

НАЦІОНАЛЬНА ГВАРДІЯ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

РОЗМІЩЕННЯ І ВСТАНОВЛЕННЯ
ЗАСОБІВ РЕБ НА ТЕХНІЦІ
НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

Практичний poradник

Київ
2025

Авторський колектив:

Є. М. Лахненко, начальник служби РЕБ в/ч 3027, бригада Гвардії наступу «Буревій»; С. Є. Совінський, старший викладач кафедри тактики, КІ НГУ; Р. В. Суслов, викладач кафедри тактики, КІ НГУ; О. А. Удовченко, начальник відділу радіоелектронної боротьби Управління безпілотних систем, Головне управління Національної гвардії України.

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Київського інституту Національної гвардії України (протокол № 5 від 20.11.2025 р.)

Р64 Розміщення і встановлення засобів РЕБ на техніці Національної гвардії України : практ. порад. / Є. М. Лахненко та ін. Київ : КІ НГУ, 2025. 105 с.

ISBN 978-617-8361-39-6

У poradнику подано матеріали щодо застосування засобів РЕБ, вибору й обслуговування таких засобів. Комплексно висвітлено питання проведення заходів з підготовки і встановлення засобів радіоелектронної боротьби на військову техніку підрозділів Національної гвардії України. Розглянуто теоретичні основи, практичні аспекти й методичні підходи щодо вибору обладнання радіоелектронного подавлення, радіоелектронного виявлення каналів зв'язку та передавання відеосигналу безпілотних літальних апаратів, а також організації заходів із монтажу такого обладнання на техніку.

Призначається для офіцерів, курсантів, викладачів вищих військових навчальних закладів, а також може бути використано під час проведення занять з радіоелектронної боротьби у підрозділах Національної гвардії України.

Рецензенти:

О. М. Кубрак, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри радіоелектронної боротьби, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова;

В. В. Рудиченко, начальник служби електронної підтримки відділу радіоелектронної боротьби Управління безпілотних систем, Головне управління Національної гвардії України;

О. І. Бірюков, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри вогневої підготовки, Київський інститут Національної гвардії України;

А. О. Іванченко, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри розвідки Київський інститут Національної гвардії України, начальник розвідки.

Видання здійснюється в авторській редакції.

© Є. М. Лахненко та ін. 2025.

ISBN 978-617-8361-39-6 © Київський інститут Національної гвардії України, 2025.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Від авторів.....	7
Розділ 1. Розміщення компонентів засобу РЕБ: стратегія і компроміси.....	10
Розділ 2. Практика монтажу засобу РЕБ: від кронштейна до кабелю.....	15
Розділ 3. Антени, їх ключові характеристики.....	21
Розділ 4. Вибір антенної системи для бойового завдання: тактичний аналіз.....	28
Розділ 5. Джерела живлення засобу РЕБ та архітектура підключення.....	39
Розділ 6. Тактика БПЛА противника та методи протидії.....	49
Розділ 7. Пасивне виявлення та активна протидія: Інтеграція детекторів та засобів РЕП.....	55
Розділ 8. Правила експлуатації, технічного обслуговування та заходи безпеки при роботі із засобом РЕБ.....	63
Розділ 9. Перевірка боєздатності: Методи та засоби контролю роботи комплексу РЕБ.....	69
Розділ 10. Безпека особового складу: Вплив ЕМВ.....	74
Розділ 11. Методика використання порадики під час занять.....	80
Додаток А: Словник термінів та аббревіатур.....	88
Додаток Б: Чек-листи для швидкої перевірки.....	92
Додаток В: Шпаргалка з розрахунку часу автономної роботи.....	94
Додаток Г: Базовий посібник з пошуку та усунення несправностей.....	96
Додаток Д: Паспорт комплексу РЕБ.....	100
Список використаних джерел.....	103

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКБ	Акумуляторна батарея
АФС	Антенно-фідерна система
БпЛА	Безпілотний літальний апарат
dBi	Децибел відносно ізотропного випромінювача
ДС	Діаграма спрямованості
ЕМС	Електромагнітна сумісність
ЕМВ	Електромагнітне випромінювання
ККД	Коефіцієнт корисної дії
КСХ	Коефіцієнт стоячої хвилі
РЕБ	Радіoeлектронна боротьба
РЕП	Радіoeлектронне подавлення
РТР	Радіотехнічна розвідка
ЩТО	Щоденне технічне обслуговування
QHA	Квадрифілярна антена

ВСТУП

Практичний poradник «Розміщення і встановлення засобів РЕБ на техніці Національної гвардії України», створений колективом авторів бойових офіцерів Національної гвардії України, є фундаментальним посібником, що акумулює та систематизує реальний бойовий досвід протидії ворожим БпЛА в умовах сучасної повномасштабної війни. Це видання розроблено як вичерпна інструкція для військовослужбовців, які безпосередньо працюють з обладнанням у польових умовах, оскільки автори наголошують на тому, що жодна технологічна перевага апаратури не здатна компенсувати інженерну некомпетентність під час її встановлення. Текст детально розкриває стратегію планування, де кожен вибір місця розміщення компонентів на техніці розглядається як складний компроміс між максимальною ефективністю радіоелектронного подавлення, захищеністю екіпажу та тактичними умовами виконання бойового завдання.

Значну увагу в посібнику приділено архітектурі антенно-фідерних систем, причому автори не лише описують технічні характеристики різних типів антен, а й глибоко аналізують їхню поведінку в різних бойових сценаріях, таких як штурмові дії в лісистій місцевості або оборона стаціонарних об'єктів у міській забудові. Окрема увага приділяється питанню електромагнітної сумісності, адже неправильно рознесені антени можуть створювати «електронний дружній вогонь», засліплюючи власні засоби зв'язку та GPS-приймачі, що в критичних умовах може стати фатальною помилкою.

Особливе місце в роботі займає обґрунтування «Золотого стандарту» енергозабезпечення, який передбачає створення повністю ізольованого контуру живлення з автономною акумуляторною батареєю та реле заряду, що дозволяє підтримувати боездатність системи в «тихому режимі» без ризику розряду штатних акумуляторів техніки. Автори детально пояснюють фізику процесів, застерігаючи від використання дешевих кабелів або неякісних інверторів, які призводять до значних втрат потужності та можуть вивести з ладу дорогий підсилювач через неузгодженість опорів.

