випромінювання, що впливають на проходження сигналу від передавача до приймача. Будь-який об'єкт між антеною наземної станції та БПЛА є перешкодою. Від матеріалу об'єкта та його розміру залежить рівень впливу на радіосигнал. Дерево впливає слабо, цегла сильніша, метал і залізобетон — абсолютно непроникні для радіосигналу.



## II ЧАСТИНА

Щогли електроопор і навіть сітка рабиця можуть раптово неприємно здивувати екіпаж БПЛА. Також на сигнал впливає радіообстановка в районі польотів (тобто інтенсивність використання ефіру на близьких частотах) і можливі радіоперешкоди, що створюються на борту, наприклад, від сервомоторів, що керують БПЛА. Крім того, величезний вплив мають природні чи штучні аномалії — терикони чи відвали з високим вмістом металевих домішок. Неодноразово помічався цей вплив, пояснити його природу досить складно, передбачити аномалію теж непросто, зазвичай підтверджувалося експериментальним шляхом, і бралось до уваги під час планування наступних польотів.

### 1.5

#### ВОЛОГІСТЬ

Також великий вплив на поширення сигналу має вологість повітря. Що вища вологість, то гірша якість зв'язку, відповідно менший радіус дії комплексу. Плюс до цього необхідно враховувати, що зі зміною вологості перешкоди, які раніше не впливали на дальність, змінюють свої властивості. Наприклад, невисока «зеленка», яка не створювала проблем у суху погоду, після дощу стає серйозною перешкодою для проходження радіосигналу.

### 1.6

#### ЛІС, ПРАВИЛА ЗВ'ЯЗКУ У ЛІСІ

Ліс, по суті, є перешкодою для радіохвиль вже сам по собі. У різних умовах вологості та температури лісовий масив може як поглинати радіохвилі, так і відображати їх. Умови поширення радіохвиль неоднорідні.

Тому слід уникати розміщення наземної станції навіть на узліссі. Або бути готовим до того, що якість та дальність зв'язку значно відрізняться від звичних. В ідеалі наземна станція має бути розташована таким чином, щоб ліс, лісосмуги або навіть чагарники не були перешкодою на шляху проходження радіохвиль.

РАДІО	1
-------	---

ВІДБИТИЙ СИГНАЛ, ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ПЕРЕШКОД, БЕТОНУ, МЕТАЛУ ПОСИЛЕННЯ СИГНАЛУ	1.7
--	-----

Знаючи особливості поширення радіохвиль, можна використовувати перешкоди як відбивач сигналу, тим самим збільшуючи дальність. Експериментально помічено, що вода (озеро, річка), що знаходиться між БПЛА та наземною станцією за умов низької вологості повітря, відображає радіохвилі, тим самим збільшуючи робочу дальність БПЛА. Однак при високій вологості або тумані над водою ефект виявляється зворотним і набагато сильнішим. Також іноді буває ефективно позаду антенного комплексу наземної станції розмістити лист металу (шматок профнастилу, покрівельного заліза) або саму наземну станцію ставити на тлі металевої перешкоди, використовуючи відбитий від екрану сигнал. Іноді як екран доводилося використовувати свою пластину бронезилета. Екіпажу безпілота необхідно враховувати і максимально використовувати у своїх інтересах ефекти, які спричиняють перешкоди при поширенні радіосигналу.

АНТЕНИ	1.8
--------	-----

У станціях БПЛА найчастіше використовують чотири типи антен: штирову, хвильовий канал, патч і конюшину.

ШТИРОВА АНТЕНА	
----------------	---





II ЧАСТИНА



ХВИЛЬОВИЙ КАНАЛ



ПАТЧ



РАДІО

1

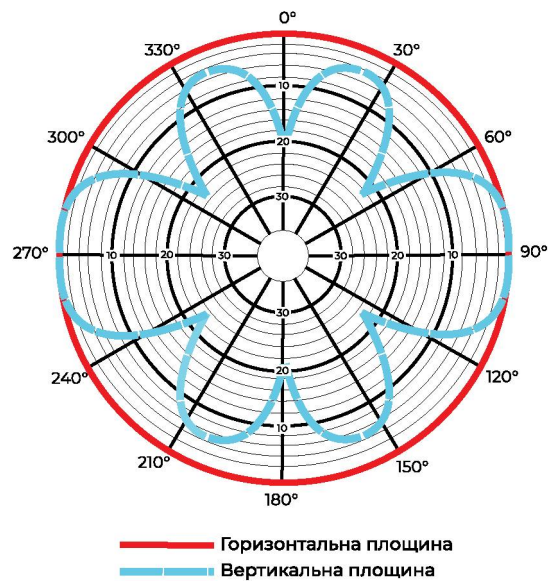
КОНЮШИНА



Є деякі інші типи та схеми, але за принципом роботи вони аналогічні.

Штир і конюшина випромінюють на всі боки однаково.

ШТИР І КОНЮШИНА — ВСЕСПРЯМОВАНІ АНТЕНИ

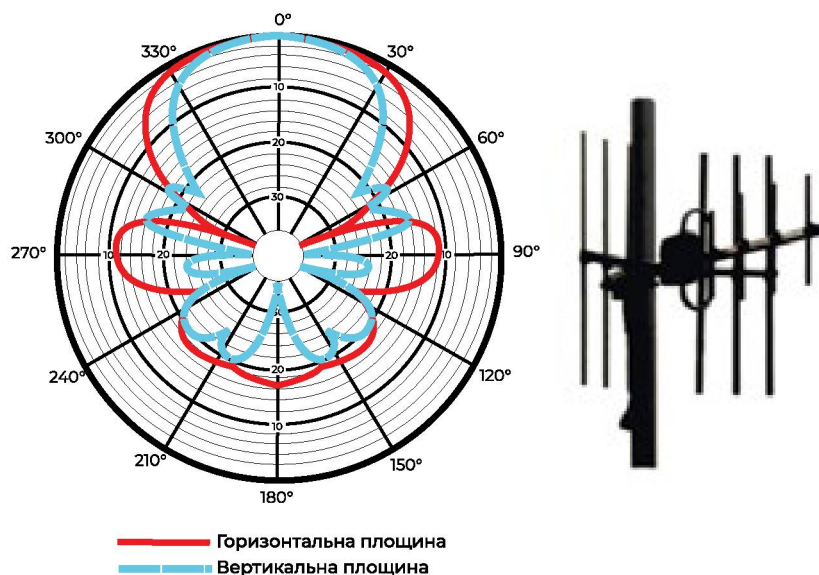




## II ЧАСТИНА



### ХВИЛЬОВИЙ КАНАЛ ТА ПАТЧ МАЮТЬ СКЛАДНУ ДІАГРАМУ СПРЯМОВАНOSTI



За рахунок того, що спрямовані антени випромінюють не на всі боки, а формують їх у вузький пучок відповідно до своєї діаграми, вони забезпечують набагато більшу дальність зв'язку.

1.9

### РІЗНИЦЯ В ДАЛЬНОСТІ ЗВ'ЯЗКУ НА ВСЕСПРЯМОВАНИХ ТА СПРЯМОВАНИХ АНТЕНАХ

Спрямованість антени — відносна величина, яка показує, наскільки коефіцієнт посилення антени в одному напрямку більший, ніж у іншому. Спрямованість антени відображають на спеціальному графіку, який називається діаграмою спрямованості. Спрямованість переважно залежить від конструкції антени. За рахунок того, що спрямовані антени випромінюють радіохвилі в межах своєї діаграми спрямованості, дальність і якість зв'язку такої антени вищі, ніж у всеспрямованої. І що вужча пелюстка діаграми спрямованості, то вище дальність дії антени. Формули розрахунку дальності та коефіцієнтів за бажання можна знайти в інтернеті.

Дальність зв'язку визначається багатьма чинниками, але насамперед залежить від частоти радіосигналу, оскільки зі зміною частоти змінюються умови поширення радіосигналу. Відповідно, що вища частота, то менша дальність зв'язку. Тому найбільш низькочастотний канал, який забезпечує максимальну дальність зв'язку за інших рівних, віддається під телеметрію. Без відео БПЛА цілком успішно літає, без телеметрії це важко. Також дальність зв'язку залежить від потужності передавача та чутливості приймача. Проте при детальному розгляді ця залежність менш істотна. У діапазонах радіохвиль, у яких працює радіообладнання БПЛА, сигнал поширюється прямолінійно аж до межі радіовидимості, за якою він різко згасає.

Тому якщо потужності передавача достатньо для забезпечення зв'язку на території, що обслуговується, обмеженій відстанню радіовидимості, то подальше збільшення потужності передавача недоцільно, оскільки практично не приведе до розширення зони зв'язку.

Поліпшення чутливості приймача теж завжди приводить до збільшення дальності зв'язку. Прийом сигналу завжди здійснюється на тлі шумів чи перешкод. Якщо чутливість обмежена шумами, що виникають у самому приймачі, то використовуючи приймач з кращою чутливістю, можливе збільшення дальності зв'язку. Однак якщо прийом сигналу здійснюється на тлі зовнішніх шумів або перешкод, поліпшення чутливості приймача не дасть жодного ефекту, тому що чутливість буде обмежена зовнішніми шумами.

Таким чином, при підвищенні потужності сигналу та поліпшенні чутливості приймача можливе збільшення дальності зв'язку, але лише за дотримання певних умов. Застосування ефективних спрямованих антен є одним із способів збільшення дальності зв'язку. Використовуючи антени з великим коефіцієнтом посилення та кабель зниження з малими втратами, можна підвищити рівень сигналу на вході приймача без збільшення потужності передавача.

Тому дальність зв'язку залежить від багатьох факторів, які мають на перший погляд неочевидний вплив на дальність.





## II ЧАСТИНА

### 1.11

#### РАДІОГОРИЗОНТ

У діапазоні радіочастот пристроїв, встановлених на борту БПЛА, поведінка радіохвиль наближається до поведінки світлового променя, і радіовидимість наближається до оптичної зі зростанням частоти. Очевидно, що з висотою збільшується відстань оптичної видимості та зростає відстань радіовидимості. Нижче наведено таблицю оптичної відстані до горизонту, що цілком відповідає нашому радіогоризонту.



#### ОПТИЧНА ВІДСТАНЬ ДО ГОРИЗОНТУ

Висота над поверхнею землі h	Відстань до горизонту d
1,75 м	4,7 км
25 м	17,9 км
50 м	25,3 км
150	43,8 км

Виходячи з даних про частоти, викладені в пп. 2.5, 2.12 та таблиці з п. 213 можна констатувати, що стійкий сигнал між наземною станцією та БПЛА можливий лише за умови прямої видимості.

### 1.12

#### ВИБІР МАЙДАНЧИКА

Виходячи з інформації, описаної в розділі 1, екіпаж БПЛА повинен розуміти, що майданчик для розміщення наземної станції повинен забезпечувати максимально можливий радіогоризонт без видимих перешкод та аномалій. Бажано і дуже вітається не тільки через збільшення радіогоризонту, розміщення на висоті. Місце зльоту БПЛА не обов'язково має бути біля наземної станції і не обов'язково довертати антени на місце зльоту БПЛА, на невеликих дистанціях можна забезпечити зв'язок на бічній або зворотній пелюстці діаграми. Головна вимога — щоб БПЛА постійно знаходився в основній пелюстці діаграми спрямованості антени у процесі виконання місії.

РЕБ є другим за значимістю противником для БПЛА після недолугості самого екіпажу, тому оминати цю тему рішуче неможливо. Насправді РЕБ — це вплив радіоперешкодами (радіовипромінюванням) на засоби системкерування та зв'язку, а також зміна умов середовища, що впливає на поширення радіохвиль. Засоби впливу бувають активними, тобто генеруючими перешкоди, і пасивними, тобто такими, що відбивають радіосигнал. Також є засоби електромагнітного ураження, які працюють за принципом магнетрона, тобто генерації індукційних струмів у ланцюгах електротехнічних пристроїв об'єкта, який піддається опроміненню. На щастя, таких серійних засобів ураження на озброєнні ворога немає. Тому розглянемо доступні та використовувані противником засоби.

Найпоширенішим і найдоступнішим способом є глушіння сигналу. Суть процесу полягає в тому, що на частоті працюючого обладнання, яке необхідно заглушити, подається сильніший шумовий сигнал, який забиває корисний інформаційний сигнал. Можливі варіанти глушення — вплив на систему телеметрії, що призводить до перешкод у роботі або навіть переривання каналу управління БПЛА, вплив на відеопередавач, що заважає трансляції відеозображення з борту БПЛА на наземну станцію або глушіння сигналу GPS, що призводить до дезорієнтації БПЛА. Можливі комплексні види впливу, тобто комбінація одразу кілька частот впливу. Наприклад, одночасне глушіння каналу телеметрії та сигналу GPS призводить до переривання зв'язку з БПЛА та його дезорієнтацію у просторі, що за відсутності інших систем навігації зазвичай призводить до втрати апарата. Глушіння каналу відеопередачі зазвичай нешкідливе і може завадити хіба що коригуванню артилерійського вогню. Активних способів протидії таким перешкодам не існує, є лише рекомендації, як посилити сигнал своєї наземної станції, як виходити із зони впливу засобів РЕБ і як зменшити свою радіопомітність.



## II ЧАСТИНА

### 2.2

### GPS-СПУФІНГ

Спуфінг це підміна сигналу GPS, що транслюється супутниками іншим, сильнішим сигналом, який транслюється з наземної станції. Сигнал від наземної станції спуфінгу вносить коректуру у визначення приймачем власного розташування, що призводить до порушення орієнтування. Простіше кажучи, наземна станція спуфінгу замінює сигнал супутника і дає БПЛА неправильні дані про місцезнаходження. Існує технологія та відповідне обладнання є на озброєнні противника, воно дозволяє таким чином відводити БПЛА на власну територію. Протидіяти цьому екіпаж може, якщо вчасно помітить заміну, відводячи БПЛА додому по магнітному компасу та наземним орієнтирам. Також дає ефект встановлення більш досконалих приймачів GPS, які бачать супутники кількох систем навігації відразу, тим самим нівелюючи ефект від дії підміненого сигналу. Може виявитися ефективним деяке зниження висоти БПЛА, щоб сховатися від станції РЕБ за рельєфом місцевості в радіотінь.

### 2.3

### ПІДМІНА КАНАЛУ КЕРУВАННЯ/ТЕЛЕМЕТРІЇ

Третій спосіб радіоелектронної протидії-це перехоплення каналу керування або телеметрії. Станція радіоелектронної протидії помічає сигнал з пульта чи то з модему, зчитує ключ, визначає протокол управління і своїм сигналом з тим самим ключем, на тій самій частоті перехоплює управління на себе. У разі такої протидії переможе той, чий сигнал від апаратури управління буде сильнішим. В якості протидії розробниками БПЛА застосовуються всілякі способи кодування управляючого сигналу.

Крім засобів радіоелектронної боротьби на озброєнні противника є засоби радіоелектронної розвідки, які знаходять радіовипромінювання, пеленгують місце його знаходження і визначають вид обладнання з точністю аж до кожного конкретного пристрою індивідуально завдяки неповторній сигнатурі передавача (є схожість з відбитками пальців). Тому потрібно знати правила безпеки, намагатися максимально їх дотримуватись.

Одним із пристроїв, що підвищує радіобезпеку і утруднює визначення місця розташування працюючої наземної станції БПЛА, є генератор помилкового сигналу, по суті, «передавач-обманка», що імітує роботу пульта керування БПЛА. Завдяки використанню кількох обманок можна суттєво ускладнити визначення супротивником місця, звідки дійсно працює екіпаж БПЛА, тим самим підвищивши свої шанси на виживання. Як обманку можна використовувати звичайний пульт від несправного або втраченого БПЛА. Рекомендується встановлювати таку обманку на місці, звідки вона працюватиме досить ефективно (високе самотнє дерево, дах будинку тощо).

