

ТЕХНІЧНИЙ ОПИС ПРОЄКТУ: EFENDER—КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧНОЇ ЗАМІНИ БАТАРЕЙ ДЛЯ БПЛА НА БАЗІ НРК

Фокус документа: Операційні сценарії, тактичне застосування та технічна архітектура автоматизованого обслуговування дронів на лінії бойового зіткнення.

1. Загальний огляд системи та концепція

Сучасний розвиток безпілотних систем вимагає безперервності бойового чергування (місії 24/7) та усунення людини з зони прямого ураження супротивника.

Комплекс автоматичної заміни акумуляторних батарей (АКБ) — це роботизована система мобільного базування, інтегрована на наземний роботизований комплекс (НРК), призначена для високоточної автоматичної посадки FPV, центрування, механічного демонтажу розрядженої АКБ та монтажу підготовленої батареї без участі людини.

Ключова ідея полягає в перетворенні мобільного НРК на автономну передову станцію обслуговування для цілої групи (N одиниць) тактичних розвідувальних або ударних безпілотників безпосередньо поблизу лінії зіткнення.

2. Операційний контекст та актуальність на фронті

2.1. Проблематика поточного формату застосування БПЛА

1. **Насичення фронту БПЛА та потреба у режимі 24/7:** Масове використання розвідувальних FPV-бортів та квадрокоптерів вимагає постійного контролю повітряного простору над смугою відповідальності. Основним лімітуючим фактором польоту

залишається тривалість роботи Li-ion/Li-Po батарей (зазвичай 15–35 хвилин активного польоту).

2. **Вразливість та демаскування особового складу:** За сучасної практики заміну АКБ здійснює людина (технік або помічник оператора). Процес відбувається неподалік від ЛБЗ. Будь-який вихід на відкриту місцевість для підбору дрона демаскує позиції, фіксується повітряною розвідкою супротивника і наражає бійців на прицільні артилерійські та FPV-удари.
3. **Логістичні втрати при поверненні в "сейф-зону":** Інший сценарій передбачає повернення дрона на значну відстань у глибокий тил. Це призводить до невиправданих витрат до 40–60% ємності АКБ лише на транзитні перельоти "туди-назад", скорочуючи корисний час розвідки над ціллю.

2.2. Математика виживання: час розвідувально-ударної детекції систем ворогом

Сучасна розвідувально-ударна зона в якій супротивник володіє високою швидкістю реакції:

- **Час реакції ворога:** проміжок часу від моменту детекції активності на позиції до нанесення вогневого ураження (скид з дрона, приліт FPV або артилерійський снаряд) у ворога скорочується з кожним днем.
- **Тривалість ручного циклу обслуговування:** вихід техніка з бліндажа → пошук і підбір борту → розмикання тугого силового роз'єму XT60 → розстібання липучок/стяжок → монтаж нової АКБ → фіксація → під'єднання кабелю → відхід в укриття.

Оскільки розвідка позицій здійснюється постійно, то рух операторів/заміна акб також відслідковується ворогом, що ставить під удар укриття і людей.

Мета розробки комплексу: зменшити час обслуговування, повністю виключивши людину з ланцюга ризику.

3. Сценарій застосування

Автономне безперервне повітряне патрулювання

- **Ціль:** Забезпечення безперервної розвідки або радіоретрансляції над ділянкою фронту силами одного або кількох дронів з мінімальними перервами на перезарядку.
- **Компоненти архітектури:**
 - FPV зі стандартизованим адаптером (чохол-дрон);
 - НРК з модулем автозаміни;
 - Віддалений оператор.

Покроковий алгоритм виконання:

1. **Приховане чергування НРК:** НРК із завантаженим стелажем заряджених батарей перебуває у захищеному укритті (бліндаж, маскувальний капонір, природний рельєф), схованим від візуальної та тепловізійної розвідки ворога.
2. **Виклик на точку посадки:** Коли заряд АКБ дрона наближається до 20–25%, оператор або бортова система ініціює запит на перезарядку. НРК автоматично або за командою оператора виїжджає з укриття на відкриту підготовлену точку посадки (10–30 метрів від укриття).
3. **Підведення та автоматична посадка БПЛА:**
 - Дрон повертається в зону над НРК у напіваавтоматичному або автоматичному режимі.
 - Відкривається кришка над платформою, яка є захистом від погодних умов і маскує систему..
 - Увімкнення навігаційних маяків платформи:
 - **Вдень:** візуальна одометрія за маркерами типу ArUco на платформі(точність позиціонування ± 15 см).
 - **Вночі:** візуальна одометрія з тепловізійної камери(додаткові запасні системи: ультрафіолетові маяки або радіочастотна локальна тріангуляція).
 - Дрон сідає на посадкову платформу площею 1×1 м.
4. **Центрування та фіксація:**