Тактичний блок видання розкриває методи пасивного виявлення загроз, де інтеграція детекторів відеосигналу та аналізаторів спектру надає екіпажу безцінний ресурс часу для прийняття рішення, а дотримання суворої дисципліни за принципом «Shoot and Scoot» мінімізує ризик ураження від ворожої артилерії, яка полює на активні джерела випромінювання. Окрім суто технічних аспектів, посібник розглядає питання безпеки особового складу, акцентуючи на необхідності захисту від накопичувального впливу потужного електромагнітного випромінювання, та пропонує готові інструменти контролю у вигляді чек-листів і паспортів комплексів, що перетворює експлуатацію РЕБ на системний та професійний процес.

ВІД АВТОРІВ

ЖОДНА ТАКТИЧНА ПЕРЕМОГА НІКОЛИ НЕ ВИПРАВИТЬ СТРАТЕГІЧНОЇ ПОМИЛКИ.

Ця книга написана для військовослужбовців та цивільних осіб, що застосовують засоби радіоелектронної боротьби на своїй техніці. В основу практичного poradnika покладено аналіз реального бойового досвіду авторів. Значну увагу приділено аналізу бойового досвіду НГУ у протидії збройній агресії російської федерації, що дає змогу практично застосовувати поради і знання у реаліях сучасних бойових дій. з розуміння простої, але жорстокої істини сучасної війни: маленький, швидкий і дешевий FPV-дрон назавжди змінив поле бою. Він перетворив кожен одиницю техніки, кожен позицію, кожен маршрут евакуації та кожен етап пересування на потенційну ціль. Загроза з повітря перестала бути епізодичною; вона стала постійною, omnipresent, і здатною завдати непоправної шкоди за лічені секунди.

Гуркіт двигунів та грім артилерії більше не є єдиними звуками війни. До них додався новий, постійний та тривожний супровід — високий, пронизливий гул гвинтів у небі. Цей звук став символом нової реальності, де головна небезпека може з'явитися з будь-якого напрямку, будь-якої миті, і коштує в тисячі разів дешевше за техніку, яку вона здатна знищити. Поле бою перетворилося на насичений, невидимий простір, де триває жорстока, невпинна боротьба за контроль над електромагнітним спектром. Розвідувальні «крила», дрони-бомбери, і, найголовніше, маневрені та смертоносні FPV-дрони змінили правила сучасної війни. Перевага в цьому новому вимірі — здатність «бачити» і «говорити», одночасно засліплюючи й противника комунікаційних каналів — стала таким самим вирішальним фактором для виживання та перемоги, як товщина броні чи калібр гармати.

У відповідь на цю асиметричну загрозу мобільні комплекси радіоелектронної боротьби (РЕБ) еволюціонували з вузькоспеціалізованого, майже міфічного інструменту, на ключовий елемент виживання на тактичному рівні. Вони є активною, динамічною протидією, персональним «електронним щитом», що здатен створити

локальну «бульбашку безпеки» навколо окремої машини, рухомої колони чи статичної позиції. Цей захисний «купол» втручається в найвразливіше місце дрона — телеметрія або його зв'язок з оператором, розриваючи його і перетворюючи сучасну високоточну зброю на беспорядний шматок пластику та металу. Правильно налаштований та інтегрований комплекс РЕБ захищає не лише техніку; він захищає евакуаційні групи, прикриває роботу артилерії, забезпечує безпеку на командних пунктах. Він повертає ініціативу, почуття захищеності, дозволяючи впевнено діяти в умовах, які ще вчора здавалися смертельно небезпечними, обтяженими почуттям беспорядності щодо зграї ворожих дронів.

Проте на полі бою поширена одна фатальна і дуже коштвна помилка: віра в те, що вартість комплексу РЕБ прямо пропорційна його ефективності. Командири та екіпажі можуть почуватися в безпеці, знаючи, що на їхній машині встановлено «сучасну», «потужну» і «дорогу» систему, але ця впевненість може виявитися смертельною ілюзією. Насправді, сам по собі комплекс РЕБ — це лише напівфабрикат. Його реальна сила народжується лише в момент правильної інтеграції з носієм. Реальність доводить, що найсучасніший комплекс стає абсолютно неефективним через, на перший погляд, дрібні помилки, допущені на етапі монтажу та підготовки.

Яка користь від 100-ватного передавача, якщо 80 ват потужності безцільно розсіюються у вигляді тепла в дешевому телевізійному кабелі з неправильним хвильовим опором, або нівелюється дешевими системами з'єднання елементів засобу?

Що вартий ідеальний «купол» захисту, якщо через неправильне розміщення антени в ньому є «сліпа зона» розміром з танк, через яку і пролетить ворожий дрон?

Як допоможе РЕБ, підсилювач потужності якого згорів за секунду через те, що від вібрації на марші ослаб один-єдиний антенний роз'єм?

І яка ціна захисту, якщо через неграмотне підключення блоку живлення засобу РЕБ до бортової електромережі, бойова машина не може завести двигун, щоб змінити локацію, перетворившись на нерухому мішень для ворожої артилерії, а в більшості випадків для тих же ударних дронів?

Цей практичний poradник базується на головній, підтвердженій бойовим досвідом тезі: **жодна технологічна перевага обладнання не може компенсувати інженерну та тактичну некомпетентність його встановлення та експлуатації.**

Метою даної книги є надання системних знань та практичних навичок, необхідних для грамотного планування, монтажу, експлуатації та перевірки працездатності мобільних засобів РЕБ. Це не теоретичний трактат для радіоінженерів, а вичерпний практичний poradник, написаний для бійця, техніка, оператора, командира — для всіх, хто безпосередньо працює з цим обладнанням в польових умовах. Ми проведемо вас за руку через весь процес: від планування розміщення компонентів на техніці, через детальний аналіз переваг та недоліків різних типів антен, до вибору оптимальної архітектури живлення та методів об'єктивної перевірки, чи справді працює ваш комплекс так як має працювати. Обіцянка цієї книги проста: дати вам знання, які перетворять ваш комплекс РЕБ з «чорного ящика» на зрозумілу, надійну та прогнозовану зброю, та забезпечить максимально ефективну експлуатацію вашого «електронного щита», нівелює наявність фатальних помилок, ціна яких на війні є надзвичайно високою.