Так само не варто забувати — що менше екіпаж використовує джерела радіовипромінювання, то складніше противнику запеленгувати місце, звідки він працює. Тобто не варто без нагальної необхідності вести радіопереговори, не варто без необхідності тримати увімкненим пульт управління або модем наземної станції. Якщо є необхідність увімкнення цих радіопристроїв для налаштування роботи комплексу БПЛА, то розміщувати їх треба так, щоб вони не «світили» у бік супротивника — за перепонами, що надійно екранують радіосигнал.



Також слід пам'ятати правила користування мобільними телефонами. Група джерел сигналу мобільного зв'язку в невластивому місці, де зазвичай нікого немає, викликає підозру. Крім того, не варто крутити спрямовану антену в різні боки без потреби. Антенною у процесі польоту супроводжуємо сам БПЛА і нічого більше.

Також слід пам'ятати, що підрозділи радіоелектронної розвідки противника мають вести карту виявлених джерел радіосигналу. Тому не варто постійно літати з одного і того ж майданчика. Треба використовувати кілька різних майданчиків для польотів в той самий сектор і використовувати їх несистематично. Також не в концепції радіобезпеки, а з погляду безпеки взагалі не варто задовго до початку роботи попереджати підрозділи біля площадок про намір використовувати БПЛА в цьому районі. Достатньо попередити їх про це безпосередньо перед самим виходом на майданчик, для мінімізації наслідків від витоку інформації про місце вашої роботи, можливо навіть ненавмисного витоку.

Повітря є середовищем, в якому переміщається БПЛА, тому умовам, процесам у повітрі та погоді варто приділити окрему тему.

Погодою називають сукупність тиску, температури та вологості повітря, сили та напрямки вітру, хмарності, атмосферних опадів, дальності видимості, атмосферних явищ (туманів, хуртовин, гроз) та інших метеорологічних елементів.

Погода постійно змінюється, причому ці зміни можуть бути помітні в досить короткому проміжку часу. Зміни погоди бувають періодичні та неперіодичні. Періодичні зміни погоди пов'язані з обертанням Землі навколо своєї осі (добові зміни) та пов'язані з обертанням Землі навколо сонця (річні зміни). Неперіодичні зміни пов'язані з рухом повітряних мас. Рух повітряних мас викликаний нерівномірним прогріванням земної поверхні внаслідок різного кута падіння сонячних променів. Біля екватора наземний повітряний шар прогрівається значно краще, ніж на полюсах, що викликає перебіг повітряних потоків по всій земній кулі. При перенесенні повітряних мас із одних районів Землі до інших переносяться і характеристики погоди. Тому північний вітер приносить у наші краї холодну погоду, а південний — теплу. Крім цього, для кожного регіону є типова погода, властива лише цьому регіону. Наприклад, для Києва та околиць типовий і найчастіший напрямок вітру — західний. Для Луганська — східний. Тому східний вітер у Київському регіоні говорить про швидку зміну погоди, а в Луганську — навпаки.

Вітер виникає внаслідок нерівномірного розподілу атмосферного тиску та спрямований від зон з високим тиском до зон з низьким тиском.



## II ЧАСТИНА

Внаслідок безперервної зміни тиску напрямок та швидкість вітру постійно змінюється. Зі збільшенням висоти вітер посилюється через зменшення сили тертя поверхню Землі.

### 4.3

#### ФОРМУВАННЯ МІСЦЕВОГО ВІТРУ, ТЕРМІКИ

Земна поверхня неоднорідна за своїм кольором, рельєфом і вологістю. Тому під впливом сонячних променів вона прогрівається нерівномірно. Темніші і сухі поверхні прогріваються значно швидше, ніж світлі та вологі, віддаючи значно більше тепла повітря. Також на прогрів значно впливають схили та височини, наприклад південний схил тепліший за північний, а східний схил прогрівається раніше ніж західний. Усі ці чинники створюють передумови виникнення термічної активності повітря. Тепліше, прогріте повітря, спрямовується вгору (виникають висхідні термічні потоки, або терміки), а на його місце підтягується повітря з холодніших зон (виникає термічний, або місцевий вітер). Так виникають посилення чи навпаки стихання вітру у наземному шарі за умови наявності фонового вітру. За відсутності фонового вітру місцевий вітер дме різноспрямовано і регулярно (у середині дня повного штилю немає практично ніколи).

### 4.4

#### ХМАРИ, ТОЧКА РОСИ, ТЕМПЕРАТУРНИЙ ГРАДІЄНТ

Зі збільшенням висоти температура повітря зменшується. В середньому на кожні 100 м висоти падіння температури становить  $0.75\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Йдеться про сухе адіабатичне зниження температури повітря, яке піднімається. У хмарі відбувається вологе адіабатичне охолодження, і становить приблизно  $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 100 м висоти. Реальні значення зміни температур можуть істотно відрізнятись як у більшу, так і в меншу сторону. Це може бути спричинено вологістю або сильною турбулентністю.

Один із способів розрахунку нижнього краю хмар — за вологістю повітря згідно з таблицею.

Вологість міряємо гігрометром або метеостанцією (можна запитати у снайперів чи артилерії).

ТАБЛИЦЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НИЖНЬОГО КРАЮ ХМАР



Відносна вологість повітря (%)	Висота краю хмар (м)
20	3400
30	2600
40	2000
50	1500
60	1100
70	800
80	500

Другий спосіб розрахунку — за допомогою формули Хеннігша. Визначаємо різницю між температурою повітря та температурою точки роси. (Температуру точки роси беремо з інтернету, вона є у прогнозі погоди для своєї місцевості).

Отриману різницю множимо на 125. Отримуємо висоту нижнього краю точніше, ніж у таблиці. Але слід пам'ятати, що протягом дня висота нижнього краю збільшується.





Екіпажу безпілотної літака слід пам'ятати, що з 10 вересня по 20 травня існує ймовірність зледеніння БПЛА у повітрі. Щоб розуміти свої шанси на успішне виконання місії, слід знати температуру повітря біля землі (термометр), температуру точки роси (інтернет-прогноз), робочу висоту передбачуваного польоту БПЛА та швидкість польоту. Спочатку рахуємо коефіцієнти зміни температури від висоти роботи апарата та швидкості.

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

Зі збільшенням висоти на кожні 100 м температура навколишнього повітря зменшується на 0.75 °C (див. п. 5.4). Спрощено приймаємо зміну температури 1 °C на 100 метрів. Тобто якщо робоча висота БПЛА у нас 400 м, то температура повітря там буде на 4 градуси нижче, ніж біля землі. Далі, кожні 3 м/сек горизонтальної швидкості БПЛА вважаємо як мінус 1 °C. Наприклад, при робочій швидкості БПЛА 20 м/с коефіцієнт становитиме 7 °C. Складаємо ці значення та отримуємо, що сумарний температурний коефіцієнт у нас становить 7 + 4 = 11 °C. Тепер від температури на поверхні землі віднімаємо це значення і отримуємо температуру БПЛА при польоті на робочій висоті. Ця температура повинна бути вищою за температуру точки роси. Якщо вона дорівнює або нижче, то існує величезна ймовірність втрати апарата внаслідок зледеніння.

Математична формула, складена за всіма правилами, трохи відрізняється від нашої, розрахунок спрощений навмисно, для полегшення сприйняття.

Екіпаж повинен уміти розуміти подальший розвиток погоди, хоча б у межах кількох годин. Якщо з дощем та грозою все більш-менш

зрозуміло, то з вітром — не дуже. Для спрощення розуміння того, що відбувається, закликаємо на допомогу статистику. Статистика зазвичай усереднює деякі зібрані дані. Тому беремо годинник із секундоміром, аркуш паперу і починаємо збирати дані. Пішло посилення вітру, помітили початок та кінець посилення — дані записали. Час між посиленнями теж помічаємо та записуємо. Таким чином рахуємо 5–6 циклів посилення/затихання. Отримані дані усереднюємо, тобто вибираємо середньо-типову тривалість циклу (або складаємо час під час посилення і час між посиленням вітру і ділимо на кількість циклів, кому як подобається). Робимо паузу на 15–20 хв. Повторюємо збір інформації та усереднення. Отримані результати порівнюємо. Також необхідно розуміти, що протягом дня вітер трохи повертає за сонцем. Тобто при східному вітрі у другій половині дня буде трохи тихіше дуети, ніж у першій. Також при стабільній погоді вранці та ввечері вітер дуже слабкий або його немає взагалі.

Найправильніша ознака зміни погоди для недосвідченого екіпажу — інтернет. Існує безліч народних прикмет, пов'язаних із погодою, не будемо їх тут згадувати та перераховувати. Також не перераховуватимемо і способи визначення погоди за хмарами. Єдине, що має пам'ятати і за чим спостерігати екіпаж, — будь-яка нехарактерна поведінка вітру веде до зміни погоди (дув усю ніч, дме рано вранці або пізно ввечері, змінює напрямок на протилежний бік від сонця протягом дня тощо).

Простими словами, атмосферний фронт — це поверхня розділу між двома типами погоди. При зближенні та зіткненні мас холодного та теплого повітря між ними виникає похила поверхня розділу, зазвичай помітна за характерними хмарами. Проходження атмосферного фронту завжди супроводжується зміною погоди.



Те, що відбувається у повітрі, найпростіше описувати з прикладу води, оскільки вода і повітря мають багато в чому подібну поведінку. Повітря і вода схоже поведуться під час обтікання перешкоди. На прикладі струмка, в якому лежить каміння, дуже легко побачити, де вода піднімається, де закручується, де виникає турбулентність і як виглядає ротор. Так сама ситуація і в повітрі, коли вітер натикається на перешкоди.

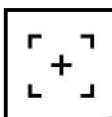
Отже, навітряна сторона — сторона перешкоди, на яку дме вітер.

Підвітряний ротор — завихрення повітря за перешкодою щодо напрямку вітру. Тому за всіма перешкодами, що виникають по дорозі вітру, знаходиться підвітряний ротор. І що дужче дме вітер, то сильніше і більше буде ротор за перешкодою. Існують наукові формули розрахунку розмірів ротора, екіпажу БПЛА їх знати не обов'язково, але слід розуміти, що довжина ротора за перешкодою пропорційна квадрату висоти перешкоди. Тобто до лісосмуги заввишки 5 м точно не варто наблизитися на відстань 25 м з підвітряного боку. При приземленні однозначно краще сідати з вітряного боку від перешкоди, тобто перед лісосмугою, а не за нею (щодо вітру).

UA

DYNAMICS

WARFARE TECHNOLOGIES



ПІДГОТОВКА ДО ПОЛЬОТІВ, ТАКТИКА ПОЛЬОТІВ,  
ПРАВИЛА ПОЛЬОТІВ, ПРАВИЛА ПОШУКУ ЦІЛЕЙ

ЧАСТИНА

III



Для організації роботи екіпажу БПЛА необхідно розуміти кілька речей.

По-перше: БПЛА сам по собі не є зброєю чи універсальними ліками від усіх бід. БПЛА без правильно поставленої роботи та підготовленого екіпажу є просто дуже дорогою іграшкою.

По-друге: екіпаж БПЛА, який не завантажений своєю роботою, буде завантажений іншою, суспільно-корисною роботою, або ж просто призначений у наряд, після чого на ефективній та системній роботі цього інструмента можна буде ставити хрест.

Тому екіпаж БПЛА має працювати у своєму напрямі постійно: немає бойових завдань, отже, виконуємо навчальні польоти. Погана погода — проводимо заняття з топографії або радіосправи тощо.

По-третє: мотивація, а саме самомотивація екіпажу БПЛА, є невід'ємною частиною успішної та системної роботи зі збору та уточнення інформації. Оскільки контролювати екіпаж постійно практично неможливо.

По-четверте: робота екіпажу БПЛА зі стандартним армійським розкладом дуже слабко сумісна (за винятком, мабуть, спеціалізованих БПЛА підрозділів), тому екіпажу крім організації своєї роботи необхідно підлаштовуватися і під реалії, що його оточують.

По-п'яте: у роботу екіпажу БПЛА постійну корекцію вводить погода, тому всі інші фактори, що впливають на роботу, необхідно мінімізувати.

У результаті: отримуємо чимало передумов для того, щоб зрозуміти, розподілити та організувати деякі правила роботи екіпажу, які заощаджують час та сили, беруть від помилок, дозволяють організувати системну роботу.

Працюючий екіпаж БПЛА живе дещо в інших біоритмах, відмінних від звичних солдатських. Найвдалішим і бажаним часом для збору інформації для аеророзвідки, як правило, є час, коли тіні від Сонця

найбільш довгі (для денних систем аеророзвідки), а повітря спокійне — тобто рано вранці і пізно ввечері. Режим роботи нічного розвідника взагалі трохи зміщений з поправкою на остигання або нагрівання об'єктів, які необхідно виявляти. Або взагалі такий, який важко уявити, наприклад, для екіпажу коптера, що польєє за ДРГ. А ще ж необхідно зібратися, спланувати маршрут, перевірити техніку, виїхати на місце, перевірити майданчик, зібрати комплекс. Тому варто для себе розробити і дотримуватися чіткого графіка, який обов'язково включає такі елементи:

- I. День починається з підйому та гігієни.
- II. Ранковий огляд техніки на предмет комплектності та готовності до виїзду
- III. Виїзд на місце польотів
- IV. Огляд та підготовка майданчика
- V. Передпольотний огляд техніки
- VI. Польоти
- VII. Післяпольотний огляд
- VIII. Аналіз інформації
- IX. Розбір польотів
- X. Підготовка та планування до наступних польотів
- XI. Обслуговування автотехніки, озброєння, уніформи
- XII. Вечірній огляд техніки, такий самий, як 2.1.2
- XIII. Виїзд 2.1.3
- XIV. Огляд 2.1.4
- XV. Передпольотна 2.1.5
- XVI. Польоти
- XVII. Післяпольотна
- XVIII. Аналіз



## III ЧАСТИНА

- XIX. Розбір польотів
- XX. Підготовка та планування
- XXI. Вечірній огляд техніки
- XXII. Відбій

Якщо погоди немає, отже, живемо трохи за іншим розпорядком, де замість пп. 2.1.3 — 2.1.10 та 2.1.12 — 2.1.19 пошук майданчика та робота у ролі інтелектуального розвідника з п. 1.3 із 1-ї частини.

А в якихось проміжках між основною зайнятістю необхідно поїсти, щось знайти, купити, випрати, вирішити якісь побутові питання. І щоб встигати зробити все, були розподілені та випробувані ролі.

### 1.2

## РОЛІ В ЕКІПАЖІ

Ролі з'явилися не випадково. Штатний розпорядок підрозділу аеророзвідки (командир, оператор, водій) просто не може фізично врахувати всі нюанси роботи цього підрозділу. Тому незалежно від того, хто ким прописаний у штатному розкладі, ролі в екіпажі необхідно розподіляти, відштовхуючись від особистих знань та навичок кожного члена екіпажу.

1. Командир організовує роботу, взаємодіє із зовнішнім світом лише на рівні командування. Забезпечує дисципліну, відповідає за здоров'я, працездатність та ефективність.
2. Пілот — найпідготовленіший для роботи з пультом член екіпажу. Займається керуванням літака у повітрі.
3. Механік займається питаннями ремонту та обслуговування комплексу. Відповідає за технічний стан комплексу (дрібні ремонти, регламент, заряджання АКБ). Під час виконання польоту керує антенами.

