

БС-1 Модернізація акумуляторів для DJI Mavic 3 для можливості одночасної роботи на борту

V 1.3 (12.10.2022)



Зміст

1	Призначення.....	2
2	Загальні положення.....	2
3	Модернізація.....	3
3.1	Розборка акумулятора.....	3
3.1.1	Знімання задньої кришки.....	3
3.1.2	Розкриття боковин.....	4
3.1.3	Розкриття акумулятора.....	4
3.2	Кабель для виводу струму.....	5
3.3	Модифікація корпусу.....	5
3.3.1	Модифікація кришки.....	5
3.3.2	Модифікація боковин.....	5
3.4	Підключення кабелю.....	6
3.5	Зборка акумулятора.....	7
3.6	Підпайка роз'єму.....	8
3.7	Запуск акумулятора.....	9
3.8	З'єднувач.....	9
3.8.1	Простий.....	9
3.8.2	Розширений.....	9
3.9	Вольтметр для контролю напруги (необов'язково).....	9
4	Використання.....	10
4.1	Зарядка акумуляторів.....	10
4.2	Робота одного акумулятора.....	10
4.3	Робота двох акумуляторів («спарка»).....	11
4.4	Робота трьох акумуляторів («трійка»).....	11
4.5	Підключення додаткового обладнання.....	12
5	Результати випробовувань.....	12
6	Питання та відповіді.....	13
7	Перелік необхідних матеріалів (BOM).....	14
8	Перелік змін.....	14
9	Контакти.....	14

1 Призначення

Коптер DJI Mavic 3 має запас вантажопідйомності. Модернізація має на меті надати можливість використання на борту коптера DJI Mavic 3 більше одної батареї, що дозволяє збільшити час польоту та максимальну довжину маршруту. Це особливо важливо при використанні зовнішніх антен, так як дозволяє виконувати політ на більшу дальність або провести більше часу при висінні над необхідним фрагментом місцевості.

Найбільш популярним варіантом є «спарка» акумуляторів (тобто використання 2 акумуляторів замість одного). Додатковий акумулятор як правило розміщується під тілом дрона (ми просто примотували його ізолентою).

В цьому документі викладена проста схема модернізації, так звана «пряма паралель», коли акумулятори просто паралельно під'єднуються один до одного. На практиці, використання двох акумуляторів по цій схемі дозволяє збільшити час польоту (та довжину маршруту) принаймні на 30..35%. Також використання такої схеми дозволяє адекватно відображати рівень заряду акумуляторів на пульті керування під час місії.

За основу взята існуюча схема, яка вже використовується, але додатково модернізована. Дякуємо невідомим нам першопроходьцям, які започаткували таку необхідну доробку. «Ми зробили це тому, що ми стояли на плечах гігантів».

Після модернізації акумулятор може бути використаний як окремо, так і одночасно з іншим (іншими). Важливою відмінністю запропонованої схеми є те, що всі акумулятори використовують однакові роз'єми, що дозволяє комбінувати будь які батареї із наявних. Також однаковий роз'єм на всіх акумуляторах дозволяє підключати зовнішнє обладнання (наприклад, системи скидання) до бортової мережі коптера.

Перед польотом дрону, необхідно включити всі акумулятори на борту.

Перед польотом рекомендовано повністю зарядити всі батареї, що будуть працювати на борту. У випадку, коли батареї заряджені не повністю, не рекомендовано використовувати батареї, напруга на яких відрізняється більше ніж на 0.3V (інакше більш заряджений акумулятор буде використовувати суттєву частину своєї енергії на заряд розрядженого). Для контролю напруги батареї можна зробити простий вольтметр, приклад якого наведений в цьому документі.

Схема «пряма паралель», викладена в цьому документі, має достатньо високу ефективність. Теоретично характеристики можуть бути покращені при використанні схеми електронного узгодження та балансування струмів, але це предмет окремого дослідження.

2 Загальні положення

Акумуляторна батарея DJI Mavic 3 (DJI Mavic 3 Intelligent Flight Battery) призначена для живлення коптера під час польоту. Батарея в середньому забезпечує польотний час близько 30хв. Цього достатньо для польоту по маршруту довжиною 18км. При ідеальних погодних умовах (та, імовірно, малий швидкості дрона) виробник заявляє що час польоту може скласти більше 45хв (40 хвилин зависання). Ціна одиниці (станом на 2022.08) становить \$209.