РОЗДІЛ 1. РОЗМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ЗАСОБУ РЕБ: СТРАТЕГІЯ І КОМПРОМІСИ

Перш ніж взяти до рук гайковий ключ чи дріль, необхідно взяти олівець та карту. Правильний монтаж починається не з роботи по металу, а з ретельного планування. Цей розділ присвячений стратегічним рішенням, які приймаються ще до початку робіт. Помилка на етапі планування може зробити всі подальші зусилля марними. Кожен вибір тут — це компроміс між максимальною ефективністю застосування засобу РЕБ, захищеністю техніки, зброї та екіпажу, тактичними умовами місії, тобто виконанням бойового завдання.

1.1. Вибір платформи: на що встановлюємо?

Вибір місця розміщення комплексу РЕБ на транспортному засобі для диктується бойовим завданням та наявними ресурсами. Кожен тип платформи має свої унікальні переваги та недоліки.

1.1.1. Легкові автомобілі (пікапи, позашляховики)

Переваги:

– *Висока мобільність та швидкість*: Дозволяють швидко переміщатися між позиціями, що є ключовим для тактики «Shoot and Scoot».

– *Нижча помітність*: Легше зливаються з цивільним трафіком (якщо це актуально), не мають такого явного військового силуету, як бронетехніка.

– *Простота монтажу*: Працювати з неброньованим кузовом значно простіше та швидше.

Недоліки:

– *Відсутність захисту*: Екіпаж та дороговартісна апаратура є вкрай вразливими до уламків, куль та будь-якого вогневого впливу.

– *Обмежений енергетичний ресурс*: Бортова мережа 12В та генератори легкових авто не розраховані на живлення потужних комплексів РЕБ. Це майже завжди вимагає встановлення додаткової, автономної системи живлення.

– *А також мала площа поверхні для розміщення антен або антенного поля засобу РЕБ.*

1.1.2. Броньована техніка (БТР, БМП, танки, броневих автомобілі)

Переваги:

– *Висока захищеність:* Екіпаж та обладнання, розміщені всередині корпусу, захищені бронею.

– *Потужний енергетичний ресурс:* Бортова мережа 12/24В та генератори здатні деякий час забезпечити роботу дуже енергоємних комплексів РЕБ.

– *Прохідність:* Здатність працювати у важких умовах бездоріжжя.

– *достатня площа поверхні бронетехніки для розміщення антен або антенного поля засобу РЕБ.*

Недоліки:

– *Складність монтажу:* Свердління або зварювання броні — це складний технологічний процес, що вимагає спеціальних інструментів та навичок.

– *Вища помітність:* Бронетехніка завжди є пріоритетною ціллю для противника.

– *Сильніші вібрації та динамічні навантаження:* Висуває підвищені вимоги до міцності кріплень.

– *наявність антидронових екранів (мангалів) на бронетехніці особливо – антену або антенне поле потрібно виносити від засобу і розміщувати на поверхні екрану, це спричиняє додатковий монтаж і відповідно збільшує протяжність з'єднувальних кабелів від основного блоку до антени.*

– ускладнення з розміщенням основного блоку і блоку живлення в корпусі бронетехніки по причині відсутності спеціальних технологічних отворів у броньованому корпусі для кабелів живлення і управління засобу РЕБ.

1.2. Архітектура системи на техніці: де і що розмістити?

Це гра в шахи з фізикою та логікою. Кожен компонент має бути на своєму місці для досягнення максимального ефекту.

1.2.1. Розміщення антен: Правило «Найвищої точки»

Анени — зовнішні звоби прийому радіохвиль. Їхня ефективність прямо залежить від зони прямої видимості.

Принцип: Анени повинні розміщуватися на найвищій можливій точці техніки — на даху кабіни, на башті танка чи БМП. Це як встановлювати спостережний пункт на вершині пагорба, а не в ущелині.

Обґрунтування: Таке розміщення мінімізує екрануючий (блокуючий) вплив корпусу самої машини, який створює «тіньові» зони, де дія перешкоди буде ослаблена або відсутня. Чим вище антена, тим далі вона «бачить» і тим більший «купол» захисту створює.

1.2.2. Розміщення основного блоку (передавача):

Компроміс між захистом та охолодженням Основний блок РЕБ — це його «серце і мозок», найдорожчий та найчутливіший компонент.

Захист: Блок має бути розміщений всередині броньованого корпусу (для бронетехніки) або в найбільш захищеному відсіку автомобіля (напр., в кузові пікапа, прикритий бортами). Це забезпечує його захист від уламків, куль та несприятливих погодних умов.

Охолодження: Потужні передавачі РЕБ виділяють величезну кількість тепла. Перегрів — одна з найпоширеніших причин виходу апаратури з ладу. **Категорично заборонено** встановлювати блок в замкненому, невентильованому просторі (напр., в щільно закритому ящику). Необхідно забезпечити вільний доступ повітря до радіаторів охолодження. В деяких випадках може знадобитися встановлення додаткових вентиляторів.

1.3. Електромагнітна сумісність (ЕМС): як не «заглушити» своїх?

Увімкнений комплекс РЕБ — це «електронний прожектор», який сліпить не тільки ворога, але й може засліпити друзів. Забезпечення ЕМС (Електромагнітна сумісність, англ. *Electromagnetic Compatibility, EMC*) — це запобігання «електронному дружньому вогню».

1.3.1. Просторове рознесення антен

Це найпростіший та найдієвіший метод. Антени комплексу РЕБ повинні бути встановлені на максимально можливому фізичному віддаленні від штатних антен радіостанцій та приймачів GPS. Чим більша відстань, тим менший вплив. Навіть додаткові 1-2 метри можуть мати вирішальне значення.

1.3.2. Частотне планування

Оператор РЕБ та радисти підрозділу повинні знати робочі частоти один одного. Робота РЕБ не повинна вестися на частотах, що використовуються для зв'язку всередині підрозділу або з командуванням. Це питання координатії та зв'язку всередині екіпажу та між підрозділами.

1.3.3. Екранування та фільтрація

У складних випадках, коли рознести антени немає можливості, можуть застосовуватися спеціальні технічні рішення, такі як встановлення металевих екранів між антенами РЕБ та радіостанції, або використання режекторних фільтрів, що «вирізають» шкідливий сигнал перешкоди на вході приймача.