4. Штурман займається навігацією в повітрі та плануванням на землі. Збирає дані про ситуацію, піднімає карту. Веде бортовий журнал. Забезпечує працездатність наземної станції (ПЗ тощо). При виконанні польоту слідкує за показаннями приладів, керує додатковим обладнанням.
5. Водій керує та відповідає за технічний стан та готовність транспортного засобу, який возить БПЛА. Займається забезпеченням побутових питань всього екіпажу (що поїсти де поспати, як знайти, у кого купити і звідки доставити).

Ролі в екіпажі розподіляються залежно від навичок і нахилів, бувають командири- механіки-штурмани, бувають пілоти-водії, але кожен член екіпажу повинен бути в змозі підмінити будь-кого у разі обставин, що склалися. Тому кожен член екіпажу, незалежно від участі, відповідає за роботу всього комплексу. Хоча офіційно за все відповідає командир. Під час роботи не слід замикатися лише на своїй ролі, періодично корисно контролювати ситуацію та на інших ділянках. Після виконання своєї роботи, звісно. Таким чином, працює взаємоконтроль, який покликаний підвищити безпеку польотів та працездатність комплексу.

Самопочуття екіпажу дуже впливає на ефективність роботи. Наприклад, пілот, що не виспався, одним незручним рухом може розбити БПЛА на посадці. Неуважний штурман у процесі планування місії не помітить перепаду висот та втратить комплекс у польоті. Ранні підйоми та пізні повернення з польотів, прийоми їжі у вільний час між польотами ніяк не сприяють дотриманню режиму, необхідного для підтримки високої





### III ЧАСТИНА

працездатності. Особливо, якщо ми говоримо про системну роботу. Екіпаж повинен мати можливість харчуватися та відпочивати. Тому вирішувати побутові питання необхідно насамперед. До початку роботи. Для вирішення побутових питань, що виникають у процесі роботи, є роль «водія», який повинен розуміти, що працездатність екіпажу залежить навіть від відсутності побутових проблем. Тому, передбачаючи роботи з планування чи обслуговування техніки, він дбає про те, що екіпажу є і де спати. У результаті слід розуміти, що шоколадна цукерка, яку правильно навчений водій дав пілоту за 10 хвилин до вильоту, це не освідчення в коханні, а дуже непоганий допінг для мозку, який допомагає зосередитися, прибрати тремтіння в руках і позбавити механіка зайвої роботи з відновлення розбитого планера.

#### 1.5

#### ОДЯГ І ВЗУТТЯ

Аеророзвідник має власну специфіку роботи. Тому є сенс порушити питання, у що його одягнути і як взути. З метою власної безпеки аеророзвідник не повинен відрізнятися від звичайного військовослужбовця. Тут напис на всю спину «Аеророзвідка» та пропелер на рукаві точно не помічники. Аеророзвідник — одна з найпріоритетніших цілей противника поряд з командирами і зв'язківцями. Тому зовні він повинен намагатися виглядати так само, як звичайний стрілець. Для ролі механіка дуже згодиться жилет з безліччю кишень замість «розгрузки», в які можна заховати будь-які викрутки, скотчі, запасні акумулятори та інші необхідні речі, без яких технік не може жити. Для роботи в полі буває корисною вітронепроникна накидка, для холодної пори року. Взуття екіпажу звичайнісіньке, так як ходити аеророзвіднику далеко не потрібно. Комплекс БПЛА — досить громіздкий, його без транспорту далеко не віднесеш. Виняток становлять, мабуть, лише оператори маленьких коптерів, які працюють прямо із бойових розрахунків. Бажано мати водонепроникні бахіли в міжсезоння та тепле взуття взимку, оскільки потрібно досить тривалий час перебувати на одному місці, практично без руху. Окуляри для захисту очей від мошок, пилу та сонця, як мінімум для пілот — обов'язкові.

## ПІДГОТОВКА ДО ПОЛЬОТІВ

1

## ВОДА

1.6

Екіпаж БПЛА працює здебільшого головою. Зневоднення тіла настає при втраті 15% води в організмі. Труднощі з розумовою діяльністю починаються набагато раніше, вже при втраті 5%. Тому в неспекотну пору року — мінімум 1 л води на людину на добу. У спеку — більше. Пити слід воду, а не каву чи газовані напої. Вживання алкоголю екіпажем заборонено. Він гальмує роботу мозку. Можна було б розписати роботу нейромедіаторів та вплив алкоголю на них, але екіпажу БПЛА це знати не обов'язково. У процесі польоту на БПЛА більшість органів чуття людини не бере участі, тому на перший план виходить здатність швидкого мислення та уважної підготовки до польотів. У пілота справжнього літака у процесі управління працює більше органів чуття. Він відчуває крен не тільки зорово, а й за допомогою вестибулярного апарату, обороти двигуна сприймає не тільки з приладів, а й за звуком, наближення до зриву потоку на крилі не тільки через попередження спеціальної системи, а й через зміни в завантаженні ручки управління. Тому зміну крену пілот відпрацює ще до того, як побачить показники авіагоризонту, а зміни в роботі двигуна почує навіть не дивлячись на панель приладів, наближення до швидкості зриву відчує ще до того, як запищить попереджувальний пристрій. У екіпажу БПЛА усі ці канали просто не працюють. Для сприйняття інформації є лише один канал — зір, тому потрібна вся концентрація уваги на зорове сприйняття.

## ХАРЧУВАННЯ ПІД ЧАС ВИХОДІВ У ПОЛЕ

1.7

Крім загальноприйнятих рекомендацій можна додати таке: перша їжа розвідника — сало, оскільки воно на 85% складається з води, будучи при цьому надзвичайно поживним (слід очистити від солі). Також до раціону бажано додати більше солодкого (шоколад або згущене молоко) і відповідно більше води.



## III ЧАСТИНА

### 1.8

#### ПЕРЕДПОЛЬОТНА ПІДГОТОВКА

Передпольотна підготовка необхідна для виявлення та усунення технічних несправностей БПЛА, наземної станції, і навіть підготовки екіпажу до вильоту. Кожна роль в екіпажі виконує свою частину передпольотної підготовки та повідомляє про готовність. Наприклад механік, готуючи до вильоту БПЛА, перевіряє стан пропелера, рульових поверхонь і сервомеханізмів, вузла кріплення крила, самого крила на предмет пошкоджень, фюзеляжу, антен, заряд АКБ. У цей час пілот збирає антени, перевіряє заряд АКБ в антенному блоці, заряд батареї в пульті. Штурман монтує наземну станцію, перевіряє заряд АКБ на комп'ютерах та працездатність наземної станції загалом. Після цього систему перевіряють у зборі (зв'язок наземної станції з БПЛА, працездатність камери, ДПС модуля, відеоканалу). Екіпаж промовляє польотне завдання, обговорює порядок та ролі на зльоті та приземленні, дії у позаштатних ситуаціях. Завжди виконується в одній і тій же послідовності одними і тими ж ролями.

### 1.9

#### ПІСЛЯПОЛЬОТНИЙ ОГЛЯД

Виконується після приземлення апарата. Часто огляд проводиться вже після залишення льотного майданчика з метою безпеки. Тобто спочатку ідемо з «засвіченого» місця старту, а потім уже проводимо всі інші дії. Післяпольотний огляд включає в себе: ретельний огляд апарату, його частин і деталей на предмет виявлення пошкоджень або несправностей, що виникли в польоті або в результаті приземлення; вилучення розрядженого акумулятора, встановлення зарядженого у разі справності апарату. Дані про політ заносяться до бортового журналу та журналу обліку акумуляторів. Як і у випадку з передпольотною підготовкою, огляд необхідно проводити за тією самою схемою, в тому самому порядку щоразу. Дії кожної ролі також синхронні. Поки механік розбирає та оглядає БПЛА, пілот згортає антенний модуль, штурман вимикає наземну станцію та екіпаж швидко покидає майданчик.

Основні види акумуляторів, що використовуються у БПЛА. На сьогодні використовуються 5 основних типів акумуляторів:

1. Pb (lead-acid або свинцево-кислотні);
2. NiCd (нікель-кадмієві);
3. NiMh (нікель-металгідридні);
4. LiPo (літій-полімерні);
5. LiFePO<sub>4</sub> (літій-ферофосфатні, також відомі як A123, LiFe, LiFo, літій-фосфати).

Свинцево-кислотні (Pb) акумулятори стосовно БПЛА використовуються, практично, тільки як джерело енергії для підзарядки в польових умовах інших типів акумуляторів і як джерело живлення стартера і стартової панелі для силових установок з ДВЗ. Дуже часто як акумулятор виступає бортовий акумулятор автомобіля. Такі акумулятори характерні невибагливістю, високими струмами віддачі, але мають велику вагу і повільно заряджаються.

Нікель-кадмієві (NiCd) акумулятори часто використовуються для живлення передавачів, а також як силові в тих випадках, де важливі струми віддачі і великий ресурс. Не кожен NiCd акумулятор може бути використаний як силовий. Побутові NiCd батареї, як правило, не здатні до віддачі великих струмів і придатні лише для живлення передавача і в деяких випадках — бортової електроніки на БПЛА з ДВЗ. Для живлення силової установки можна використовувати лише промислові акумулятори, розраховані на великі струми. NiCd акумулятори характерні своєю невибагливістю, але мають досить велику вагу при невеликій питомій ємності. Недоліком, який дещо ускладнює їх експлуатацію, є так званий ефект пам'яті, про який ми скажемо трохи нижче.

Нікель-металгідридні (NiMh) акумулятори прийшли на заміну NiCd. Все вищезазначене про NiCd, в цілому, відноситься і до NiMh. Відмінність NiMh у тому, що вони мають, як правило, помітно більшу ємність при тій самій

вазі, як і аналогічні NiCd. «Ефект пам'яті» у них менш виражений. Термін придатності NiMh зазвичай менше, ніж NiCd.

В останні роки для літаючих моделей та БПЛА набули великого поширення літій-полімерні (LiPo) акумулятори. Вони легкі, мають дуже високу ємність відносно їх ваги і розміру, високі струми віддачі, можливість швидкого заряду. Завдяки цьому вони стали основним джерелом енергії для електричних силових установок БПЛА. На жаль, не обійшлося і без недоліків: LiPo акумулятори виявилися досить критичними до режимів експлуатації. У разі розрядження такої батареї нижче за допустимий рівень вона безповоротно виходить з ладу, а перевищення напруги на батареї може призвести до її вибухового самозаймання. Тим не менш, переваги LiPo акумуляторів переважають їх недоліки, і тому їх використовують, дотримуючись певних правил експлуатації.

Нещодавно з'явилися батареї, що випускаються американською компанією «A123 Systems», звідки й пішла їхня популярна назва «A123». Вони є розвитком напряму літій-полімерів та у своїй основі мають хімічну формулу LiFePO<sub>4</sub> (ферофосфат літію). Завдяки цій формулі вони отримали багато альтернативних назв — LiFe, LiFo, літій-фосфати тощо. Дані батареї виявилися, на перший погляд, просто знахідкою: невибагливі, стійкі до ударів, довгоживучі, невибагливі до частого балансування, не бояться помірних перезаряджень і глибоких розряджень, віддають великі струми, і головне — штатно допускають дуже швидко зарядку за 15 — 20 хв, що в польових умовах просто неоціненно. Однак і тут не обійшлося без недоліків: обмежений ряд ємностей (на виході лише 2300 мАг), більша, порівняно з LiPo вага, низька напруга на банку і досить велика його просадка під навантаженням. Якби не це, вони могли б зайняти нішу LiPo.

Для зарядки всіх типів перелічених вище типів батарей використовується всього два основних методи: метод постійного струму з деякими варіаціями (для NiCd, NiMh) і метод CC-CV (для Pb, LiPo, LiFePO<sub>4</sub>). Докладно зупинитись на особливостях зарядки кожного типу ми не будемо, розглянемо лише NiCd, NiMh та LiPo.

Практично всі зарядні пристрої для таких акумуляторів використовують метод «дельта пік» (він же «-dV», він же «мінус дельта VE») для визначення закінчення заряду. В даному методі використовується властивість нікелевих акумуляторів, при якому наприкінці зарядки напруга на акумуляторі починає знижуватися на деяку незначну величину (близько 30 мВ з розрахунку на одну банку). При цьому абсолютне значення напруги не має жодного значення, воно може бути від 1.4 до 2.0 на одну банку. Так само немає жодного значення абсолютне значення номінальної ємності акумулятора, що пояснює відсутність такого параметра налаштування у багатьох зарядних пристроїв. У NiMH акумуляторів спад напруги в кінці зарядки менш виражений, ніж у NiCd акумуляторів, і може становити лише 2 мВ на банку (ZeroPeak).

Метод визначення кінця зарядки «дельта пік» добре працює при струмах заряду від 0.3C і вище, де C — номінальна ємність акумулятора. Наприклад, для акумулятора ємністю 1500 мАг мінімальний струм заряду, при якому впевнено працюватиме метод «дельта пік», дорівнює  $0.3 * 1500 = 450 \text{ мА} \sim 0.5 \text{ А}$ .

При менших струмах існує небезпека того, що напруга акумулятора в кінці заряду не почне знижуватися, а зависне на деякому рівні. Зарядний пристрій не зможе точно визначити факт закінчення зарядки і не відключиться, а перезарядження при струмах більше 0.1C завдає шкоди акумулятору, зменшуючи його ємність. Максимальне значення струму обмежується типом і виконанням конкретного акумулятора. Це значення, як правило, не написано на самій батареї, але його можна знайти у технічних характеристиках на сайті виробника елементів батареї. На сьогодні практично всі NiCd і NiMH акумулятори здатні заряджатися струмом до 1C за умови нормального (природного повітряного) охолодження. Але існують акумулятори, здатні без наслідків витримувати зарядні струми до 4C (15-хвилинний режим заряду). Такі акумулятори зазвичай використовуються як силові в електромоделях, а оскільки літєві акумулятори практично повністю зайняли нішу силових електроустановок, то зустрічаються ці акумулятори досить рідко.



Отже, верхня межа зарядного струму визначається не тільки типом і виконанням, а й умовами охолодження конкретного акумулятора. Як відомо, у процесі зарядки NiCd і NiMh акумулятори розігріваються тим сильніше, чим більше зарядний струм, причому у металгідридних акумуляторів розігрів помітно сильніший, особливо в кінці зарядки. Максимальна допустима температура при зарядці для більшості акумуляторів дорівнює 55–60 градусів. Таким чином, зарядний струм потрібно підбирати так, щоб температура заряду не перевищила зазначений поріг. Чим гірші умови охолодження, тим меншим має бути зарядний струм. Але для надійної роботи методу «дельта пік» він повинен бути не менше 0.3C. На сьогодні наймасовіше застосування NiCd та NiMh акумуляторів у комплексах БПЛА — це передавачі апаратури управління та бортове живлення на моделях з ДВС установками. І в одному, і в іншому випадку акумулятори мають обмежене охолодження. Але, як правило, струм заряду близько 0.5C не викликає перегріву акумуляторів у передавачах та на борту. З усього вищесказаного випливає, що для акумуляторів даного застосування оптимальним є струм заряду 0.3 — 0.5C. Наприклад, для передавача Spektrum DX7 з акумуляторами 1500 мАч оптимальним є струм заряду від  $0.3 * 1500 = 450$  мА до  $0.5 * 1500 = 750$  мА. Крім того, у багатьох передавачах в ланцюзі акумулятора вбудований запобіжник, який «згорає» при спробі зарядити акумулятор передавача струмом більше 1А.