Згідно маркування, максимальна напруга повністю зарядженої батареї становить 17.6V, номінальна напруга 15.4V. Ємність батареї 5000 mAh (5 Ah, 77 Wh). Згідно розрахунків, середній струм споживання дрона становить 10A, середня споживана потужність 160Вт. Вага батареї 330г.

На батареї знаходиться вимикач, якій дозволяє її вмикати та вимикати. У вимкненому стані напруга на вихідних силових роз'ємах батареї відсутня.

В середині батарея містить 2 плати з контролерами, які керують батареєю. Батарея зібрана із 4 плоских акумуляторних елементів LiPo HV (High Voltage). Це, зокрема, не дає можливості легко замінити елементи стандартними LiPo елементами, так як HV елементи більшу номінальну напругу.

3 Модернізація

3.1 Розборка акумулятора

Перед розборкою, акумулятор слід вимкнути. Всі його індикатори (світлодіоди) мають бути неактивними. Вимикання (на вмикання) виконується «подвійним» натисканням кнопки пуску із утриманням її в натиснутому положенні після другого натискання ~5с. Корпус акумулятора зібраний достатньо міцно на засувках, задня кришка (з індикаторами) додатково закріплена клеєм.

3.1.1 Знімання задньої кришки

Перед відкриттям задньої кришки, треба розчинити клей. Для розчинення клею підходить медичний етиловий 96% спирт (на акумулятор уходить ~1мл). На шви наноситься спирт у невеликий кількості, після чого акумулятор витримуються приблизно 1 хвилину для розчинення клею. В якості аплікатора ми використовували трубку, зроблену із розрізаної під гострим кутом палички для зняття макіяжу (іноді помилково називаємою «вушна паличка»).

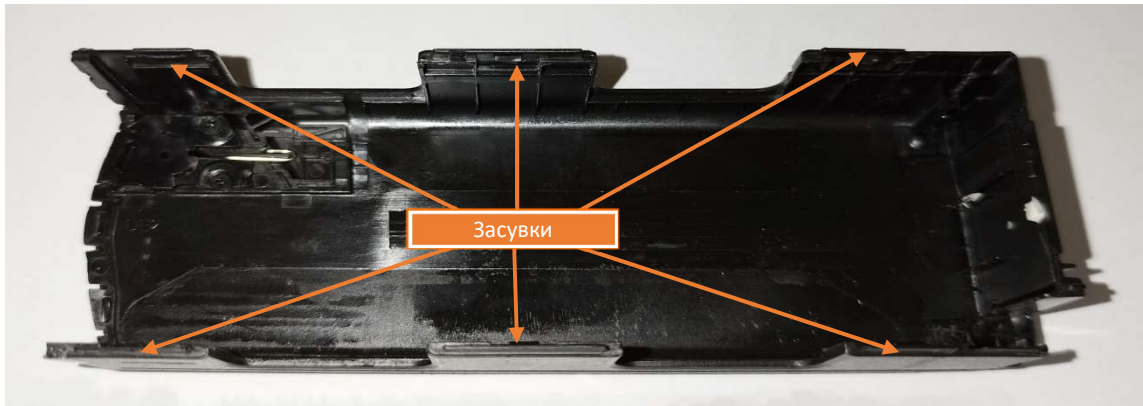


Після чого кришка від'єднується пластиковою «монтажкою» або викруткою. При від'єднанні треба бути обережним, щоб не пошкодити кабель («шлейф») що веде до плати індикатора.



3.1.2 Розкриття боковин

Боковини відкриваються в різні боки пластиковою монтажною або викруткою, пролити їх спиртом не треба (щоб не пошкодити герметик на силовій платі). При від'єднанні треба бути обережним, щоб не пошкодити акумулятори всередині



3.1.3 Розкриття акумулятора

Після відкриття боковин звільнюється доступ до компонент акумулятора:



Знімається захисна прокладка



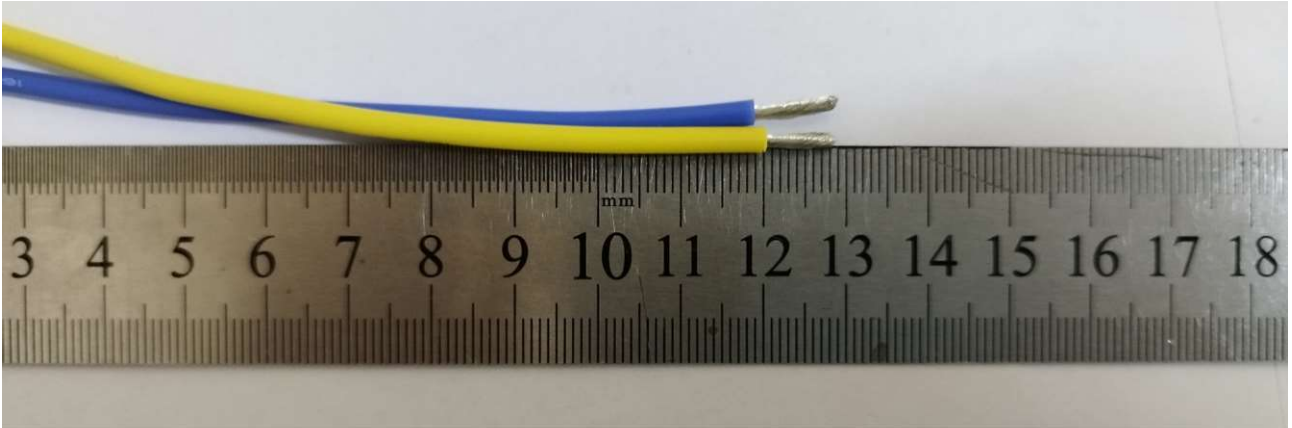
Обережно, щоб не пошкодити акумулятори, розкривається захисний бандаж (при необхідності, розрізається, ножицями з тупими кінчиками)



3.2 Кабель для виводу струму

Для виводу струму використовується гнучкий багатожильний силіконовий провід калібром не менше AWG 16 (площа $1,31\text{мм}^2$), 2 відрізка по 17см (фінальна підгонка довжини виконується на етапі 3.6). Рекомендовано використовувати пари проводів різного кольору: червоний(+)/чорний(-) або жовтий(+)/синій(-).

Кінці проводів зачищаються на відстань 8..9 мм та лудяться припоєм:

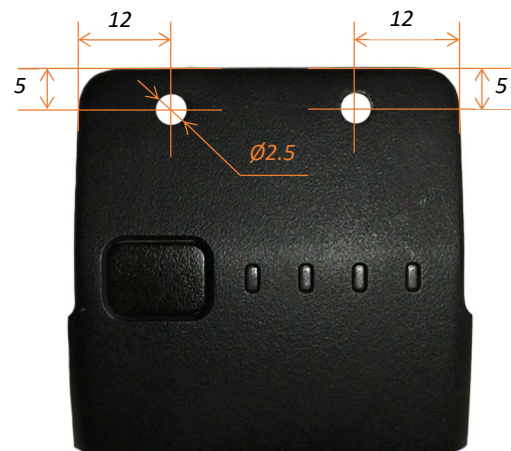


3.3 Модифікація корпусу

3.3.1 Модифікація кришки

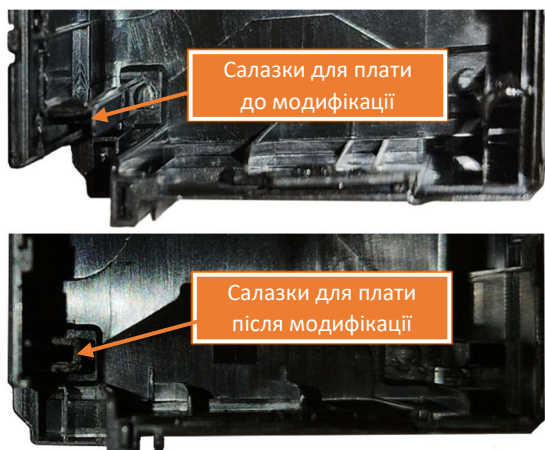
Для виводу кабелю виводу струму, в задній кришці робляться два отвори діаметром 2.5мм, на відстані 12мм з обох боків, та 5мм зверху, згідно ескізу.

Для свердління можна обережно від'єднати шлейф від плати кнопок (звісно, його потрібно під'єднати при зборці). При хороших навичках (коли це не перший акумулятор та/або є якісне обладнання) можна виконувати свердління без від'єднання шлейфу. Шлейф достатньо «ніжний» тож в будь якому випадку треба робити операцію обережно.