1.4. Тактика «Включив-відпрацював-змінив позицію» («Shoot and Scoot»)

Це не просто рекомендація, а **доктрина виживання** для мобільних груп РЕБ.

Чому це критично? Активний засіб РЕБ є надзвичайно потужним радіомаяком, який демаскує свою позицію на сотні кілометрів для засобів радіотехнічної розвідки (РТР) противника. З моменту ввімкнення передавача ваша машина перетворюється на пріоритетну ціль №1.

Часові рамки: Противнику потрібно від 30 до 90 секунд, щоб отримати стійкий пеленг на джерело випромінювання, та ще кілька хвилин, щоб передати координати та завдати вогневого удару.

Вимоги до монтажу: Саме ця тактика диктує найжорсткіші вимоги до якості монтажу. Вся конструкція — кріплення, кронштейни, кабелі — повинна бути розрахована на екстремальні динамічні та вібраційні навантаження під час руху на максимальній швидкості по пересіченій місцевості. Ненадійне кріплення, що вийде з ладу під час екстреного маневру, рівнозначне втраті боєздатності і, як наслідок, ймовірному ураженню техніки.

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИКА МОНТАЖУ ЗАСОБУ РЕБ: ВІД КРОНШТЕЙНА ДО КАБЕЛЮ

Якщо попередній розділ був про стратегію — «де» і «що» розмішувати, то цей розділ — про тактику і практику. Тут теорія зустрічається з металом, болтами та кабелями. Кожна дія на цьому етапі безпосередньо впливає на те, чи буде ваш комплекс РЕБ боездатною зброєю, чи дорогим радіатором, що створює ілюзію безпеки. Помилки, допущені тут, неможливо виправити жодними налаштуваннями.

2.1. Монтаж антен: надійність та ефективність

Антенa — зовнішній засіб електромагнітного випромінювання. Саме вона випромінює захисну перешкоду в ефір. Від її правильного встановлення залежить форма та щільність вашого «захисного купола».

2.1.1. Вибір оптимального місця кріплення на даху чи башті

Як ми вже визначили, антенa має бути встановлена на найвищій можливій точці техніки. Оптимальним місцем є геометричний центр даху кабіни або башти.

Чому це важливо? Таке розташування забезпечує максимально симетричну діаграму спрямованості. Простими словами, ваш «купол» буде рівномірним на 360 градусів, без значних «провалів» та «тіней», які створює корпус самої машини. Будь-яке зміщення антени до краю даху призведе до того, що корпус почне «екранувати» (блокувати) сигнал в протилежному напрямку.

Якщо антен декілька: При встановленні кількох антен для роботи на різних частотних діапазонах їх необхідно просторово розносити. Емпіричне правило — відстань між антенами має бути не меншою за одну довжину хвилі найнижчої робочої частоти. Це робиться для того, щоб антени не впливали одна на одну і не спотворювали діаграми спрямованості одна одної.

Саме наявність не одної а багатьох антен, тобто антенного поля є вимогою сучасності. Різноманітність частотних діапазонів сигналів телеметрії ворожих БПЛА та можливість їхнього переключення в ході виконання завдання, також наявність різноманітних протоколів сигналів управління -- обумовлюють необхідність наявності блоків подавлення усіх виявлених частотних діапазонів. За умови відсутності інформації про частоту телеметрії БПЛА, зазвичай вмикаються всі блоки одночасно, тут саме і є важлива електромагнітна сумісність антен.

2.1.2. Механічне кріплення: болтові з'єднання, фіксація від вібрацій

Це основний, найнадійніший і єдиний рекомендований метод для довготривалого встановлення в бойових умовах. Він вимагає свердління отворів у корпусі, але гарантує, що антена не буде втрачена під час руху по бездоріжжю.

Вибір кріплення: Використовуйте **болти та гайки підвищеного класу міцності**. Стандартні будівельні кріплення (клас 4.6, 5.8) не витримують динамічних навантажень.

Рекомендований клас міцності (сталь): Не нижче **8.8** за ISO. Маркування «8.8» наноситься на головку болта. Для особливо важких конструкцій — клас **10.9**. Гайка повинна мати відповідний клас міцності (напр., клас 8 для болта 8.8).

Нержавіюча сталь: Для захисту від корозії можна використовувати нержавіючу сталь. Найпоширеніші марки: **A2** (аналог AISI 304, «харчова») та **A4** (аналог AISI 316, «кислотостійка», краще для агресивних умов).

Ключовий аспект — боротьба з вібрацією: Постійна вібрація під час руху є головним ворогом будь-якого різьбового з'єднання. Для надійної фіксації **обов'язково** використовуйте один із трьох методів:

1. **Контргайки** (англ. *Jam nuts*): Друга гайка, що затягується поверх основної.

2. **Пружинні (гроверні) шайби** (англ. *Spring washers / Grover washers*): Спеціальні розрізані шайби, що створюють постійний тиск на різьбу.

3. **Анаеробні фіксатори різьби** (англ. *Anaerobic thread-lockers*): Спеціальний клей (напр., Loctite 243 «синій» — розбірний, або Loctite 270 «червоний» — нерозбірний), який полімеризується в зазорах різьби і надійно її блокує.

4. **Дієвим є рішення щодо пружинного з'єднання антени з корпусом, дозволяє завдяки отриманій гнучкості уникати пошкоджень або знищення антен.**

2.1.3. Зварювання: коли застосовується та вимоги до виконання робіт на броні

Зварювання застосовується для монтажу важких кронштейнів та рам на бронетехніку. Цей метод забезпечує максимальну міцність, але вимагає суворого дотримання технології.

Увага! Роботи повинен виконувати лише **сертифікований зварювальник з досвідом роботи з броньовими сталями**. Неправильне зварювання гарантовано погіршить захисні властивості броні.

Ключові правила зварювання броні:

1. **Правильний вибір електродів:** Використовувати лише спеціальні низьководневі електроди з основним покриттям (напр., УОНИ-13/55, AWS E7018), які були попередньо просушені в печі за рекомендованим режимом. Це запобігає утворенню водневих тріщин у зварному шві.

2. **Обов'язковий попередній підігрів:** Зона зварювання на броні має бути попередньо нагріта до температури 120-250°C (залежно від марки сталі та її товщини). Це сповільнює охолодження і запобігає утворенню крихких структур в **зоні термічного впливу** (англ. *Heat-Affected Zone, HAZ*).