NiCd і NiMh акумулятори мають так званий ефект пам'яті. Практичний сенс його в тому, що акумулятор «звикає» віддавати в процесі розряду ту ємність, яку він отримав при останніх зарядах. Якщо заряджати напіврозряджений акумулятор, просто добиваючи його до максимуму, то з часом він починає віддавати тільки цю половину, втрачаючи ємність. Тому для тривалого життя нікелевих акумуляторів їх слід циклювати хоча б один раз на місяць. Процес циклування полягає в повному розряді акумулятора з наступним його зарядом. Якщо акумулятор вже старий, і має зменшену ємність через ефект пам'яті, то його можна реанімувати в невеликих межах (але не повністю — до 10 — 20%). Для такої процедури достатньо зробити 3 повні цикли, всі наступні цикли зазвичай вже не дають позитивного результату.

Тепер від теорії розряду перейдемо до практики. Зарядні пристрої мають дві основні установки для розрядження акумуляторів — струм

розряду і напругу, до якої слід розряджати акумулятор. Зі струмом все просто: що менший струм розряду, то ефективніший процес (повніше відбувається розряд). Якщо у вас немає обмежень у часі, струм 0.1A буде правильним вибором, а якщо часу зовсім обмаль, то струми розряду до 0.3C цілком допустимі. З напругою, до якої розряджати акумулятор, справа трохи складніша. Сенса у тому, щоб не допустити повного розряду (до нуля) бодай однієї банки в батареї. Наприклад, маємо послідовну батарею, що складається з 4 банок, причому одна з банок має трохи меншу ємність (що зустрічається дуже часто). При розрядженні ця банка перша розрядиться, і напруга у ній почне падати до нуля, тоді як у інших банках напруга буде номінальною. Якщо в цей момент не зупинити процес розрядження батареї, то по банці, на якій напруга дорівнює нулю, буде протікати струм розряду інших банок, перезаряджаючи її в зворотній полярності. Такий режим є згубним для «найслабшої ланки» батареї. Звідси для акумулятора, що складається з N послідовних банок, мінімальну напругу розряду можна визначити за формулою:  $U=1.25*(N-1)$ . Наприклад, для передавача Spektrum DX7, в якому батарея складається з 8 послідовних банок, мінімальна напруга розряду дорівнює:  $U=1.25*(8-1) = 8.75 \sim 8.8$  вольт. Але в деяких зарядних пристроях напруга розряду визначається з розрахунку на одну банку, тоді формула буде така:  $U=1.25*(N-1)/N$ . Для DX7 це буде  $U=1/25*(8-1)/8=1.09 \sim 1.1$  вольт/банку. Крім двох основних налаштувань режим циклування може мати ще деякі налаштування, наприклад час паузи між циклами. Цей час потрібен для того, щоб дати акумулятору охолонути після заряду перед тим, як розпочати розряд.

Одне з найчастіших запитань: чи можна заряджати NiCd або NiMh батареї в кілька прийомів, зарядивши їх частково, а потім пізніше продовживши заряд? Відповідь така: загалом можна, але не слід включати заряд негайно після його припинення — слід почекати деякий час. І не ставити на заряд повністю заряджену батарею — при цьому метод визначення кінця заряду -dV може не спрацювати і батарея буде перезаряджена, що не піде їй на користь. Крім того, якщо між такими дозарядками батарею використовувати, то другий заряд «добиватиме» батарею після віддачі їй частини ємності, що безпосередньо вплине на виникнення ефекту пам'яті. Отже, в окремих випадках це допустимо, але не як постійна практика. Або треба робити регулярно циклування.





Деякі зарядні пристрої NiCd і NiMh мають альтернативні методи заряду, такі як Reflex. Суть в тому, що у процесі заряду прямим струмом батареї періодично подаються короткочасні імпульси зворотного струму розряду. За деякими даними це зменшує прояв ефекту пам'яті, руйнуючи утворені всередині кристали і покращуючи дифузю газів, що виділяються всередині бульбашок, що дає можливість дозаряджати батарею без циклування. Важко точно сказати, наскільки цей метод ефективний на практиці, але якщо він є в зарядному пристрої, чому б не спробувати?

#### 1.12

#### LIPO (ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНІ) АКУМУЛЯТОРИ

Ці акумулятори мають неперевершений показник питомої (на одиницю маси) енергії, і навіть здатні віддавати великі струми розряду. Так що в моделях з силовою електроустановкою цим акумуляторам практично немає поки альтернативи.

Коротко перерахуємо основні правила експлуатації LiPo акумуляторів, надаючи нижче докладні пояснення причин тому, хто цим цікавиться.

Під час процесу зарядки LiPo використовуйте лише спеціальний зарядний пристрій для LiPo. Заряджайте лише під наглядом.

У разі якогось внутрішнього пошкодження під час зарядки може статися самозаймання та пожежа — фотографії згорілих під час заряджання LiPo акумуляторів машин можна знайти в інтернеті. Заряджайте акумулятори, поклавши їх на негорючу поверхню.

Ніколи не заряджайте акумулятор без балансиру — пристрою, що контролює і вирівнює напруги на кожній «банці» в послідовно з'єднаній батареї. Для пристроїв типу iMax B6, G.T.Power A6 і подібних до них, що мають вбудований балансер і вибір методів заряду, завжди вибирайте режим Balance Charge замість просто LiPo Charge. Останній режим не балансує та не контролює кожну з банок.

Для зарядки використовуйте струм не більше 1С, якщо ви на полі, і близько 0.5-0.7С в таборі — повільніше заряджання продовжить термін служби акумулятора.

Додаткова інформація: деякі нові типи батарей типу Hyperion G3 допускають зарядку струмами до 5С. В цьому випадку можна рекомендувати таку зарядку у польових умовах, а на базі 2 — 3С буде достатньо, хоча зарядка при 1С не погіршить ситуацію. Намагайтеся не доводити батарею до повного розрядження, краще залишити в ній 10 — 20% ємності та зарядити її повторно, ніж «вбити» її за один політ.

Якщо є можливість, намагайтеся використовувати батареї з деяким запасом по номінальному струму. Це продовжить термін їх служби.

Як вказувалося вище, батареї LiPo дуже критичні до режиму експлуатації. При їхньому заряді використовується метод CC-CV. Тобто спочатку батарея заряджається деяким фіксованим струмом (constant current — CC), при цьому напруга на банках батареї зростає. Після досягнення напруги 4.20 вольт на кожній банці батарея вже заряджена приблизно на 95%, і зарядний пристрій переходить до другої фази алгоритму заряду CV (constant voltage, постійна напруга).

При цьому струм поступово знижується так, щоб напруга на кожній банці не перевищила 4.20 вольт. Ця величина визначається хімією LiPo батареї. Перевищення її допустимо не більше, ніж до 4.25 вольт, а досягнення значення 4.30 і вище може призвести до вибухового самозаймання.

Фазою заряду CV у польових умовах можна знехтувати: вона додає лише останні 5% ємності, але займає від третини до половини загального часу заряду при заряді струмом 1С.

Тому можна припиняти заряд після досягнення батареєю максимального значення напруги, заощаджуючи час.

При розрядженні в процесі експлуатації неприпустимо зниження напруги на кожній із банок нижче 3 вольт. Достатньо один раз посадити LiPo батарею до 2.5 вольт на банку, і її можна буде викинути. Після такого розрядження батарея може «здутися», вона втрачає більше половини ємності і перестає віддавати номінальний струм розряду, або просто не заряджається. Протягом короткого часу батарея втрачає ємність майже повністю.



Звідси стає зрозумілим, що проблема експлуатації LiPo полягає в тому, що при зарядці необхідно контролювати напругу на кожній із банок, щоб не вивести її з ладу, а при наступній розрядці стежити, щоб акумулятор розряджався не нижче за допустимий мінімум. Звичайний зарядний пристрій може контролювати напругу на батареї в цілому, але при великому розкиданні напруги на банках цілком можливий варіант, коли на одній з них ще 4.05V, а на другій вже 4.30V. Зарядка бачить лише сумарні 8.35V і продовжує заряджати батарею до 8.40V (4.20\*2). При цьому напруга на другій банці перевищує 4.30V, що з великою ймовірністю призводить до спалаху. При розрядці незбалансованої батареї ця проблема здатна призвести до перерозряду окремо взятої банки незважаючи на те, що сумарна напруга ще вище, ніж 3V, помножені на кількість банок.

Для вирішення цієї проблеми використовується спеціальний пристрій, який називається балансиrom. У процесі заряду він стежить за напругою на кожній із банок і вирівнює їх між собою. При цьому зарядний пристрій вимикає заряд вчасно, не виводячи акумулятор із ладу. При розрядженні збалансованої батареї всі банки також розряджаються більш-менш рівномірно, і при зниженні сумарної напруги до 3V на банку повинно спрацювати відсікання регулятора, щоб запобігти виходу батареї з ладу. Багато сучасних зарядних пристроїв вже мають вбудований балансиr, яким обов'язково слід користуватися. Для цього, крім силового кабелю, підключають окремий балансувальний роз'єм батареї, і вибирають відповідний режим заряду. Для пристроїв, які не мають вбудованого балансира, необхідно придбати окремий зовнішній балансиrний пристрій.

Струм заряду LiPo повинен перевищувати 0.1 ємності акумулятора, тобто максимальний струм заряду дорівнює 1C. Наприклад, для заряду акумулятора ємністю 2200 мАг струм заряду не повинен перевищувати 2.2 А. У той же час не слід ставити струм заряду менше, ніж 0.5C. У деяких зарядних пристроях (Duratrax ICE) стоїть таймер, що не відключається, на заряд LiPo акумуляторів на 3 години. Поставивши маленький струм, зарядний пристрій може не повністю зарядити акумулятор, а відключитися по таймеру. Є зарядні пристрої, які мають вштований таймер, але немає сенсу в його застосуванні для заряду LiPo.

Примусово розряджати або циклювати літійовий акумулятор немає сенсу, оскільки ці батареї не мають ефекту пам'яті і зберігаються в зарядженому стані (найбільш оптимальний режим зберігання — 60% заряду). Струм розряду акумулятора може бути будь-яким, але не більше його номіналу, вказаного на етикетці, а також в одиницях величини ємності С.

Наприклад, 20С на акумуляторі 1000 мАч означає, що максимальний безперервний струм розряду дорівнює  $20 * 1000 = 20000 \text{ мА} = 20 \text{ А}$ . Слід зазначити, що якщо не використовувати акумулятор на межі його можливостей, він проживе набагато більше циклів. Скажімо, для одного з фірмових дорогих LiPo з номінальним струмом 30С наводяться такі типові дані: при заряді та розряді струмами 1С виробник гарантує 500 циклів без істотної втрати ємності. При заряді струмом 1С, але розряді максимальним допустимим струмом 30С кількість циклів складе всього 50 (впаде в 10 разів). Це дає гарний приклад того, чому бажано мати запас струму батареї при підборі силової установки.

У процесі зарядки або розрядки не допускайте нагрівання акумулятора понад  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Місце, в яке встановлено акумулятор на моделі, має мати добру вентиляцію і повинно добре продуватися. Не загортайте акумулятор у теплоізоляційні матеріали (поролон, пінопласт). Якщо так сталося, що акумулятор нагрівся, дайте йому охолонути перед використанням (зарядкою або розрядкою).

#### ПРАКТИЧНІ ПОРАДИ ЩОДО ОСНОВНИХ ТИПІВ БАТАРЕЙ: NiMH, NiCD

1.13

Струм заряду: від 0.3С до 0.5С, де С — ємність акумулятора в ампер-годинах. За умови доброго охолодження та контролю температури — до 1С.

За умови хорошого охолодження та контролю температури — до 1С.

Струм розряду: від 0.3С до 0.1А (що менше, то краще, але довше).

Мінімальна напруга при розряді визначається як  $U = 1.25 * (N-1)$  або в розрахунку на кожен банку  $U = 1.25 * (N-1) / N$ .



### III ЧАСТИНА

Приклад для батареї NiMh 1500 мАг 8 банок (передавач Spektrum DX7):

1. Струм заряду 0.5-0.8 А;
2. Струм розряду при циклюванні 0.1-0.4А (менше — краще);
3. Мінімальна напруга на батареї 8.8 вольт або 1.1 вольт/банку.

#### 1.14

#### ПРАКТИЧНІ ПОРАДИ ЩОДО LIPO

Струм заряду: 0.5-1С (менше — краще).

Струм розряду: циклування не потрібно, але в цілому не вище від номінального, вираженого в одиницях ємності С.

Мінімальна напруга: 3 вольти на банку.

Приклад для батареї LiPo 2200 20С 11.1в:

1. Струм заряду 1.1-2.2 А;
2. Струм розряду: до 44А;
3. Мінімальна напруга на батареї: 9 вольт (але не менше 3 вольт на кожній із банок).

#### 1.15

#### ОБСЛУГОВУВАННЯ НАЗЕМНОЇ СТАНЦІЇ, РОБОТА З ОПЕРАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ, ІНТЕРНЕТ, АНТИВІРУС

Наземна станція для БПЛА є комп'ютером, до якого підключається антенний блок. В середині антенного блоку, як правило, встановлено джерело живлення (акумуляторна батарея), яке необхідно періодично заряджати та оглядати.

Що стосується антенного поля — все, що необхідно, це стежити за геометрією (не допускати погнутості) і періодично усувати наслідки

неакуратного транспортування. Трохи докладніше опишемо взаємини екіпажу з комп'ютером наземної станції. Як правило, у складі комплексу є ноутбук, іноді два, із встановленою операційною системою типу Windows. Описувати тонкощі та нюанси роботи з нею тут немає сенсу, зупинимося лише на тих можливих проблемах, які застосовуються у роботі цих ПК у полі як наземна станція.

Для оновлення системи зробимо більш детальний опис: Windows іноді намагається встановити оновлення в самий невідходящий час. Наприклад, іноді під час польоту БПЛА система намагається пропонувати перезавантажитись для встановлення оновлень, а то й просто перезавантажується без попередження, і починає їх встановлювати сама. Тому на кожному вечірньому огляді техніки не полінуйтеся перевірити стан оновлень, щоб не було несподіванок під час польотів. Перевіряйте встановлений антивірус, актуальність вірусних баз та перевіряйте систему на чистоту. Відключивши оновлення повністю, ви виключите проблему перезавантажень з вини системи оновлення, але відкриєте потенційну дірку в безпеці операційної системи. Повністю виключити спілкування з чужими носіями інформації вам навряд чи вдасться, тому намагайтеся утримувати операційну систему в актуальному стані. З Linux і подібними операційними системами проблем менше, практично немає зовсім, але такі системи використовуються у поодиноких випадках.

Вихідним в авіації вважається будь-який день, коли немає погоди для польотів. Використовується такий день для пошуку нових польотних майданчиків, інтелектуальної розвідки див. п. 1.3 з 1 частини, ремонту та обслуговування техніки. Але ранковий та вечірній огляд технічного стану БПЛА проводяться завжди у повному обсязі. У вихідний зазвичай ранковий огляд комплексу БПЛА для ролі «технік» та «пілот» переростає в планові роботи з обслуговування та ремонту та закінчується до вечірнього огляду. Слід максимально ефективно використовувати нелітні дні, щоб не пропускати можливі льотні з технічних причин.



### III ЧАСТИНА

1.17

#### ЗБЕРІГАННЯ ТЕХНІКИ

Зберігають комплекси за правилами зберігання побутової електроніки: у сухому прохолодному місці, у розібраному стані, подалі від ПММ, легкозаймистих речовин та сильних електромагнітних полів (трансформатори, електромотори тощо). Потрібно враховувати, що сильні перепади температури приводять до виділення вологи, у тому числі на електроніці БПЛА.