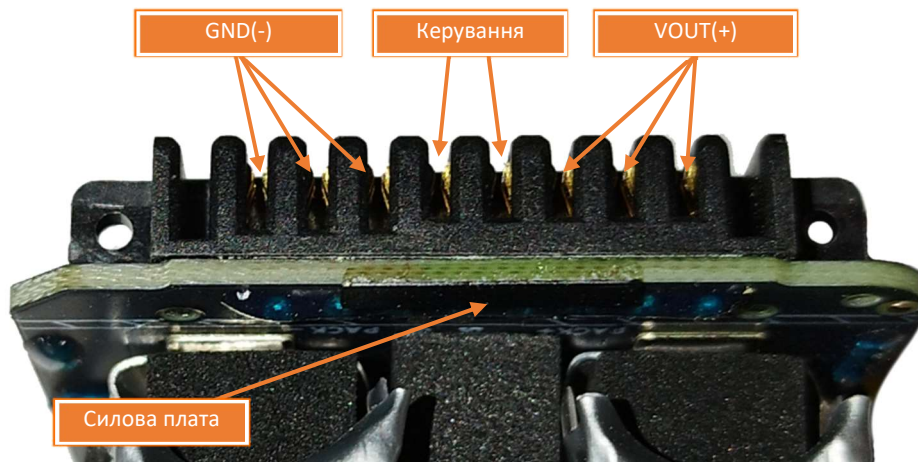
3.3.2 Модифікація боковин

В боковинах кришки (в місці де виходить роз'єм), потрібно зменшити салазки для плати (не видаляти повністю!). Це потрібно зробити тому, що дроти виводу струму будуть заважати закрити корпус. Операція виконується під час збирання акумулятора. Можна відкусити більшу частину упору кусачками, потім вирівняти та підігнати навильником або дремелем.



3.4 Підключення кабелю

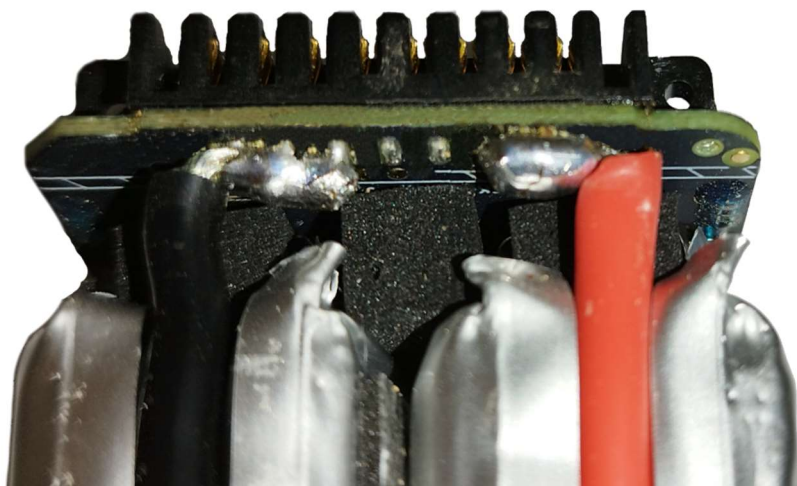
Виводи силової плати акумулятора: 3 контакти (-), 2 контакти керування, 3 контакти (+):



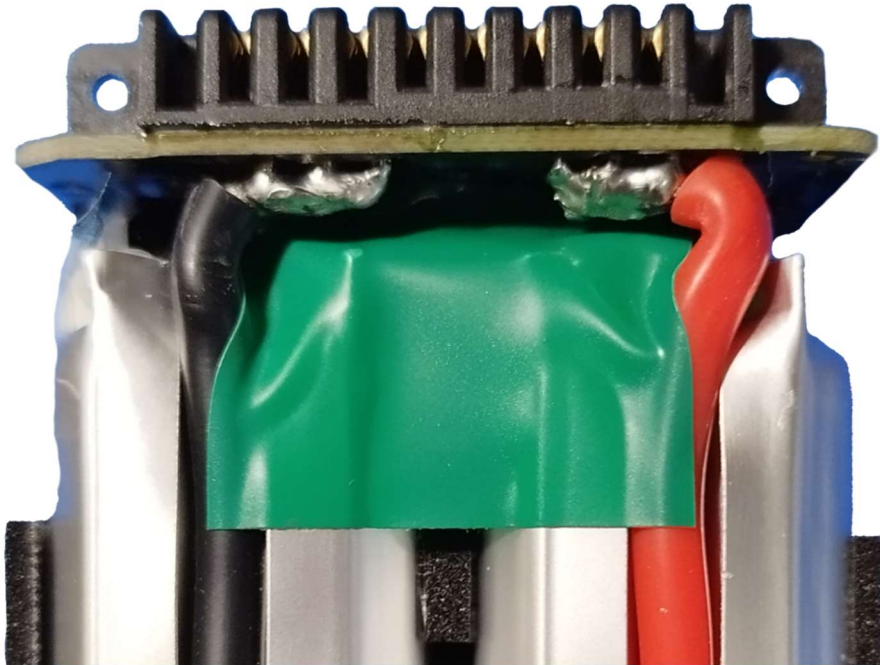
Проводи прокладаються в нішах між елементами акумулятора та підпаюються до силової плати:



Кінці проводів згинаються літерою «Г». Мінусовий (-) провід (чорний або синій) паяється до 3-х лівих контактів, плюсовий (+) провід (червоний/жовтий) паяється до 3-х правих контактів. Контакти на платі покрити різновидом термклею, від знімається паяльником перед пайкою.



Після пайки рекомендовано додатково прокласти невеликий шматок ізолянти, щоб запобігти перетиранню пакета акумуляторних елементів нерівностями місць пайки



3.5 Зборка акумулятора

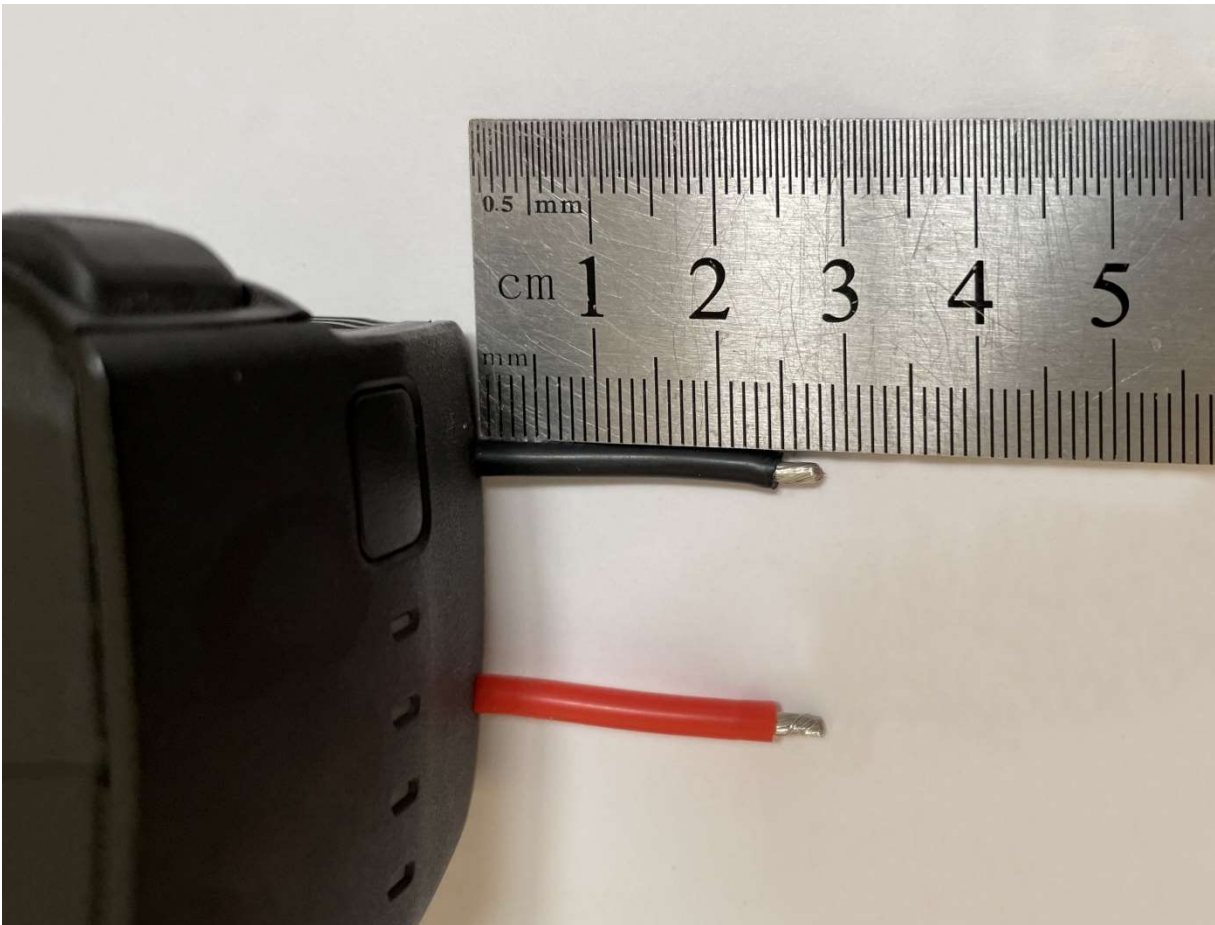
Ставиться на місце прокладка, збираються боковини, дроти виходяться назовні через отвори, що зроблені згідно пункту 3.3.1, ставиться задня кришка.