3. **Мінімізація тепловкладення:** Зварювання проводиться вузькими валиками без широких поперечних коливань. Це зменшує зону перегріву броні.

4. **Заборона швидкого охолодження:** Після зварювання шов та прилеглу зону необхідно накрити азбестовою тканиною або піском для забезпечення повільного, рівномірного охолодження. Різке охолодження (напр., дощем) є неприпустимим.

2.1.4. Магнітні основи: чому це не найкраще рішення для бойових умов

Побутові магнітні кріплення (англ. *Magnetic mounts*) створюють ілюзію зручності та швидкого монтажу. Однак в умовах бойових дій їх використання критично ризиковане, проте широко використовується. Сили магніту часто недостатньо, щоб утримати антену під час сильної тряски, проїзду через лісисту місцевість чи зарості кущів, ривків на бездоріжжі або навіть при русі на високій швидкості. Ризик втратити антену — найважливіший елемент системи — в найвідповідальніший момент є неприпустимим.

Припустимим ризиком можуть бути потужні рідкісноземельні/неодимові магніти, феромагнетики.

Феромагнетики — це речовини, що володіють сильними магнітними властивостями, зокрема, здатністю до сильного намагнічування під дією зовнішнього поля та збереження намагніченості після його зникнення. Вони створюють сильне магнітне поле, яке посилює зовнішнє магнітне поле в сотні й тисячі разів. До них належать залізо, нікель, кобальт та їх сплави.

Це справді реальне рішення швидкого і надійного монтажу засобу РЕБ на техніці. На сьогодні це широко практикується, проте є обмеження -- в тих випадках де конструкції корпусу транспортного засобу мають пластикові (діелектричні) складові.

2.1.5. Захист антен від гілок та уламків: захисні дуги та рами

Антени, особливо складних конструкцій (наприклад, «**конюшина**» (англ. *Cloverleaf antenna*)), є механічно вразливими. Їх легко пошкодити гілками дерев або випадковими уламками.

Рішення: Встановлення простих захисних дуг або рам навколо антени.

Важлива вимога: Конструкція захисту не повинна потрапляти в так звану «ближню зону» антени (безпосередньо біля випромінюючих елементів) і не повинна бути суцільною, щоб не створювати перешкод для випромінювання.

2.2. Монтаж фідерної лінії: як не втратити потужність по дорозі до антени

Фідерна лінія (англ. *Feeder line*) або коаксіальний кабель (англ. *Coaxial cable*) — це транспортна артерія, що доставляє потужність від передавача до антени. Якщо ця артерія пошкоджена або неякісна, значна частина потужності просто не дійде до антени, розсіявшись у вигляді тепла.

2.2.1. Вибір коаксіального кабелю

Хвильовий опір 50 Ом — це закон: Абсолютна більшість систем РЕБ та радіозв'язку розрахована на роботу з кабелем, що має хвильовий опір (англ. *Wave impedance*) 50 Ом. Використання будь-якого іншого кабелю, наприклад, телевізійного 75 Ом, призведе до **неузгодженості** (англ. *Impedance Mismatch*). **Неузгодженість** — це стан, коли параметри кабелю та антени не збігаються. Внаслідок цього потужність не може ефективно перейти з кабелю в антену і відбивається назад до передавача. Це не тільки катастрофічно знижить ефективність РЕБ, але й з високою ймовірністю **спричинить перегрів та вихід з ладу підсилювача потужності** (англ. *Power Amplifier, PA*).

Якість та тип: Чим вища частота і чим довший кабель, тим більші втрати. Для мінімізації втрат використовуйте якісні кабелі з товстою центральною жилою та щільною опліткою, такі як **RG-213, LMR-400** або їхні військові аналоги. Зовнішня оболонка кабелю для зовнішньої прокладки має бути стійкою до ультрафіолету (зазвичай чорного кольору з поліетилену, ПЕ).

2.2.2. Правила прокладання кабельних трас

Захист: Кабелі слід прокладати в захищених каналах або кріпити до корпусу так, щоб унеможливити їх пошкодження чи перетирання.

Уникайте гострих перегинів: Мінімальний радіус вигину для більшості кабелів становить 10-20 діаметрів цього кабелю. Гострий злам змінює хвильовий опір і стає місцем втрат.

Подалі від завад: Прокладайте коаксіальний кабель якомога далі від силових кабелів бортової мережі та системи запалювання двигуна.

Захист отворів: Усі отвори в корпусі, через які проходить кабель, повинні бути обладнані гумовими або пластиковими ущільнювачами (втулками), щоб гострі металеві краї не перетерли ізоляцію кабелю.

2.3. Заземлення: обов'язкова умова безпеки та правильної роботи

Надійне електричне з'єднання корпусу блоку РЕБ з «масою» (корпусом) техніки, або **заземлення** (англ. *Grounding / Earthing*), є абсолютною вимогою. Це не опція, а необхідність.

2.3.1. Для чого потрібне заземлення?

Безпека особового складу: Захист від ураження струмом у разі несправності.

Правильна робота апаратури: Створення «опорного» нульового потенціалу для всіх електричних кіл всередині пристрою.

Зменшення перешкод: Корпус апаратури стає частиною загального екрану, що зменшує побічні випромінювання, які можуть впливати на іншу електроніку.

2.3.2. Практичне виконання

Чим виконувати: Заземлення виконується коротким провідником великого перерізу. Ідеальний варіант — **плетена мідна шина** (англ. *Braided copper strap*). Якщо її немає, підійде товстий мідний кабель.

Як підключати: Провідник під'єднується до спеціальної клеми заземлення на корпусі блоку РЕБ та до точки на рамі або корпусі автомобіля, **зачищеної до чистого металевого блиску**.

Захист контакту: Після надійного затягування болта місце контакту необхідно захистити від корозії за допомогою технічного вазеліну, густої змазки або фарби.

РОЗДІЛ 3. АНТЕНИ, ЇХ КЛЮЧОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Щоб свідомо обирати та правильно використовувати антени, не обов'язково бути радіоінженером. Але необхідно розуміти чотири ключові параметри, які визначають її поведінку. Це як знати характеристики зброї: дальність стрільби, калібр, темп та купчастість. Не знаючи їх, ви не зможете ефективно її застосувати.