1.18

#### ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Перевозити комплекс БПЛА наполегливо рекомендується у спеціальній тарі та у спеціально обладнаному для цього транспортному засобі. Через відсутність транспортного засобу, на полях, а також на невеликій відстані від лінії розмежування комплекс транспортується в руках екіпажу. Через неправильне транспортування комплекс виходить з ладу швидше, ніж у процесі експлуатації. Під час руху на стартовий майданчик для польотів і з нього, комплекс перевозять в руках для зменшення часу перебування в небезпечній зоні та запобігання пошкодженням під час руху поганими дорогами. Дуже важливо, щоб екіпаж відпрацював алгоритм завантаження/ розвантаження комплексу у транспортний засіб та порядок посадки самого екіпажу.

Рекомендується дотримуватися одного і того ж алгоритму посадки/ завантаження і транспортувати всі частини комплексу, поклавши їх однаково, щоб зменшити ймовірність втрати або пошкодження будь-якої частини.

Транспортний засіб в ідеалі повинен вмщати комплекс у бойовому стані, щоб дозволяти екстрену евакуацію комплексу. Зовні він має бути непримітним, без будь-яких написів, кронштейнів під антену або самих антенних блоків. В ідеалі такий транспортний засіб потрібно обладнати стаціонарними кофрами для транспортування комплексу на далеку відстань і зберігання ЗІП.

У цьому розділі описані практичні рекомендації, всі твердження тут є наслідком накопиченого досвіду.

Отже, є комплекс БПЛА, є екіпаж, який вміє цей комплекс експлуатувати. З чого ж розпочати роботу?

## ВИБІР СТАРТОВИХ МАЙДАНЧИКІВ

2.1

Найперше, що робить екіпаж, прибувши на місце служби, — визначає основні напрями, за якими необхідно буде літати. Знаючи це, екіпаж починає пошук майданчиків для розміщення наземної станції та/або зльоту/посадки. Залежно від робочої дальності комплексу БПЛА вибирають віддалення лінії розмежування. Зазвичай це близько 10% від дальності, але рельєф грає вирішальну роль у виборі майданчика. Виходячи з досвіду необхідно вибирати майданчик на височині.

Що вище буде встановлена наземна станція, то далі буде радіогоризонт і більше місця для маневру. Також необхідно враховувати розташування опорних пунктів по обидва боки лінії розмежування. Працювати поблизу свого опорника рекомендується на певному віддаленні, щоб не наражати свій опорник на ризик обстрілу у разі розкриття місця вашої роботи противником. Але не йдіть дуже далеко, щоб можна було запросити допомогу або заїхати для зарядки АКБ, або обробки даних. Працювати в умовах прямої видимості з опорного пункту супротивника не рекомендується. Також необхідно перевіряти майданчик та місця потенційних засідок біля майданчиків на наявність МВЗ або диверсійних груп щоразу перед початком роботи.

Не зайвою буде практика використання сигнальних загороджень групою безпеки. Наполегливо рекомендується встановити контакт з найближчими опорними пунктами для отримання інформації (див. п. 1.3 із 1 частини, яка буде корисна для уточнення цілей і завдань польотів).





## III ЧАСТИНА

### 2.2

#### ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ, ПОСТАНОВКА ПОЛЬОТНОГО ЗАВДАННЯ

Будь-який політ має бути спланований. Спонтанний політ вже є передумовою до льотної події. Для будь-якого польоту потрібні цілі, завдання та план, у якому обчислюються обмеження, пов'язані з ТТХ, погодою, умовами тощо. Навіть, якщо ви літаєте у навчальних цілях. Для навчального польоту план польоту виглядає так.

Завдання — покращити навички управління БПЛА.

Цілі: 1 — безпечно злетіти, 2 — зробити впевнений правий розворот, 3 — пролетіти по прямій, 4 — зробити впевнений лівий розворот, 5 — пролетіти по прямій, 6 — виконати впевнений захід на посадку та 7 — безпечно приземлитися.

Обмеження (розпишемо правила підрахунку нижче) — доступний час у повітрі 40 хвилин з урахуванням температури та сили вітру, протидії РЕБ не передбачається, політ проводимо у полі зору.

Тут ми починаємо розуміти, що робитимемо, як і навіщо.

Бойовий виліт має дещо інші завдання та цілі, але точно не буває на кшталт «полетимо кудись туди, раптом щось там знайдемо». Навіть, якщо у нас немає жодних даних, що збираються в п. 1.3 1-ї частини, ми плануємо політ у ймовірну точку знаходження супротивника (емпірично або за топографічними передумовами), вздовж візуальних орієнтирів, які можуть стати нам у нагоді для навігації. Потрібно намагатися планувати виліт, складати маршрут та обраховувати обмеження завчасно, кілька разів перевіряти дальності, висоти та маршрут. Тільки спланувавши свої дії, ми починаємо політ.

### 2.3

#### ПОЧАТОК І КІНЕЦЬ ПОЛЬОТІВ, РОЗБІР ПОЛЬОТІВ, ЖУРНАЛ

Політ завжди починається з передпольотної підготовки, п. 2.8, уточнення метеоумов та перевірки готовності екіпажу. У разі роботи

над своїми опорними пунктами не зайвим буде потай попередити їх. Польоти вважаються закінченими після проведення розбору польотів та заповнення бортового журналу та журналу обліку АКБ. На розборі польотів екіпажем обговорюються деталі вильоту, зазначаються недоліки та зміни, тобто проводиться повний аналіз.

Робляться висновки як щодо техніки, так і щодо дій екіпажу. Усі характерні деталі вносяться до бортового журналу. Бортовий журнал БПЛА не є звітним документом. Він покликаний насамперед допомогти самому екіпажу контролювати технічний стан комплексу, стежити за змінами, що відбуваються, і вести облік ресурсу техніки. Аналіз та розшифровка привезеного фото та відеоматеріалу до розбору польотів не відноситься.

ПРИКЛАД БОРТЖУРНАЛУ						
№ з/п	№ БПЛА	Дата	Час у повітрі	Відстань	Події	Примітки
1	521	15.09	45 хв	40 км	Жорстка посадка, заміна гвинта	8 супутників, вітер 4 м/с, залишок батареї 30%

Для розуміння ситуації з АКБ рекомендується вести журнал обліку, де кожна батарея підписана, по ній зрозуміло кількість циклів напрацювання та приблизна ситуація з ресурсом. Наприклад, є завдання: провести аеророзвідку вздовж рокадної дороги у глибині території супротивника. Летіти далеко і довго, необхідно вибрати найкращу батарею з наявних. Як визначити найкращу? Найкращою буде та, що за інших рівних заряджалася рідше і рівніше.

ПРИКЛАД ЖУРНАЛУ БАТАРЕЙ				
№	№ бат	Дата	Режим зарядки	Примітка
1	2	15.09	Звичайний 1С	Спрацювання повернення при низькій напрузі у попередньому польоті



На дальність та час польоту впливає безліч факторів: температура, сила вітру, вологість, технічний стан БПЛА. Як вихідні дані можна взяти дані щодо дальності та радіусу зв'язку у розробника. Реальні дані іноді можуть значно відрізнятись. Якщо розробником задекларовано 60 км пробіг на батареї в штиль, то при вітрі 5 м/с борту доведеться пройти більший шлях відносно повітря, ніж у штиль. Підтвердимо це простою математикою (для «сферичного БПЛА у вакуумі», тому що в житті все трохи складніше). Вихідні дані, наприклад такі: борт летить 20 м/с, вітер дме 5 м/с. Дальність, яку нам необхідно подолати, 48 км за прямою. Фактично вітер нам заважатиме лише половину дороги, відповідно ділимо його на 2. Виходить, що 48 км ми пролетимо за 2400 секунд із вітром 2.5 м/с, що дасть нам зайвих 6 км пробігу в повітрі відносно землі. Загальний пробіг при виконанні у нас становитиме 54 км, а не 48 розрахункових. У реальному житті все відбувається дещо інакше, так як вітер ніколи не дме з однією і тією ж швидкістю, реальна дальність польоту БПЛА залежить від повітряної швидкості БПЛА і т.д.

Важливо розуміти, що з посиленням вітру коло можливостей БПЛА звужується, а розуміння, наскільки саме, приходить із накопиченням досвіду польотів. Для розуміння реальних можливостей свого комплексу рекомендується літати за принципом від простого до складного. Після повернення з польоту, на розборі, аналізувати пройдений шлях, погодні умови, швидкість та залишок батареї. Так прийде розуміння реальних можливостей свого комплексу у реальній обстановці.

В автопілоті запрограмовано поріг спрацьовування для сценарію Fail-safe з напруги живлення в бортовій електромережі, при умові досягнення якої БПЛА виконає команду RTL і полетить додому. Щоразу просаджувати батарею до такої напруги не варто, рекомендується повертатися з

10 — 15% запасу напруги ДО порога спрацьовування. Вважається, що сучасні LiPo АКБ не чутливі до температури навколишнього повітря. Це не зовсім так. При мінусових температурах електрохімічні реакції в АКБ проходять повільніше, ніж при плюсових, тим самим впливаючи на силу струму віддачі. Експерименти показують, що втрата ємності при низьких температурах все ж таки має місце. Вважаємо, що коефіцієнт втрат для морозів — до 20% залежно від температури. У будь-якому випадку необхідно розуміти, що при температурі нижче 0 ємність батареї менша, а наскільки менша — необхідно уточнювати дослідницьким шляхом.

99% вильотів у підрозділи аеророзвідки відбувається власне з метою аеророзвідки. Правила та прийоми проведення аеророзвідки слід знати досконально. Потрібно знати район польотів, попередньо вивчивши його на карті, і приблизно уявляти, де шукати супротивника і припускати, якого саме супротивника слід шукати. Існує помилкова думка, що аеророзвідка шукає техніку, позиції та живу силу. Це не зовсім так. Аеророзвідка шукає сліди та тіні. А техніка та позиції знаходяться самі, за слідами та тінями, які вони залишають.

Пряма аналогія аеророзвідки — рибалка. Можна як завгодно довго шукати рибу там, де її немає і так і не знайти. Можна випадково спіймати щось. А можна ловити рибу цілеспрямовано, знаючи, як і де вона живе, де харчується та як пересувається.

За прямою аналогією будемо свою картинку і для аеророзвідки. Противник живе на базах та опорних пунктах, харчується від складів, а пересувається дорогами. Відповідно, відкривши топографічну карту, а найкраще Google Earth, ми можемо уявити, де і що потрібно шукати.



Бази знайти найпростіше. Як правило, це територія якогось промпідприємства зі складськими приміщеннями та майданчиком для стоянки техніки або база відпочинку, піонерський табір, санаторій, школа-інтернат. Насправді, не так вже й багато територій, придатних для розміщення базових таборів та баз зберігання.

Блокпости шукаємо на дорогах, недалеко від населених пунктів, на в'їзді та виїзді, тут все просто.

Опорні пункти часто розташовуються на околицях населених пунктів або переважно на висотах, які мають стратегічний напрямок.

З околицями більш-менш зрозуміло, а опорні пункти у полі на висотах ми шукаємо за слідами.

Як це не дивно, але сліди — найінформативніше джерело інформації. Зверху добре видно, що саме, як часто і як давно їздило землею або ходило. По ширині колії добре видно тип техніки, за кольором колії видно, як часто і як давно техніка використовувалася. Зверху добре видно витоптані ґрунтові майданчики, які утворюються на місцях розвантаження боєприпасів та продовольства. Навіть схеми та позиції охорони, розміщення засекречених місць можна добре розрізнити по протоптаних стежках. Якщо ви бачите терикон, а під териконом досить накатана площадка зі слідами розвороту техніки — вітаю, ви знайшли пункт спостереження. Артилерійські позиції видають себе слідами характерних розворотів, стартові майданчики РСЗВ помітні завдяки помітній ерозії ґрунту, випаленого струменями газів. Крім того, сліди техніки, що прямують прямо через поля по прямій, зрізуючи кут по пшениці, нам можуть розповісти про те, хто їх залишив. Місцеві, як правило, своїми полями не їздять. Якщо бачите доріжку прямо, перед вами, швидше за все, сліди регулярної армії супротивника.

Для того щоб ваш БПЛА літав довго і без проблем, слід пам'ятати кілька правил. Займаючись зйомкою доріг, ніколи не літайте над дорогою. Пройдіть одним проходом трохи лівіше, іншим — трохи правіше. По-перше, вас таким чином складніше виявити, по-друге, у вас більше шансів зробити зйомки артилерійських позицій, які досить часто знаходяться неподалік дороги. Особливо часто їх роблять у погану погоду.

Літаючи над позиціями супротивника, не варто літати вздовж позицій, завжди проходите позиції впоперек. Для захоплення у кадр всіх позицій робіть кілька проходів. Знімаючи базові табори не варто крутитися над самим табором, пройдіть стороною. Навіть, якщо вас помітять, вразити ціль з високою кутовою швидкістю проблематично, а факт виявлення себе противник може і не визнати, адже БПЛА пройшов осторонь. Ніколи не робіть розворотів над самою ціллю, навіть нехай передбачуваною. Всі проходи робіть по прямій, розворот виконуйте здалеку.

При повороті БПЛА збільшує обороти двигуна, змінюється тональність роботи двигуна, що привертає увагу, площина або борт БПЛА може відкинути відблиск, це демаскує. Також варто розуміти, що під час розвороту камера БПЛА, якщо вона розміщена стаціонарно, а не на підвісі, бачить не те, що ви думаєте. БПЛА може бути в якомусь крені, під час зйомки, що не дозволить захопити площу безпосередньо під ним. Фотографуючи землю з якимось кроком, намагайтеся отримувати зображення з накладкою, щоб мінімум 1 раз ціль вийшла чітко.

В ідеалі потрібно побачити ту саму ціль з кількох ракурсів. Але роблячи знімки занадто часто, ви захаращуєте накопичувач БПЛА не дуже інформативними кадрами. Це не дуже критично саме по собі, але дуже ускладнює розшифровку отриманої інформації.

Вибираючи час польотів, екіпаж орієнтується на кілька факторів. Перший фактор — це погода. Погода має дозволити БПЛА досягти



## III ЧАСТИНА

необхідного району, відпрацювати його та повернутися. Наступний фактор, який впливає на інформативність фотографії, — це тінь. Тінь, що падає від об'єкту, дозволяє зрозуміти, що саме перед вами. Людське сприйняття налаштоване на стереозображення, яке поки що для БПЛА недоступне. Тінь надає зображенню відчуття тривимірності, інформацію, яка дозволяє ідентифікувати об'єкти в тривимірному просторі. Спостерігаючи за довжиною тіні, можна робити висновки про реальні розміри необхідного об'єкта. Знаючи довжину тіні відомого вже об'єкта, (наприклад, ідеальна підказка — стовп ЛЕП), можна порахувати висоту інших об'єктів на фотографії. Зрозуміти, яка є насправді глибина колії, можна лише побачивши тінь. Деякі об'єкти вдається ідентифікувати завдяки тіні в різний час доби. Звідси робимо висновок, що намагатися літати «денному» аеророзвіднику потрібно тоді, коли тіні найбільші. Якщо, звісно, дозволить погода.