Якщо засувки кришки пошкоджено під час знімання, можна додатково зафіксувати кришку 2-3 маленькими каплями клею В7000 (так званий «дисплейний клей»). Цей клей розчиняється спиртом, що дозволить в майбутньому виконувати ремонт акумулятора (можна використовувати клеї-аналоги Е8000, Т8000, Т7000).



3.6 Підпайка роз'єму

Спочатку виконується підгонка дротів: дроти відрізаються так, щоб назовні з акумулятора виходив відрізок 28мм. На відстані 3мм з дротів зчищається ізоляція.



До вихідних дротів підпаюється роз'єм XT30 Female «мама» (мінусовий провід до контакту «-», плюсовий провід до контакту «+»). Місця контактів закриваються термоусадкою. Рекомендована довжина термоусадки: 10..15мм, рекомендований діаметр 3.0 .. 3.5 мм.



3.7 Запуск акумулятора

Після модернізації акумулятор може не реагувати на кнопку старту. Це як правило трапляється, якщо роз'єднувати шлейф від силової плати до плати індикатора. Для «запуску» акумулятора потрібно вставити його в штатну зарядку.

3.8 З'єднувач

Для одночасної роботи акумуляторів, їх потрібно з'єднати між собою паралельно.

3.8.1 Простий

Для з'єднання пари акумуляторів, потрібно створити прямий з'єднувач XT30 Male «папа» - XT30 Male «папа» із пари роз'ємів XT30 Male («+» до «+», «-» до «-»). Контакти роз'ємів спаюються між собою напругу «в стик». Зверху з'єднувач закривається термоусадкою.



3.8.2 Розширений

Для з'єднання трійки акумуляторів, або для роботи пари акумуляторів та інших споживачів на борту потрібно створити розширений з'єднувач XT30 Male + XT30 Female - XT30 Male + XT30 Female із пари роз'ємів XT30 («+» до «+», «-» до «-»). Контакти роз'ємів спаюються між собою напругу «в стик», «другий поверх» з'єднується відрізком проводу перетином не менше 1мм². Зверху з'єднувач закривається термоусадкою (бажано використовувати термоусадку з клеєм).



3.9 Вольтметр для контролю напруги (необов'язково)

З простого цифрового вольтметра та одного роз'єму XT30 Male «папа», можна зробити блок контролю напруги, який поміщається в корпус Z86 (або аналогічний).

Схема не приводиться із огляду на її очевидність.

Вольтметр:

«Вольтметр цифровий DC 4.7-30V Червоний»

<https://rozetka.com.ua/ua/342689845/p342689845/>

Корпус:

Z86 ABS універсальний для електроніки 42x42x22 чорний (000Z86)

<https://korpusednepr.com.ua/p518602630-korpus-z86-dlya.html>



4 Використання

4.1 Зарядка акумуляторів

Зарядка акумуляторів виконується штатним порядком, штатною зарядкою.

4.2 Робота одного акумулятора

Акумулятор ставиться в дрон звичайним порядком, дрон використовується штатно. Роз'єм акумулятора на заважає функціонуванню. Короткий кабель мінімізує шанси потрапляння роз'єму в несучі гвинти.

Якщо акумулятор переважно використовується для одиночних польотів, рекомендовано закрити роз'єм шматком ізолянти, щоб запобігти потрапляння бруду у отвори при посадці на землю.