3.1. Діаграма спрямованості (ДС) (англ. *Radiation Pattern*)

Діаграма спрямованості — це, по суті, карта, яка показує, в яких напрямках і з якою інтенсивністю антена випромінює радіохвилі.

Уявіть собі звичайний ліхтарик. Якщо в нього широка, розсіююча лінза, він світить слабо, але одразу на всі боки. Якщо лінза вузька і сфокусована, він б'є потужним променем в одну точку, але не освітлює нічого збоку. ДС антени працює за тим самим принципом.

Для мобільних комплексів РЕБ нас цікавить ДС у двох площинах:

Горизонтальна площина: Для всеспрямованих антен (а саме такі нам потрібні для захисту на 360°) ця діаграма має форму кола. Це означає, що антена випромінює однаково потужно у всіх напрямках навколо себе.

Вертикальна площина: Це розріз «збоку», який показує, як антена випромінює вгору та вниз. Саме тут криються головні відмінності між типами антен: У простій колінеарній антені ДС у вертикальній площині нагадує «**бублик**» (технічно — тор). Вона добре випромінює в сторони, але має значний «провал» потужності прямо над собою. Це і є той самий «конус мовчання», вразлива зона для атаки згори. У антен типу «конюшина» або квадрифілярних ДС нагадує «**купол**» або півсферу. Вона спеціально спроектована, щоб ефективно випромінювати у верхню півсферу, прикриваючи вразливу зону над технікою.

3.2. Коефіцієнт підсилення (англ. *Gain*)

Коефіцієнт підсилення — це показник, наскільки краще антена концентрує енергію в певному напрямку порівняно з ідеальною антеною, що випромінює однаково у всіх напрямках (як лампочка без рефлектора). Вимірюється в **dBі** (децибел відносно ізотропного випромінювача).

Важливо: Антена — пасивний пристрій. Вона **не створює енергію і не підсилює потужність** вашого передавача. Вона лише **перерозподіляє** її в просторі.

Аналогія: Повернемось до ліхтарика. Якщо ви візьмете ту саму лампочку і помістите її у вузький рефлектор, промінь світла стане яскравішим (підсилення зросло), але кут освітлення зменшиться. Загальна кількість світла (енергії) залишилася тією ж самою. Для всеспрямованих антен, що випромінюють на 360°, коефіцієнт підсилення зазвичай невеликий (від 2 до 6 dBі), оскільки енергія «розмазується» по великій площі. Якщо ви бачите всеспрямовану антену з величезним коефіцієнтом підсилення (напр., 12 dBі), це означає, що її «бублик» ДС дуже плоский — вона чудово «стріляє» до горизонту, але має ще більший провал випромінювання вгору.

3.3. Коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) (англ. *Standing Wave Ratio, SWR*)

КСХ — це, мабуть, найважливіший показник «здоров'я» всієї вашої антенно-фідерної системи. Він показує, наскільки добре антена узгоджена з кабелем і передавачем.

Аналогія: Уявіть, що ви качаєте воду по шлангу, а на кінці шланга хтось поставив вузьку насадку (невідповідність). Частина води буде виходити через насадку, а частина — **відбиватися назад** по шлангу, створюючи в ньому надлишковий тиск. Те ж саме відбувається з радіохвилями. Якщо антена погано узгоджена (пошкоджена, неправильно виготовлена, підключена поганим кабелем), частина потужності передавача не випромінюється, а відбивається від антени

назад по кабелю до передавача. Ця відбита потужність нікуди не зникає — вона перетворюється на тепло і **нагріває вихідний каскад підсилювача потужності**, що може легко його **спалити**.

Практичні значення КСХ:

1:1 — Ідеал. Вся потужність випромінюється.

До 1.5:1 — Чудовий результат для бойових умов.

Від 1.5:1 до 2:1 — Задовільно, але варто шукати причину (поганий кабель, роз'єм, невелика деформація антени).

Вище 2:1 — Проблемна зона. Ефективність РЕБ значно падає, є ризик пошкодження передавача при тривалій роботі.

3:1 і вище — Аварійна ситуація. **Вмикати передавач надовго не можна!**

3.4. Поляризація: головний виклик при подавленні каналу управління

При роботі тактичного РЕБ ближньої дії з техніки нашим головним і, як правило, **єдиним завданням є подавлення каналу управління дроном**. Ми маємо розірвати зв'язок між пультом оператора та приймачем на борту БпЛА. Відеоканал ми не чіпаємо, адже позбавивши ворога можливості керувати дроном, ми вже вирішуємо основне завдання.

І саме тут поляризація стає полем бою. Ефективність нашого впливу напряму залежить від того, наскільки поляризація сигналу нашого РЕБ збігається з поляризацією антени приймача на дроні.

Проблема: ціль є складною та адаптивною

Антенa приймача на FPV-дроні — це не проста колінеарна антенa, що завжди стоїть вертикально. Ворог постійно вдосконалюється, тому ми можемо зіткнутися з кількома конфігураціями:

1. Одна колінеарна антенa (тут і далі мається на увазі люба антенa у формі штиря (колiнеарні, хлистові, тощо): Може бути встановлена як вертикально, так і горизонтально.

2. Система рознесених антен (Diversity): На дроні встановлено одразу дві антени, наприклад, одна вертикально, інша горизонтально. Електроніка дрона автоматично перемикається на ту антену, яка в даний момент приймає кращий сигнал.

3. Адаптивні антени: Деякі дрони оснащуються сервоприводами, які можуть примусово змінювати кут нахилу антени в польоті, намагаючись уникнути впливу РЕБ і знайти положення, в якому сигнал від оператора буде кращим за сигнал перешкоди.

Наслідки неузгодженості поляризацій: Якщо наш РЕБ випромінює сигнал лише у вертикальній поляризації, а антена дрона в цей момент горизонтальна (або пілот нахилив дрон на 90 градусів), рівень нашої перешкоди на приймачі дрона впаде в сотні, а то й тисячі разів (на 20-30 дБ). **Це робить наш РЕБ практично непомітним для дрона.** Наше завдання — створити такий сигнал перешкоди, від якого антена дрона не зможе «сховатися» за жодних умов.

3.5. Інженерні рішення: як створити ефективну перешкоду

Розглянемо, як різні конструкції антен РЕБ вирішують цю складну задачу.