### 3.2

#### УВІМКНЕННЯ ТА ВИМКНЕННЯ ФОТООБЛАДНАННЯ

Також не зайвим буде розуміння того, коли саме варто вмикати фотоапаратуру. Для уникнення попадання фотографій наших позицій до рук супротивника (у разі аварії БПЛА за лінією фронту), включення фотоапарата під час вильоту необхідно робити вже за лінією дотику. Минули дружні позиції — фотоапарат увімкнули. На зворотному шляху фотоапарат можна і не вимикати, іноді інформація про те, як виглядає своя позиція, буває дуже корисною для господарів позиції. Побачивши, як вони виглядають зверху, господарі позиції розуміють, що саме необхідно ховати від аеророзвідки противника.

### 3.3

#### ОЧИЩЕННЯ БОРТОВОГО НАКОПИЧУВАЧА

Для виключення випадків попадання вашої розвідінформації в руки противника необхідно взяти собі за правило завжди видаляти фото і

відеоматеріали з бортового накопичувача після того, як перенесли їх собі на наземну станцію. В ідеалі, звичайно, не просто видаляти, а видаляти без можливості відновлення, але для цього потрібен час або кілька змінних карток пам'яті. Також не зайвим буде очистити лог автопілота, оскільки в нього записується інформація про кожен політ цього борту, точки зльоту та посадки, маршрути тощо. При попаданні до рук противника такої інформації можливі неприємності. Як це робити та чи можна — необхідно уточнювати у виробника БПЛА.





### III ЧАСТИНА

БПЛА із встановленим тепловізором є дуже ефективним нічним аеророзвідником. Але для ефективної роботи екіпажу потрібна адаптація до нічних польотів. Денний екіпаж без досвіду, швидше за все, полетіти просто не зможе, також будуть складнощі із приземленням. Для приземлення літака потрібні АНО — навігаційні вогні на борту, а коптеру знадобиться нічна курсова камера. Далеко не всі екіпажі можуть посадити літак, орієнтуючись по АНО.

#### 4.1

#### ПРАВИЛА ПОШУКУ ЦІЛЕЙ

Час максимально ефективної роботи для БПЛА з тепловізором обмежений набагато сильніше, ніж у БПЛА з фотоапаратом. Вся справа в тому, що після заходу сонця земна поверхня та предмети на ній остигають нерівномірно, але досить швидко. «Броня» у тепловізорі світиться після заходу сонця яскравіше, ніж земля, а після остигання стає темнішою, ніж навколишній рельєф. Повне остигання проходить у проміжку близько 2-х годин максимум (час сильно залежить від температури та погодних умов). Сліди від людей і техніки в тепловізорі теж видно, але не весь час, а кілька хвилин.

#### 4.2

#### ПРАВИЛА ПОЛЬОТІВ НАД ЦІЛЛЮ

Під час нічних польотів основним демаскуючим фактором є звук. У нічний час, коли часто вітру просто немає, звук поширюється набагато краще. Тому над ціллю варто літати по прямій, без маневрування та набору висоти. Всі правила поведінки польоту над ціллю вдень підходять і для нічних польотів.

## РОЗВІДУВАЛЬНИЙ ВИЛІТ У ТЕМНИЙ ЧАС ДОБИ

4

## ВИМАНЮВАННЯ ТА ПСИХІЧНИЙ ВПЛИВ НА ДРГ ТА ЗАСІДКИ

4.3

БПЛА, зокрема коптерного типу, в ідеалі з тепловізором чудово справляються з пошуком ДРГ та груп, що проводять розвідку боєм. Екіпаж такого дрона розташовується на опорному пункті, підходить до якого необхідно переглядати, і за допомогою тепловізора виявляє супротивника. У разі застосування противником засобів теплового маскуванню практикується спосіб виманювання. Суть методу полягає в тому, щоб на великій швидкості, на віддаленні граничної дистанції ураження стрілецькою зброєю від передбачуваного місця розташування ДРГ робиться кілька проходів. Група, навіть якщо не демаскує себе, зрозуміє, що вона виявлена та піде. У разі виявлення групи можливе коригування вогню АГС або міномета, які є на опорному пункті.

## БЕЗПЕКА

4.4

Під час роботи безпосередньо з опорного пункту необхідно вживати додаткових заходів безпеки. Стояти на повний зріст на позиціях — не найкращий вибір пілота.

Наполегливо рекомендується використання радіорепітера та робота з укриття. Також слід пам'ятати про радіобезпеку та можливу протидію супротивника в радіоефірі.



## III ЧАСТИНА

За винятком варіанта використання коптера проти ДРГ, виліт на коригування артилерійського вогню виконується за вже розвіданою та підтвердженою ціллю. Це дає можливість розрахувати час перебування над ціллю і правильно спланувати політ.

### 5.1

#### РАДІОБЕЗПЕКА

Під час виконання вильоту на коригування рекомендується дотримуватись додаткових заходів радіобезпеки. Є сенс летіти до цілі, не використовуючи відеоканал, включати його безпосередньо над ціллю, на початку коригування. Це забезпечить додаткову скритність.

### 5.2

#### МЕЖИ ВИДИМОСТІ ЦІЛІ ДЛЯ ПЕРШОГО ЗАЛПУ ТА НАСТУПНИХ СЕРІЙ

При пристрільці артилерії по цілі необхідно бачити ситуацію навколо цілі, щоб упевнено бачити, куди ліг розрив; для початкових пострілів у квадраті хоча б 800x800 метрів, для наступного вогню 400x400 цілком достатньо.

### 5.3

#### УТОЧНЕННЯ ПІДЛІТНОГО ЧАСУ ТА КООРДИНАЦІЯ З АРТИЛЕРІЄЮ

Перед початком стрілянини у артилерії необхідно дізнатися підлітний час снаряда після пострілу, щоб правильно розрахувати свої заходи для оптимального утримання об'єкта в межах видимості, а також для того, щоб відрізнити свої розриви навколо цілі від чужих. Необхідно попередньо обговорити з артилерією питання організації та правила стрілянини.

ВИЛІТ НА КОРИГУВАННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ВОГНЮ	5
--	---

ПРАВИЛА ПРИСТРІЛЮВАННЯ ПО ЦІЛІ	5.4
--------------------------------	-----

Перед стріляниною необхідно обговорити з артилерією, що стрільба буде вестися тільки по команді. Жодних самостійних пострілів, інакше коригування буде неможливим. Перед вильотом необхідно подати координати цілі на артилерію та почути їхню доповідь про те, що вони навели і готові стріляти. Після цього БПЛА піднімається у повітря та вилітає в район цілі. Коли екіпаж переконається в наявності цілі на місці і вибудує свій захід на ціль, підібравши швидкість та висоту таким чином, щоб бачити ціль максимально довго — на артилерію подається команда «одним снарядом вогонь». Визначається відхилення розриву від мети і подається на артилерію. Після того, як артилерія скоригувала свої установки і доповіла про готовність, робиться наступний постріл, але тільки за командою аеророзвідника, який має попередньо вибудувати наступний захід на ціль, щоб забезпечити оптимальне спостереження за розривом.

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ СНАРЯДА, КОРИГУВАННЯ	5.5
--	-----

При заході на ціль необхідно зорієнтуватися на сторони світу, щоб розуміти напрямок відхилення. Зорієнтувавшись, необхідно прив'язатися до характерних ознак-орієнтирів. Стріляти у чистому полі, без орієнтирів, кружляючи над метою безглуздо. Літак на ціль заходить з різних боків або крутиться, якщо дозволяє висота, а без прив'язки до конкретних орієнтирів дуже складно прив'язатися до сторін світу в такому режимі. Наприклад, ціль — позиції артилерійської батареї, розвідані раніше. Є підтвердження з передової, що батарея звідти відкрила вогонь. Подаємо координати на артилерію і робимо запит про час підльоту. Артилерія відповідає «підлітний час 40 секунд» і повідомляє про готовність до стрілянини. Вилітаємо. Над ціллю включаємо відео, підтверджуємо перебування батареї супротивника. Робимо захід на ціль таким чином, щоб бачити квадрат 800 на 800 м навколо цілі через 40 секунд після



### III ЧАСТИНА

команди «вогень». Зазначаємо орієнтир «опора ЛЕП» на південь від цілі. У розрахунковий час даємо команду «вогень» на артилерію.

Помічаємо розрив. Співвідносимо розрив з орієнтиром і положенням цілі, наприклад, снаряд відхилився на 200 метрів до ЛЕП. Даємо на артилерію коригування «північ 200 наводь». Чекаємо від артилерії «готовий». Будуємо захід, щоб бачити ціль у квадраті 400x400 через 40 секунд після команди. За готовністю даємо команду «вогень».

5.6

### ПРАВИЛА ПОВЕДІНКИ ЛА НАД ЦІЛЮ, ПОБУДОВА ЗАХОДІВ, ШВИДКІСТЬ, ВИСОТА

Якщо дозволяє погода, коригування вогню можна вести з висот понад 600 метрів, особливо не побоюючись зенітного вогню супротивника і просто кружляючи над метою. Якщо погодні умови або тип апарату не дозволяє працювати з таких висот, необхідно робити заходи методом «Ромашка», коли кожен наступний захід БПЛА на ціль виконується з ракурсу, відмінного від попереднього.



### «РОМАШКА»



<b>ВИЛІТ НА КОРИГУВАННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ВОГНЮ</b>	<b>5</b>
---	----------

Швидкість на заході вибирають мінімально стійку та безпечну, ракурс перших заходів — проти вітру або з невеликим бічним градієнтом. Відпрацювавши, йдуть наступний захід, додавши швидкості, для зменшення ризику потрапити під обстріл.

<b>ПІДТВЕРДЖЕННЯ УСПІХУ КОРИГУВАННЯ, ПОВЕРНЕННЯ ДОДОМУ</b>	<b>5.7</b>
--	------------

Після того, як розрив ліг приблизно за 50 метрів від цілі, дають команду «залп», якщо буде стріляти батарея, або серію в кілька пострілів, якщо стріляє один ствол.

Коригувати вогонь, переводячи менш ніж на 50 метрів, неможливо за технічними обмеженнями артилерійських прицільних застосунків. У разі потрапляння в ціль факт фотографується, на артилерію дається команда «ціль вражена», «припинити вогонь», апарат повертається на землю.



## III ЧАСТИНА

Використання БПЛА для супроводу колон є одним із контрдиверсійних інструментів та заходів, яке поряд з рештою застосовується для підвищення безпеки. Тема поки що не дуже популярна, але прецеденти використання вже є. Тут не описуватимемо особливості застосування коптера у складі головного дозору колони, де все просто, лети і дивися за поворот. Тут опишемо особливості та правила застосування БПЛА літакового типу, що застосовується для проведення колони з віддаленої позиції.

### 6.1

#### ВИБІР СТАРТОВОГО МАЙДАНЧИКА

Правила пошуку стартового майданчика, описані раніше, цілком можуть бути застосовані і для завдань супроводу з єдиною різницею — в даному випадку віддаленість від лінії зіткнення не має вирішального значення, вирішальне значення має максимальна доступність до всіх ділянок дороги на всьому відрізку шляху, яким рухається колона.

### 6.2

#### ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ МІСЦЬ ОБЛАШТУВАННЯ ЗАСІДОК

Вивчаючи район майбутніх польотів по карті важливо відзначити придатні для засідки ділянки дороги. Як правило, це ділянки зі складним рельєфом, лісові масиви, різкі повороти, мости, біля яких є зручна дорога для відходу диверсійної групи. Особливу увагу необхідно приділяти другій половині маршруту, ділянці дороги, що ближче до кінцевого пункту призначення.

## ВИЛІТ НА СУПРОВІД КОЛОН

6

## ПРАВИЛА ПОШУКУ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЗАСІДОК

6.3

Засідку шукаємо по слідах, які залишили транспортні засоби, по зміні характеру придорожного рельєфу, тобто досліджуємо не лише дорогу, а насамперед досліджуємо можливі шляхи евакуації диверсійної групи з ймовірних для облаштування засідки позицій. Вильотів на пошуки засідок необхідно робити кілька. Завчасно відлітати маршрут, розшифрувати отримані дані, потім звірити їх із тими, що будуть отримані з вильоту, проведеного безпосередньо перед висуванням колони.

## ПРАВИЛА ВЗАЄМОДІЇ З КОЛОНОЮ

6.4

Необхідно обговорити способи та порядок зв'язку з колоною протягом усього маршруту. Зв'язок необхідний як зі старшим колони, так і з дозорною групою, групою охорони та наданими підрозділами. Бажано встановити зв'язок з артилерійською групою, яка буде готова допомогти у разі потреби, обговорити з нею порядок стрілянини та подачі команд (див. п. 3.8).

## ПРАВИЛА ВЗАЄМОДІЇ З ПІДРОЗДІЛАМИ НА ПОЧАТКУ ТА НАПРИКІНЦІ МАРШРУТУ

6.5

Перед початком просування необхідно встановити зв'язок із головним дозором колони, дати добро на проходження. Надалі, залежно від руху колони, необхідно рухатися перед головним дозором. Після проходження половини шляху огляд слід починати від кінцевого пункту маршруту. При досягненні головним дозором кінцевого пункту увага екіпажу БПЛА переноситься в хвіст колони для виявлення одиниць техніки, що відстали і зламалися. Супровід колони це кілька годин роботи, отже, кілька польотів. Тому екіпажу дуже важливо правильно розрахувати





час та дистанцію для кожного та уважно спостерігати за витратою та залишком заряду у польоті. Щоразу, йдучи на заміну батарей, необхідно сповіщати старшого колони, чи головний дозор яким-небудь умовним сигналом і повідомляти їх після повернення.

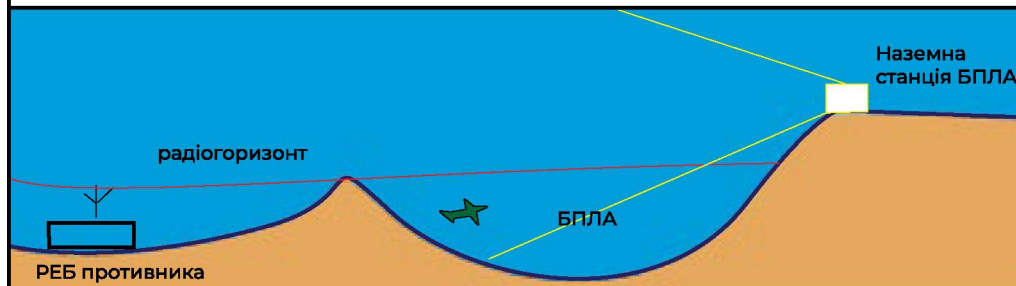
Кожен екіпаж БПЛА рано чи пізно зіткнеться із РЕБ протидією противника. Активних засобів боротьби з РЕБ зараз у нас немає.

Пошук та знищення засобів РЕБ за допомогою артилерії — одне з пріоритетних завдань екіпажу будь-якого БПЛА. Тому при розшифровці знімків і відеоінформації особливу увагу необхідно приділяти автотехніці з кунгами, вертикальним тіням, які можуть виявитися тінями від антен, окремо техніці, особливо вантажівкам з кунгами, що стоїть парами. Один із них зазвичай машина РЕБ, другий — електростанція.

Для боротьби з РЕБ екіпаж БПЛА може застосовувати лише різні методи маневрування. Дуже важливо для цього правильно обрати майданчик, на якому встановлено наземну станцію управління. Для боротьби з РЕБ екіпаж БПЛА може застосовувати лише різні методи маневрування. Дуже важлива для цього правильна обрана площадка, на якій встановлено наземну станцію управління. Використовуючи природні укриття та рельєф, можна відвести БПЛА за радіогоризонт системи РЕБ супротивника. Тому будь-яке перевищення майданчика установки станції управління дає більший радіогоризонт, тобто трохи більші можливості відходу БПЛА вниз при спробі сховатися від РЕБ за рельєф.