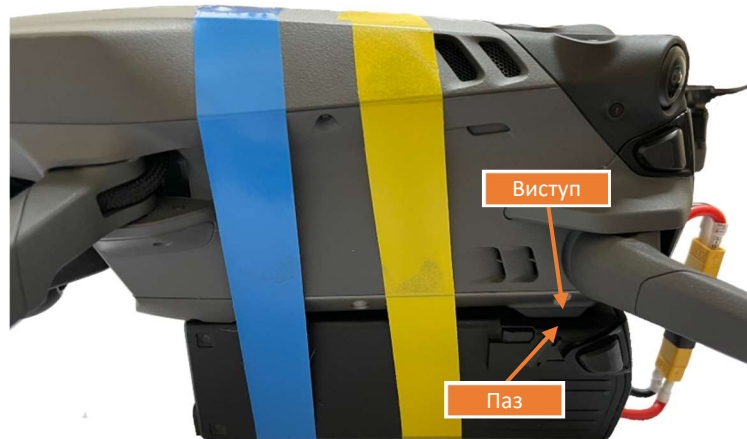


4.3 Робота двох акумуляторів («спарка»)

Акумулятори з'єднуються парою через з'єднувач у виключеному стані («на холодну»). Один акумулятор ставиться в штатне місце дрону, інший закріплюється внизу дрона. Обидва акумулятори мають бути повністю заряджені.

На верхній частині корпусу акумулятора є неглибокі пази, які майже ідеально підходять у виступи на нижній частині корпусу дрона. Ми скріплювали акумулятори ізолентою, що займає менше хвилини.

Увага! Не закривайте ізолентою вентиляційні отвори!



Перед роботою першим вмикається штатний акумулятор (той, що знаходиться в штатом гнізді), потім вмикається додатковий акумулятор. У випадку порушення цього порядку не буде фатального пошкодження, але дрон може поводитися не адекватно, та видавати помилку батареї. Якщо треба вимкнути живлення, додатковий акумулятор вимикається першим штатний другим.

4.4 Робота трьох акумуляторів («трійка»)

Таке підключення технічно можливе. Вантажопідйомності дрона вистачає, хоча передні мотори працюють з перевантаженням і можуть перегрітись та вийти з ладу.

Тестування показало такий самий результат, що і при «спарці» тобто «трійка» принаймні в такій реалізації НЕ надає переваг в часі роботи і цю схему застосовувати НЕ має сенсу. Додатковий ресурс 3-го акумулятора витрачається на роботу дрона з перевантаженням.

При випробовуванні додаткові акумулятори були скріплені ізолентою між собою, потім цей блок прикріплений до дрону.

Перед роботою першим вмикається штатний акумулятор (той, що знаходиться в штатом гнізді), потім вмикаються додаткові акумулятори. У випадку порушення цього порядку не буде фатального пошкодження, але дрон може поводитися не адекватно, та видавати помилку батареї. Якщо треба вимкнути живлення, додаткові акумулятори вимикаються першими, штатний останнім.



4.5 Підключення додаткового обладнання

Стандартний роз'єм на батареї дозволяє під'єднувати додаткове обладнання до бортової мережі через роз'єм XT30 Male «папа». У випадку використання «спарки» або «трійки» потрібно використовувати розширений з'єднувач (див 3.8.2), що має вільний роз'єм XT30 Female «мама» доступний для підключення зовнішнього обладнання.

В розробці знаходиться компактний модуль живлення XT30 Male на USB, що може бути використаний замість окремих акумуляторів для, наприклад, зовнішніх систем скидання вантажів.

5 Результати випробовувань

Дрон для випробовувань: DJI Mavic 3

Тест А:

Тип тесту: Зависання на висоті 15м до моменту вичерпання заряду до рівня 10% (Forced landing)

Температура повітря: +14, Ясна погода, тихий вітер (вітер до 1.0 м/с).

Режим роботи дрона: Normal, батареї: свіжі (менше 10 циклів).

N	Конфігурація	Результат
1	Одиночна батарея (штатний режим дрона) ¹	30хв
2	Дві батареї («спарка»)	40хв
	Три батареї («трійка») [мотори дрону працюють з перевантаженням]	40хв
3	Одиночна батарея + друга батарея не підключена (як баласт вагою 330г)	20хв

Тест Б:

Тип тесту: Політ по маршруту «туди й назад» на «радіус дії»

(висота 250м, антена Raptor XR, пульт модернізований по схемі ПК-2Б)

N	Конфігурація	Результат
1	Одиночна батарея (штатний режим дрона)	9,1 км (18.2км)
2	Дві батареї («спарка»)	12,3 км (24.6км)

В дужках наведено повну довжину маршруту

Тест виконувався в інший день, в ясну погоду, легкий/слабий вітер, на батареях спарки які вже мали певний «наліт».