3.5.1. Неефективне рішення: одна вертикальна колінеарна антена

Найпростіший РЕБ з однією вертикальною антеною є найменш ефективним. Він добре працюватиме лише проти дрона, антена якого теж вертикальна і не змінює свого положення. В реальному бою, коли дрон маневрує, або проти систем з рознесеними чи адаптивними антенами, ефективність такого РЕБ буде вкрай низькою і ситуативною.

3.5.2. Поляризаційне рознесення: система з двома похилими антенами (приклад: Kvertus)

Це інженерне рішення, розроблене для надійного подавлення цілі з невідомою або змінною **лінійною** поляризацією.

Конструкція: Дві колінеарні антени встановлені під кутом **45° до вертикалі** та під кутом **90° одна відносно одної** (у формі літери «V»).

Принцип роботи: Кожна нахилена антена випромінює сигнал, що має одночасно **і вертикальну, і горизонтальну** складові. Оскільки антени дві і вони перпендикулярні одна одній, вони разом створюють щільне електромагнітне поле, яке ефективно «накриває» всі можливі кути лінійної поляризації.

Результат: Як би не була орієнтована колінеарна антена на дроні (вертикально, горизонтально, під кутом), вона гарантовано прийме потужну складову сигналу перешкоди від такої системи РЕБ. Це надійний спосіб протидіяти і дронам з рознесеними антенами (diversity), і тим, що активно маневрують.

3.5.3. Кругова поляризація: «універсальний ключ» проти будь-якої лінійної антени

На перший погляд може здатися, що якщо ціль (антена управління дроном) має лінійну поляризацію, то і перешкоду треба створювати з лінійною. Але є більш універсальний метод.

Принцип роботи: Сигнал з круговою поляризацією (який створюють антени типу «конюшина» або квадрофіляр, Quadrifilar Helix Antennas (QHA)) можна уявити як такий, що має і вертикальну, і горизонтальну складові, які постійно обертаються.

Результат: Коли такий «обертовий» сигнал зустрічає **будь-яку** лінійну антену (вертикальну, горизонтальну, під будь-яким кутом), він завжди створює в ній потужний відгук. Так, при цьому відбувається фіксована втрата половини потужності (-3 дБ), але ця втрата **стабільна і прогнозована**.

Головна перевага: Антена з лінійною поляризацією **не може знайти положення в просторі, щоб «сховатися» від сигналу з круговою поляризацією**. Це робить антени РЕБ з круговою поляризацією надзвичайно ефективним інструментом саме для подавлення каналу управління. Вони є гарним рішенням проти дронів з адаптивними антенами на сервоприводах, оскільки будь-яка спроба антени змінити своє положення для уникнення перешкоди буде марною.

3.6. Вплив навколишнього середовища: Ваш ворог і ваш союзник

Ефективний радіус дії комплексу РЕБ, зазначений у його характеристиках, є ідеальним показником, вимірним у відкритому просторі. В реальних бойових умовах цей радіус є динамічною величиною, що постійно змінюється під впливом рельєфу, рослинності та погодних умов.

Ключова ідея, яку необхідно зрозуміти: **будь-яка фізична перешкода, що заважає поширенню радіохвиль вашого РЕБ, так само заважає і поширенню радіохвиль каналу управління ворожого дрона.** Таким чином, середовище є одночасно і вашим ворогом, що зменшує ефективність вашого «купола», і вашим найкращим союзником, що надає природне укриття. Грамотний оператор не бореться з середовищем, а використовує його.

а. Вплив рельєфу та штучних перешкод (будівлі, споруди)

Як ворог: Пагорби, яри, бетонні будівлі та будь-які масивні об'єкти є непрозорими для радіохвиль. Вони створюють так звану «**радіотінь**». Якщо ваша техніка знаходиться в низині, а дрон летить за пагорбом, ваш РЕБ його не «побачить» і не зможе ефективно придушити, поки він не з'явиться в зоні прямої видимості. Це створює вразливі сектори у вашому захисті.

Як союзник: Радіотінь — це ваше головне укриття. Перебуваючи за схилом пагорба або за капітальною залізобетонною спорудою, ви є невидимими не тільки візуально, але й для радіосигналів керування противника. Це найпростіший і найнадійніший спосіб захисту. Перед тим, як вмикати РЕБ і демаскувати себе, завжди оцініть, чи можна використати рельєф для прихованого пересування чи розміщення на позиції.

б. Вплив рослинності (ліс, «зеленка»)

Як ворог: Листя дерев, особливо густе та вологе, діє як губка, що поглинає радіочастотну енергію та є завадою для радіохвиль. Цей ефект є особливо сильним для більш високих частот (які часто

використовуються для керування дронами). Ефективний радіус дії РЕБ, який у відкритому полі становить, наприклад, 300 метрів, в густому лісі може впасти до 10-100 метрів.

Як союзник: «Зеленка» є вашим другом з тієї ж причини. Вона значно погіршує якість зв'язку між оператором та дроном, змушуючи його підлітати ближче або підніматися вище над лісом, що робить його більш помітним та вразливим. Пересування під щільним покривом дерев є ефективною тактикою пасивного захисту.

в. Вплив погодних умов

Як ворог: Сильний дощ, густий туман, мокрий сніг створюють додаткове ослаблення радіосигналу в атмосфері. Цей ефект називається «загасанням в опадах» і, знову ж таки, є більш вираженим для високих частот. Це може дещо зменшити максимальну дальність дії вашого РЕБ.

Як союзник: Погана погода — це значно більша проблема для оператора FPV-дрона, ніж для вас.

Вітер: Сильний поривчастий вітер ускладнює керування легким дроном і знижує точність влучання.

Опади: Дощ або сніг можуть потрапити на незахищену електроніку дрона і вивести його з ладу.

Видимість: Туман, дощ або сутінки різко погіршують якість зображення з камери дрона, роблячи ідентифікацію цілі та точне наведення майже неможливим. Тому в більшості випадків несприятливі погодні умови грають на вашу користь, значно знижуючи ефективність застосування FPV-дронів противником.

РОЗДІЛ 4. ВИБІР АНТЕННОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ БОЙОВОГО ЗАВДАННЯ: ТАКТИЧНИЙ АНАЛІЗ

Після розбору теорії стає очевидним: не існує однієї «найкращої» антени на всі випадки життя. Вибір конкретного типу антенної системи — це завжди **тактичний компроміс**, що ґрунтується на глибокому аналізі головної загрози, характеру бойового завдання та умов експлуатації. Цей розділ присвячений детальному розбору цих факторів.