При попаданні в перешкоди РЕБ необхідно прийняти рішення або про повернення, або про прорив. Повертати БПЛА потрібно з прямої, не доводячи ситуацію до літання колами, оскільки кожне коло при заглушеному GPS дає 20 градусів помилки до курсу. Після того як апарат почав кружляти з заглушеним GPS, довіряти можна тільки магнітному компасу, який рано чи пізно дасть помилку через істотну різницю з показаннями GPS. Вказівку БПЛА «Летіти сюди» в такому

## БОРОТЬБА З РЕБ



режимі необхідно давати, попередньо збільшивши масштаб карти, щоб зменшити помилку GPS. Тобто якщо для повернення додому необхідно летіти на захід, ми зменшуємо карту і командуємо БПЛА летіти кудись у Західну Німеччину, згодом зміщуючи точку південніше чи північніше, щоб повернути вправо або вліво. І починаємо притискатися до рельєфу, тобто зменшувати висоту, не забуваючи при цьому про особливості рельєфу. Ворожі засоби РЕБ дуже рідко стоять на височинах, тому радіогоризонт у них низький. Прориватися через РЕБ перешкоди також можна подібним чином, головне бути впевненим, що перешкода досить вузька. Більша швидкість, менша висота, точка, до якої необхідно летіти ставиться на видалення кількох тисяч км. Вкрай не рекомендується недосвідченим екіпажам влаштовувати подібні «битви» з РЕБ супротивника.

Втративши зв'язок з бортом не слід впадати у відчай. Намагайтеся передати команду знову і знову, рано чи пізно вона пройде. Можливо не з першого разу, а з десятого. Намагайтеся повернути антену у бік передбачуваного місцезнаходження БПЛА, намагайтеся визначити місце джерела сигналу точніше. Можливо, за антеною варто спробувати додати якийсь екран-відбивач, для покращення сигналу (ми намагалися навіть використовувати для цього пластину бронезилета, одягненого на штурмана). У будь-якому разі, за борт у повітрі варто боротися до кінця.



#### ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ (ЗАГАЛЬНІ: ЗЛІТ, ПОСАДКА, НАБІР ВИСОТИ, ПОВЕДІНКА НАД ЦІЛЛЮ)

Для успішної роботи на невеликій відстані від лінії зіткнення з противником, слід знати деякі правила, які допоможуть уникнути виявлення. Для невеликих коптерів, які мають невеликий радіус дії, варто виконувати набір висоти на тлі якихось високих будов, ліній ЛЕП, териконів. Екіпажу бажано підняти коптер на невелику висоту, відігнати убік, а потім виходити на робочу висоту. У зворотному порядку виконується приземлення. Вкрай не бажано злітати і сідати поруч із будь-якими військовослужбовцями, не важливо, противник це чи свої. Дружні підрозділи збивають БПЛА ефективніше за противника, оскільки над супротивником обстріл очікуєш і маневруєш. Якщо дружній вогонь почався, не намагайтеся сісти або летіти до себе, це просто небезпечно. Намагайтеся здійнятись вгору і сповістити стріляючих.

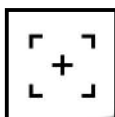
Особливістю коптерів є низька швидкість зниження. Рекомендується виконувати зниження у міру повернення до місця приземлення, переконавшись, звичайно, що це безпечно. Також не варто забувати відключати навігаційні вогні.

При плануванні місій для літакових БПЛА намагайтеся уникати різких поворотів. Плавні повороти заощадять батарею і не так демаскують БПЛА, як різкі зміни курсу. Намагайтеся не робити довгих перельотів між точками маршруту, на деяких прошивках автопілота відсутня компенсація зносу за вітром, тому під час руху БПЛА здуватиме, і до точки (поворотника) борт підійде не так, як заплановано в маршрутній програмі, а проти вітру. Саме ця компенсація не працює під час виконання команди «Летіти сюди», поданої під час виконання маршруту. Потрібно це враховувати.

UA

DYNAMICS

WARFARE TECHNOLOGIES



ОБРОБКА ФОТО- ТА ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ

ЧАСТИНА

IV

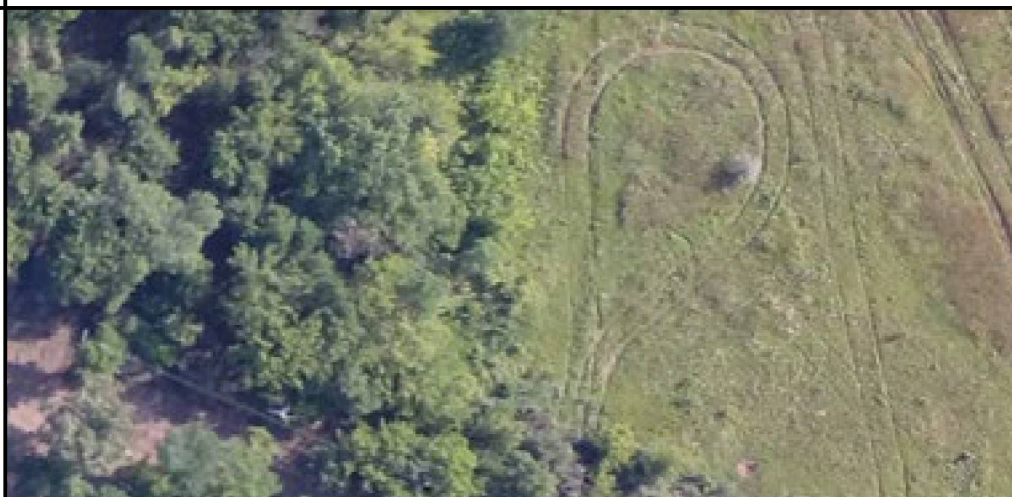


## IV ЧАСТИНА

Привезти розвіддані — половина справи. Правильно розшифрувати та обробити їх — не менш важлива частина роботи, ніж сам збір.



### ПРИКЛАД РОЗВІДДАНИХ



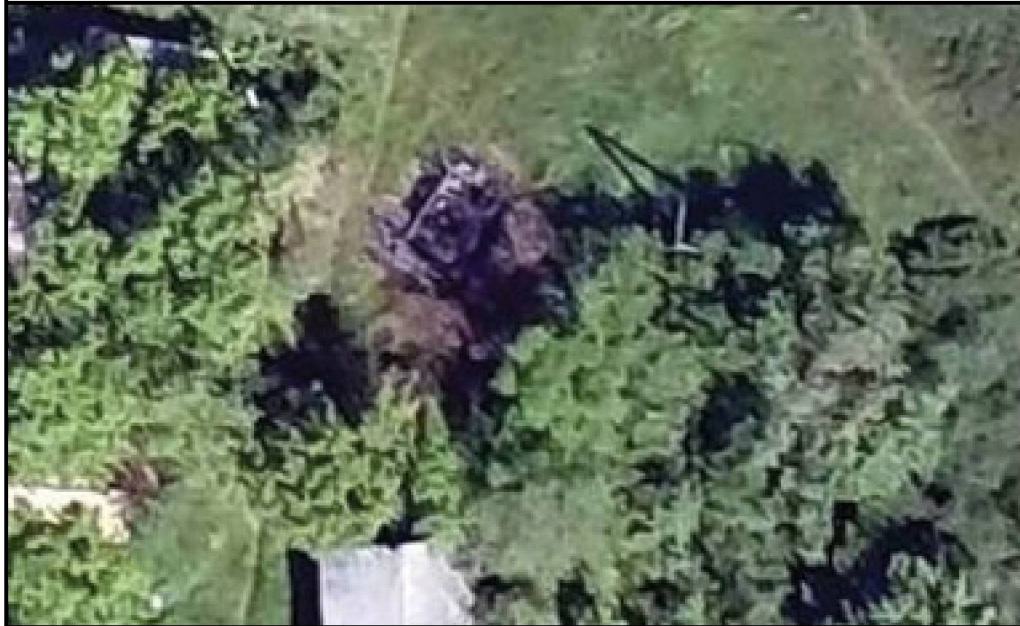
Так виглядає техніка, яку не видно, на перший погляд. Вона видає себе слідами. Екіпаж БПЛА виявив наполегливість, контролюючи цю галявину при найменшій нагоді, і «підловив» БМП супротивника.



### ПРИКЛАД РОЗВІДДАНИХ



## ПРИКЛАД РОЗВІДДАНИХ



А це така сама, але вже правильно помічена техніка.

Що можна сказати, дивлячись на ці фотографії? На першій фотографії техніка видає себе слідами, на другій фотографії техніка видає себе вихлопом, а на третій її вже не потрібно видавати себе. Що саме за техніка була на третій фотографії, можна визначити за розміром, взявши за зразок розміру тінь від стовпа, яку там чітко видно. Завдання аеророзвідника — прискорити перехід стану техніки з першої та другої фотографії до третьої.

## СЛІДИ, СВІЖІСТЬ, ГЛИБИНА

## 1.1

Найкраща підказка аеророзвіднику — слід. Слід говорить про те, що предмет у кадрі, схожий на техніку, переміщався.



#### IV ЧАСТИНА



#### ПРИКЛАД СЛІДУ ВІД ТЕХНІКИ



#### ПО СЛІДУ МОЖНА ВИЗНАЧИТИ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ПОЛЬОВИХ СКЛАДІВ



Характерний витоптаний майданчик видає місце частого завантаження/  
розвантаження та розвороту транспорту.

НАГЛЯДОВИЙ ПУНКТ ВИДАЛИ  
СВІЖІ СЛІДИ ЗАЇЗДУ НА ПОКИНУТИЙ ТЕРИКОН



АРТИЛЕРІЙСЬКІ ПОЗИЦІЇ ВИДАЮТЬ  
СЛІДИ ХАРАКТЕРНОГО РОЗВОРОТУ ТЕХНІКИ







#### IV ЧАСТИНА

За кольором та глибиною сліду можна зробити висновок про давність.



#### СТАРІ ГОРИЗОНТАЛЬНІ СЛІДИ ТА СВІЖЕ КОЛО РОЗВОРОТУ



#### ЗА ІНТЕНСИВНІСТЮ І КІЛЬКІСТЮ СЛІДІВ МОЖНА ВИЗНАЧИТИ ЧАСТОТУ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ПОЗИЦІЙ

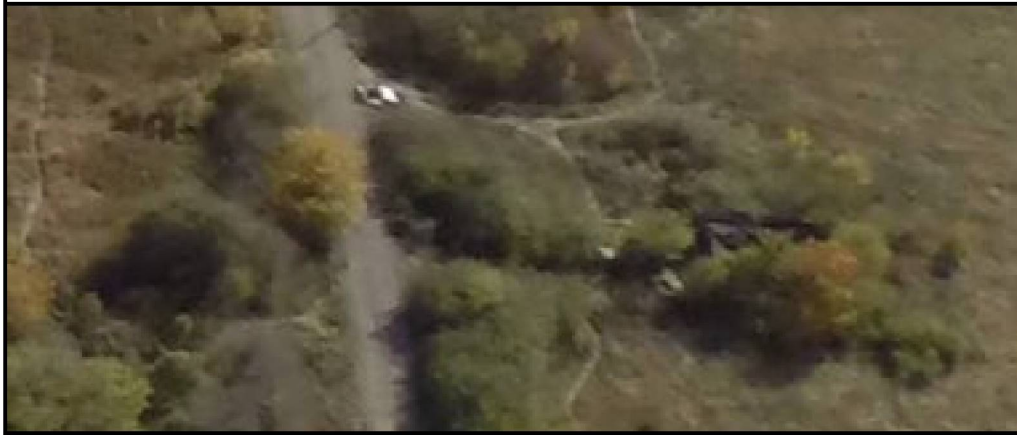


## РОЗШИФРОВКА ФОТОМАТЕРІАЛІВ

1

І навіть стежки, якими ходять пішки, а не їздять на техніці, добре видно зверху і дозволяють зробити висновок про місця знаходження позицій охорони та секретних об'єктів

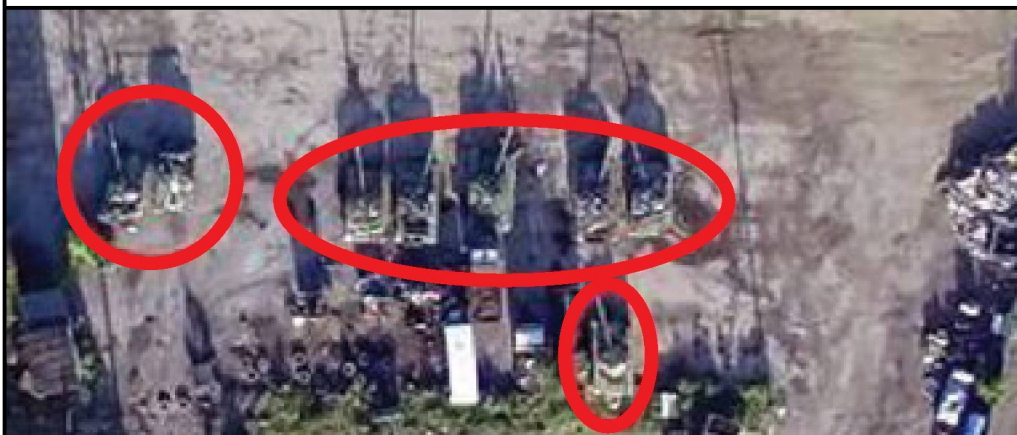
### ПРИКЛАД СЛІДУ ВІД ПІШОХІДНИХ СТЕЖОК



### РОЛЬ ТІНІ, ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ПО ТІНІ

1.2

### ТІНЬ НАДАЄ ФОТОГРАФІЇ ІНФОРМАТИВНОСТІ





## IV ЧАСТИНА



### ДОЗВОЛЯЄ ОЦІНИТИ РОЗМІРИ ПРЕДМЕТА



Тут, знаючи висоту стовпа, рівну 6 м, можна сказати, що стовп, який дає тінь, на блокпосту є. А розмір машини можна визначити, порівнявши її із бетонними плитами перекриття довжиною 6 м, якими накритий бліндаж. Тією ж пропорцією можна підрахувати розміри й інших предметів на фото.

### 1.3

### ПРОПОРЦІЇ

Не знаючи точних розмірів не ідентифікованої техніки, їх можна оцінити приблизно, порівнюючи з розмірами ідентифікованої техніки. Три машини з білими колами зверху здавалося б схожі на БРДМ. Однак знаючи розміри автомобілів «Урал» і «КАМАЗ», можна з упевненістю сказати, що це точно не БРДМ, а БТР-97 «Постріл».

## РОЗШИФРОВКА ФОТОМАТЕРІАЛІВ

1

### ПРИКЛАД РОЗВІДДАНИХ



### ФІЛЬТРУВАННЯ В Ч/Б

1.4

Як один із способів, що допомагають у розшифровці фотоматеріалів, можна застосовувати зміну фотографії в чорно-білий режим. Це прибирає колірний шум, дозволяючи розрізнити лінії техніки чіткіше, а камуфляж нанесений на тканину, сильно освітлює, роблячи його помітним на тлі природних кольорів.

### ПРИКЛАД РОЗВІДДАНИХ В Ч/Б





## IV ЧАСТИНА

### 2.1

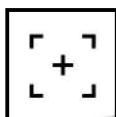
## РОЗШИФРОВКА ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ

Для розшифровки відеоматеріалів використовуються ті самі методи, що і для фото. Для перегляду відео вкрай бажано застосовувати відеопрогравач, який дозволяє переглядати покадрово відзнятий відеоматеріал.