- Механічні кутові рейки зсуваються від країв платформи до центру, вирівнюючи дрон і жорстко затискаючи його раму в фіксованій точці.
5. **Демонтаж розрядженої АКБ:**
- Модуль маніпулятора (лінійний рух Х-осі) підходить до чохла-батареї стикуючись з ним.
 - Маніпулятор витягує відпрацьовану АКБ у горизонтальній площині та переміщує її у вільний слот стелажа для підзарядки або зберігання.
6. **Монтаж свіжої підготовленої АКБ:**
- Маніпулятор бере зі стелажа попередньо підготовлену АКБ.
 - Батарея подається на посадкове місце дрона до автоматичного замикання вбудованої контактної групи.
 - Бортова мережа дрона ініціалізується, автоматика проводить self-check телеметрії.
7. **Зліт та розведення сил:**
- Механізм фіксації розтискає раму фіксації. Дрон отримує сигнал готовності та здійснює вертикальний зліт.
 - НРК починає рух: повертається у вихідний бліндаж, або змінює позицію на іншу точку очікування/до іншого дрона, зриваючи можливу пристрілку ворожих систем.

Функціонал чохла-батареї:

Є два чохла: чохол на дрон і чохол на батарею. Чохол на дрон кріпиться стяжками до дрона і має кабель в якого на одній стороні XT60, а з іншої сторони наш конектор для легкого з'єднання. Чохол на батарею містить прикріплений стяжками АКБ і має перехідник від нашого конектора до XT60.

4. Порівняльний аналіз: Ручний цикл vs EFENDER

Параметр	Ручна заміна (поточний стан)	Автоматична заміна через НРК
Ризик для життя військовослужбовця	Критичний (постійний вихід на відкриту місцевість біля ЛБЗ)	Відсутній (повністю безлюдний процес)

Параметр	Ручна заміна (поточний стан)	Автоматична заміна через НРК
Демаскування укриття / бліндажа	Високе (ворог відстежує рух техніка)	Мінімальне (НРК переміщується, дрон сідає на змінювану точку)
Час знаходження на відкритій ділянці	До 2–3 хвилин (ручний пошук, комутація XT60)	2 хвилини (нормований механічний цикл)
Ефективне використання льотного часу	До 40% заряду втрачається на польоти у тилу safe-zone	До 90% заряду витрачається безпосередньо на бойову місію

5. Технічні виклики та шляхи їх подолання

- Точність посадки в умовах ворожого РЕБ:** Оскільки супутникова навігація у прифронтовій смузі відсутня, система посадки спирається виключно на локальну оптичну навігацію (камера БПЛА + ArUco/UV маркери) та автономні радіомаяки UWB без використання супутників.
- Забруднення та деформація контактів:** Інтегровані конектори виконані з матеріалів з підвищеною зносостійкістю, мають напрямні "ножі" для самоочищення від пилу та бруду під час стикування.
- Стабільність каналу управління:** Управління НРК та комплексом за потреби транслюється через наземний оптоволоконний кабель або локальну ретрансляцію дроном-ретранслятором.

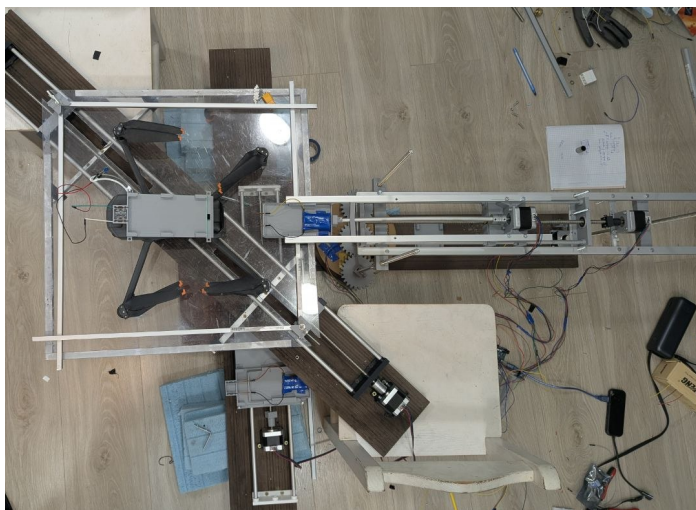
6. Фото демо



Зняття АКБ з дрона



Тести центрування FPV



Загальний вигляд системи