Висновки:

«Спарка» із двох акумуляторів забезпечує приріст дальності (або часу польоту) дрона на 33%.

«Трійка» не має практичного сенсу (та може вивести дрон з ладу)

(1) Виробник (DJI) заявляє, що дрон у режимі висіння на свіжому одиночному акумуляторі має протриматись 40хв. Однак, умови таких випробовувань ми не знайшли в публічному доступі. Мабуть такий тест фірма виробник проводить на надмалій висоті (наприклад, 1 метр), де є «ефект землі» та в приміщенні (тобто при повній відсутності вітру).

6 Питання та відповіді

- 1) «Чому додатковий роз'єм? Можна ж було зробити один акумулятор папа, один мама»?
Така схема обрана з декількох причин:
 - можливість зробити короткі кабелі на акумуляторах, тож вони не попадають у гвинти
 - на акумуляторах можна літати як у «спарці», так і окремо
 - всі батареї однакові, і можуть комбінуватись між собою (майже) довільно
 - можливість підключати зовнішніх споживачів до силової мережі
 - можливість зробити схему «трійка»
- 2) «Чи важливо мати одну кількість циклів на акумуляторах спарки»?
На нашу думку різниця +/- 10 циклів не є критичною (збір статистики триває).
- 3) «Який ефект дає «спарка»?
«Спарка» із двох акумуляторів забезпечує приріст дальності (або часу польоту) дрона на 33%
- 4) «Який ефект дає «трійка»?
На даний момент тільки негативний (час роботи як на «спарці», а ресурс моторів втрачається)
- 5) «Чи важливо щоб обидва акумулятори були повністю заряджені»?
Поки виглядає що так. Якщо акумулятори заряджені не повністю, різниця у вольтажу між ними має бути не більше ніж 0.3В. По результатах експлуатації ця вимога буде уточнена.
- 6) «Скільки ваги додають до акумулятора дроти»? Орієнтовно 10г
- 7) «Чи впливає «спарка» акумуляторів на роботу в умовах радіоперешкод»?
Не впливає (не в «+» ні в «-»)
- 8) «Чи сильно впливає робота «спарки» на ресурс дрона»?
Є дрони які відлітали на «спарці» десятки вильотів і продовжують працювати
- 9) «Чому роз'єм XT30?»
Щоб випадково НЕ підключити батарею від звичайного коптера, яка не підходить по напрузі
- 10) «В мене є ідеї та пропозиції!»
Пишіть нам (див розділ контакти)

7 Перелік необхідних матеріалів (BOM)

На пару акумуляторів:

Позиція	Ціна, \$	К-ть	Сума, \$
Провід AWG 16 гнучкий у силіконовій ізоляції (чорний)	1.15	0.34	0.39
Провід AWG 16 гнучкий у силіконовій ізоляції (червоний)	1.15	0.34	0.39
Роз'єм XT30 (пара мама-папа)	1.10	2	2.20
Термоусадка 3.5мм	0.14	0.05	0.01
Термоусадка 9мм (на з'єднувач простий)	0.44	0.02	0.01
Разом, USD			3.00

Перелік наведено на 2 акумулятори та 1 з'єднувач простий (див. 3.8.1).

На кожні ~6 акумуляторів (3 пари) радимо додавати 1 з'єднувач розширений (див. 3.8.2).

8 Перелік змін

Версія	Дата	Опис
1.0	11.10.2022	Початкова редакція
1.1	12.10.2022	Орфографія та незначні правки
1.2	12.10.2022	Додано пункт 3.3.2 про модифікацію боковин
1.3	12.10.2022	Додано результати тестування «трійки»

Для отримання останньої версії документу, звертайтеся на нашу контактну адресу або отримуйте останню версію документа в хмарі (оновлюються):

<https://drive.google.com/file/d/18NajmmGICCAVm0pJFaNUGZMGuhlbsq3/view>

9 Контакти

FB сторінка: <https://www.facebook.com/TechSupportArmyUkraine>

Email: ukrainian.people.army@gmail.com