UA

DYNAMICS

WARFARE TECHNOLOGIES



КОМПОНЕНТИ БПЛА, КОМПОНЕНТИ НАЗЕМНОЇ СТАНЦІЇ,  
КОМАНДИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

ЧАСТИНА

V



## V ЧАСТИНА

### 1.1

## АВТОПІЛОТ, ВИДИ, РІЗНИЦЯ

Автопілотів для БПЛА придумано безліч, про всі говорити немає сенсу. Зупинимося на основних, які найчастіше використовуються.

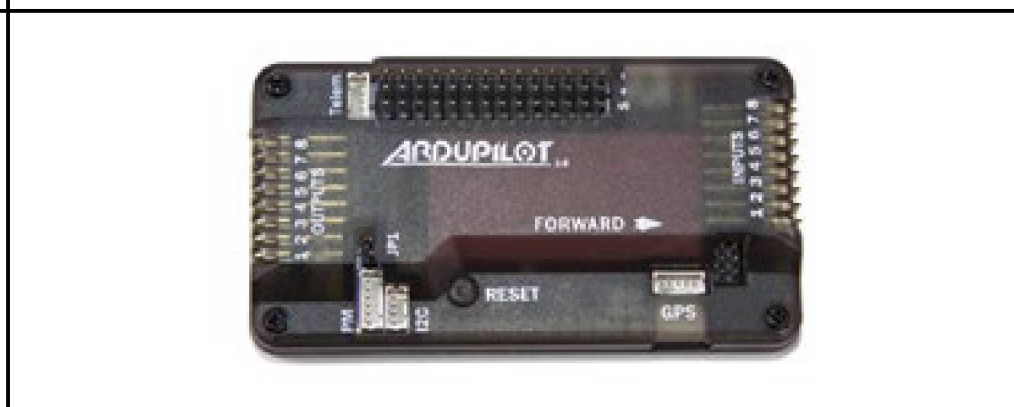
Коптери в основному будуються з використанням автопілота від компанії DJI, який називається NAZA. Практично ідеальне рішення для коптера. Закритий вихідний код, мінімум налаштувань, рішення в коробці — «купив і полетів».



### АВТОПІЛОТ DJI NAZA



### АВТОПІЛОТ ARDUPILOT



Наступна розглянута універсальна платформа з відкритим вихідним кодом, яка використовується як для коптерів, так і літаків ARDUPilot.

Побудований на чіпі ATМega, недорогий, має безліч налаштувань, значення яких не завжди розуміють навіть розробники. Екіпажу БПЛА в налаштування цього автопілота точно лізти не варто.

Удосконалений ARDUPilot, побудований на потужнішому процесорі, з кращою логікою, що природно позначилося на ціні, називається Ріх-Нawk, або РХ4. Налаштовується не менш складно, ніж попередник.



#### АВТОПІЛОТ РІХНАWK/РХ4



#### АВТОПІЛОТ CYCLOPS







## V ЧАСТИНА

І останній з аналізованих — Cyclics. Особливість цього автопілота — програмування з екрану, без комп'ютера.

Найбільш популярні автопілоти — ARDUPilot та PX4.

### 1.2

## РЕГУЛЯТОРИ ОБЕРТІВ

Електронний регулятор ходу або регулятор обертів (англ. ESC, Electronic Speed Controller) — пристрій для керування оборотами електродвигуна, що застосовується на радіокерованих моделях з електричною силовою установкою. Розрізняються залежно від максимального робочого струму, напруги батареї, можливості роботи від акумуляторів різного типу та управління різними видами двигунів.



## ЕЛЕКТРОННИЙ РЕГУЛЯТОР ХОДУ



КОМПОНЕНТИ БПЛА	1
-----------------	---

УСТАТКУВАННЯ ТЕЛЕМЕТРІЇ	1.3
-------------------------	-----

Модеми телеметрії відрізняються робочими частотами, потужністю та можливістю працювати у захищеному режимі.



НАВІГАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПОКОЛІННЯ ДПС, ІНЕРЦІЙНІ СИСТЕМИ	1.4
---	-----

З навігаційного обладнання БПЛА використовуються кілька моделей GPS- приймачів різних поколінь і можливість роботи одразу з кількома супутниковими навігаційними системами.

Також для БПЛА використовуються системи інерційної навігації, системи орієнтування відео, системи навігації по радіомаяку тощо.



## V ЧАСТИНА



### НАВІГАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ БПЛА



1.5

### ПРИЙМАЧ СИГНАЛІВ ПУЛЬТА КЕРУВАННЯ



Розрізняються за робочою частотою, кількістю каналів, виробником.



У БПЛА застосовують акумуляторні батареї різної напруги та різної ємності. Напруга на батареї змінюється залежно від навантаження на батарею та залишку заряду. Складна електроніка (автопілот, модуль телеметрії, GPS) не має вбудованого стабілізатора чи перетворювача живлення. Щоб підживити електроніку від тягової батареї та не використовувати додаткову АКБ, призначену тільки для живлення електроніки, застосовують перетворювач/стабілізатор або ВЕС (UBEC). Розрізняються вони за потужністю, напругою на виході та принципом роботи.



## V ЧАСТИНА

### 1.7

#### КОМПАС, КАЛІБРУВАННЯ

У складі комплексу автопілот GPS-приймач задіяний компас. У деяких автопілотах він вбудований, у деяких винесений до модуля GPS. Картинки наводити не будемо, на вигляд звичайна мікросхема. Єдине, що необхідно знати про компас, — він там є (має бути), і йому потрібне калібрування. Калібрування компаса виконується на різних типах автопілотів за різною процедурою.

### 1.8

#### СЕРВОПРИВОДИ



Для управління елеронами, кермом висоти, кермом напрямку, загалом усіма рухомими елементами в БПЛА застосовуються сервоприводи. Розрізняються за навантаженням, швидкістю, матеріалом шестерень (пластик або метал), виконанням. Своїм електромагнітним полем сервоприводи заважають роботі будь-якого радіообладнання БПЛА, і це вносить корективи в розміщення компонентів.

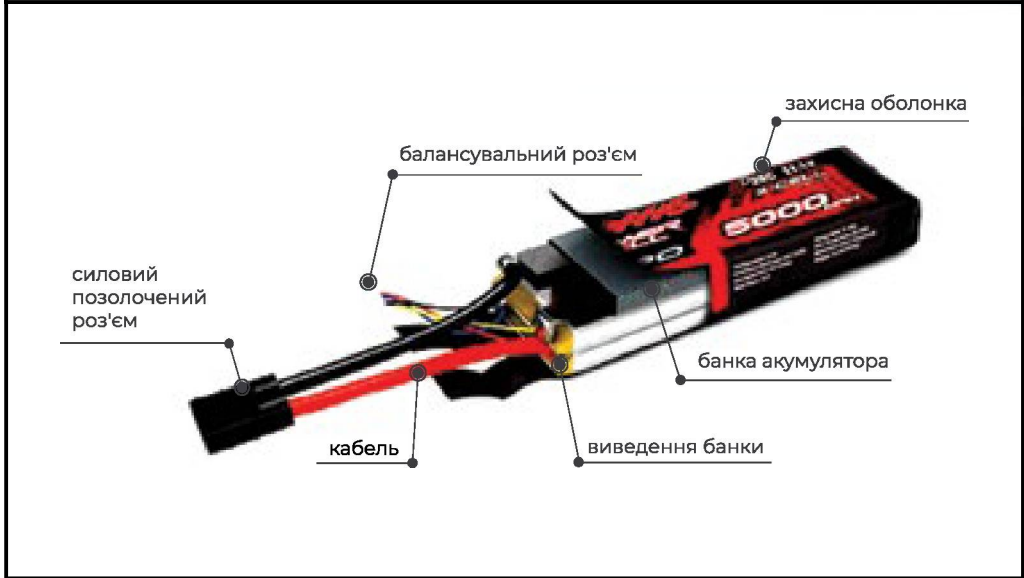
КОМПОНЕНТИ БПЛА	1
-----------------	---

РЕЛЕ	1.9
------	-----



Перемикачі потрібні для електрокерування обладнанням. Наприклад, для увімкнення та вимкнення відеопередавача в польоті або для вибору однієї з кількох камер.

АКУМУЛЯТОРИ	1.10
-------------	------





## V ЧАСТИНА

Комплект обладнання наземної станції зазвичай складається з комп'ютера або планшета, антенного блоку та пульта керування. Типові конфігурації розписувати немає сенсу, все залежить від виробника. Розповімо лише про ролі складових частин та правила поводження.

### 2.1

## КОМП'ЮТЕР

Комп'ютер необхідний для планування польотного завдання, управління БПЛА під час завдання, розшифровки привезеного фото-/відеоматеріалу, обслуговування бортової фото-/відеоапаратури та зберігання архіву матеріалів. Залежно від застосовуваного автопілота роль комп'ютера може змінюватися (у разі повністю автономної роботи БПЛА).

### 2.1.1

## ЗАСТОСОВУВАНИЙ СОФТ

Лінійка застосовуваного програмного забезпечення може відрізнитися залежно від типу та моделі БПЛА. Як правило, використовується Windows для забезпечення працездатності системи, польотний софт Mission Planner для управління літальним апаратом і якась програма для перегляду та редагування колекції фото та відеозображень, наприклад ACD See.

### 2.1.2

## ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА

Про операційну систему напишемо окремо. Насправді, не важливо, що саме встановлено на наземній станції Windows або Ubuntu Linux, функціонал БПЛА не змінюється. Операційна система лише забезпечує працездатність комплексу. Яку саме систему використовувати, обирає, як

## КОМПОНЕНТИ НАЗЕМНОЇ СТАНЦІЇ

2

правило, розробник БПЛА. При використанні в комплексі стандартного Mission Planner можливе самостійне переустановлення ПЗ екіпажем.

### АНТИВІРУС

2.1.3

Наполегливо рекомендується встановити антивірусну програму для наземних станцій на базі Windows через велике поширення вірусів і шкідливих програм, що працюють під цією ОС. Неможливо виключити можливість спілкування з чужими носіями даних під час передачі фото та відеоматеріалу, тому є небезпека вірусної атаки.

### АНТЕННЕ ПОЛЕ

2.2

Анени необхідні для забезпечення зв'язку наземної станції з БПЛА. Бувають різних типів, докладніше у п.2. Для цивільних та поліцейських комплексів допустиме застосування антен з трекерами. Принцип дії антенного трекера заснований на тому, що БПЛА передає блоку управління антенами свої координати, а блок управління обчислює напрямок на передані координати і розвертає туди наземне антенне поле автоматично, супроводжуючи БПЛА протягом усього польоту. У разі можливої РЕБ протидії цей комплекс застосовувати не можна.

### ПУЛЬТ КЕРУВАННЯ

2.3

Пульт керування застосовується для ручного управління БПЛА, як правило, для контролю зльоту і при посадці. Можливі варіанти з установкою систем ручного управління на великих дистанціях, тоді ручне керування стає доступним на будь-якому відрізку шляху БПЛА.





## V ЧАСТИНА

### 2.4

### ПРИСТРОЇ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ

Необхідні для забезпечення живлення наземної станції тривалий час та заряджання ходових батарей БПЛА у польових умовах. В якості таких пристроїв застосовують інвертори, що працюють від автомобільної батареї, або мобільні електрогенератори.

Для керування БПЛА існує кілька програм. Практично кожен виробник, який поважає себе, випускає свій софт для керування. Але безумовний законодавець у цій галузі — спільнота DiyDrones, що випустила ПЗ Mission Planner. Це програма, яка вільно поширюється та постійно вдосконалюється, вихідний код викладено в інтернеті для вільного скачування. Mission Planner вміє працювати з усіма протоколами, які використовуються в безпілотних комплексах і більш-менш уніфікована під вирішення практично будь-якого завдання. Тому екіпаж, який розуміє, як це працює і вміє складати польотні завдання за допомогою цього ПЗ, може легко використати будь-який інший спеціалізований софт для планування місії від розробників БПЛА. Усі наявні команди пояснювати не будемо, їх там набагато більше, ніж це потрібно звичайному екіпажу БПЛА. Пояснимо порядок побудови польотного завдання та правила користування основними командами, з якими точно доведеться працювати. Для більшості БПЛА, можливо, навіть це буде дещо надмірно.

## ТОЧКИ З КООРДИНАТАМИ

### 3.1

WAYPOINT (шляхова точка — умовно команда «лети сюди») — точка на карті з координатами та певною висотою. Наявність рядка WAYPOINT у польотній програмі вказує, куди потрібно летіти БПЛА. Цій точці можна задавати радіус, при заході в який БПЛА вважатиме цю команду виконаною і переходить до рядка польотного завдання, що настає по черзі.

LOITER (лети сюди і крутись) — така ж точка на карті, як і WAYPOINT, але після досягнення вказаного радіусу БПЛА виконує політ по колу.

LOITER\_TURNS — вказана в параметрах кількість кіл.

LOITER\_TIME — буде крутитися вказаний час.

LOITER\_UNLIM — буде крутитися нескінченно (поки не отримає іншу команду вручну або не з'явиться умова для аварійного повернення).



`DO_SET_CAM_TRIGG_DIST` вказує дистанцію кроку фотографування та одночасно віддає команду на початок фотографування. Приклад: `DO_SET_CAM_TRIGG_DIST 400м` — зробить знімок зараз і робитиме знімки через кожні 400 м.

`DO_SET_SERVO` — команда, яка відправляє автопілоту у вказаному каналі управління здійснити якусь дію.

Наприклад, `DO_SET_SERVO 10 2000` — віддає в 10 канал управління високе значення. У логіці БПЛА це приблизно те саме, що ввімкнути 10-й вимикач.

Відповідно, `DO_SET_SERVO 10 1000` — 10-й вимикач вимкнути. Високе значення в даному параметрі 2000 (ввімкнути), низьке 1000 (вимкнути). Причому не обов'язково писати туди саме 2000 і 1000. Все, що вище 1500 — високе значення, а все що нижче — низьке. Прийнято у програмі писати так, щоб потім було простіше проводити аналіз логів. Каналів управління, до яких віддаються значення, може бути кілька.

Таким методом програма безпілота керує додатковим обладнанням, наприклад передавачем відеокамери, перемикачем між кількома камерами або озброєнням.

`TAKEOFF` — команда початку програми. В якості параметрів туди задається кут тангажу і висота, після досягнення якої команда вважається виконаною. Кут тангажу уточнюється у виробників БПЛА, висота залежить від умов місії.

`RTL` — повернутися до точки зльоту. Кінець місії. БПЛА прийде до точки зльоту на висоті, яка встановлена в автопілоті (зазвичай ставлять 150 м) і буде кружляти в очікуванні команди на ручне керування з пульта.

Завжди найпершим рядком йде команда TAKEOFF.

Далі має надійти команда з координатами WAYPOINT чи LOITER, яка вкаже, куди саме необхідно летіти БПЛА. Тільки потім можна задавати команду DO\_SET, яка виконається, коли безпілотною приїде в якусь точку із зазначеними координатами. До того ж команда DO\_SET може бути лише одна для попередньої команди з координатами. Тобто щоб виконати ще якийсь DO\_SET, необхідно задати нову точку WAYPOINT або LOITER.

RTL — останній рядок.

У процесі польоту можна призупиняти виконання завантаженого завдання та летіти до точки, вказаної на карті вручну. Можна вільно керувати каналами (наприклад, включати/вимикати передавач), не втручаючись у процес польоту БПЛА.



**UA** **DYNAMICS**  
**WARFARE TECHNOLOGIES**





**UA**

**DYNAMICS**

**WARFARE TECHNOLOGIES**