4.1. Ключові фактори, що впливають на вибір

Перед тим, як порівнювати системи, кожен командир повинен провести ретельний аналіз обстановки за чотирма ключовими напрямками.

4.1.1. Пріоритетна загроза: Глибоке розуміння противника

Аналіз загрози — це не просто констатація «ворог використовує FPV-дрони». Це розвідка, що вимагає деталізації.

Стандартні дрони (масовий противник): Це дрони, зібрані з поширених компонентів, часто з однією або двома стандартними колінеарними антенами (наприклад, TBS Crossfire). Вони становлять більшість загроз. Їхня слабкість — у передбачуваності. Вони вразливі до будь-якої системи РЕБ, що створює щільне поле у потрібній поляризації.

Просунуті дрони (системи Diversity): Це дрони, оснащені двома антенами з різною поляризацією (напр., вертикальною та горизонтальною). Логіка приймача (англ. *Receiver*) автоматично обирає ту антену, яка в даний момент отримує чистіший сигнал від оператора. Це робить їх значно стійкішими до простих систем РЕБ з однією поляризацією. Якщо ви створюєте перешкоду лише у вертикальній поляризації, дрон просто перемкнеться на свою горизонтальну антену і продовжить політ.

Адаптивні дрони (цілеспрямована протидія РЕБ): Це найскладніша ціль. Такі дрони оснащені сервоприводом, який фізично обертає антену в польоті. Логіка дрона працює наступним чином:

якщо сигнал від оператора втрачається (наприклад, через дію РЕБ), бортовий контролер активує сервопривід, і антена починає «шукати» в просторі таке положення, де сигнал від пульта оператора буде сильнішим за сигнал перешкоди. Це динамічна загроза, що активно протидіє вашій системі.

Висновок: Вибір системи РЕБ має ґрунтуватися на розвідданих. Аналіз уламків збитих дронів, радіоперехоплення, доповіді від дружніх підрозділів — все це дає розуміння, до боротьби з яким противником потрібно готуватися. Якщо у вашій зоні відповідальності діють просунуті або адаптивні дрони, потреба в універсальних системах РЕБ (напр., з круговою поляризацією) різко зростає.

4.1.2. Характер бойових дій: Фізика середовища

Середовище, в якому ви працюєте, диктує свої закони поширення радіохвиль та вимоги до обладнання.

Відкрита місцевість (поля, степи): Тут головну роль грає дальність. Загроза може з'явитися здалеку, кут атаки зазвичай невеликий. Важлива висока енергетика сигналу РЕБ. Механічні пошкодження антен малоімовірні, тому можна використовувати більш делікатні, але ефективні системи.

Лісиста місцевість, лісосмуги: Головний ворог — фізичне оточення. Гілки, дерева, вузькі проїзди неминуче призведуть до контакту з антенами. Навіть найефективніша антена типу «конюшина» стане марною після першого ж контакту з товстою гілкою. Тут вимога до **механічної міцності** стає абсолютно пріоритетною.

Щільна міська забудова: Це найскладніше середовище для радіозв'язку. Виникає ефект **багатопроменевого поширення (multipath)**. Сигнал від вашого РЕБ відбивається від стін будівель, доходячи до дрона з різних напрямків з затримкою. Ці відбиті сигнали можуть як підсилювати один одного, так і, що гірше, послаблювати, створюючи непередбачувані «дірки» у вашому захисному куполі. Кругова поляризація значно стійкіша до цього ефекту, оскільки при відбитті вона змінює напрямок обертання (з правої на ліву і навпаки), і антена може частково відфільтрувати відбиті сигнали, надаючи перевагу прямому.

4.1.3. Вимоги до надійності та ремонтпридатності: Битва з реальністю

В бою будь-яке обладнання ламається. Питання в тому, як швидко ви можете повернути його до роботи.

Надійність (MTBF - Mean Time Between Failures): Простіші системи (як колінеарні антени мають значно менше точок відмови. У них немає крихких паяних з'єднань, які можуть тріснути від вібрації, як у «конюшини».

Польовий ремонт: Це ключовий аспект.

Колінеарна антена: Якщо колінеарна антена зламалася, її можна замінити на запасну за хвилини. В екстремній ситуації його можна імпровізувати, зачистивши центральну жилу коаксіального кабелю на потрібну довжину (чверть довжини хвилі) або навіть використавши шматок польового кабелю П-274 («польовка»). Система втратить в ефективності, але продовжить працювати.

«Конюшина» / QHA: Будь-яка деформація пелюсток або спіралей призводить до катастрофічної зміни її характеристик (в першу чергу КСХ). Відремонтувати її в полі неможливо. Спроба «вигнути назад» лише погіршить ситуацію. Така антена потребує повної заміни на аналогічну заводську.

4.1.4. Демаскуючі ознаки та помітність: Як не стати ціллю №1

Техніка з очевидними ознаками РЕБ автоматично стає пріоритетною ціллю для артилерії, ПТРК та інших дронів.

Візуальна помітність: Дві похилі колінеарні антени можуть бути замасковані під стандартні антени зв'язку. Натомість великий білий або чорний купол QHA-антени чи специфічна форма «конюшини» є унікальним і добре помітним силуетом. Це демаскує не тільки тип системи, але й вказує на високу важливість машини, яку вона захищає (ймовірно, КШМ або машина управління).

Маскування: Колінеарна антена можна легко пофарбувати в камуфляж. Купольні антени можна покрити маскувальною сіткою, але лише за умови, що сітка суха і не містить металевих елементів, інакше вона буде поглинати потужність.

4.2. Детальний огляд типів антен: що ви бачите в реальності

Перш ніж аналізувати сценарії, розглянемо детально кожен тип антени як окремий виріб. Ви повинні вміти миттєво ідентифікувати їх та знати їхні сильні та слабкі сторони «в обличчя».

4.2.1. Всеспрямовані колінеарні антени

Зовнішній вигляд та ідентифікація: Найпростіший і найпоширеніший тип. Являє собою гнучкий або жорсткий колінеарна антена (або провідник у діелектричному корпусі), встановлений на основі. Може мати в основі пружину для гнучкості. Легко маскується під штатні антени радіозв'язку.

Ключові переваги:

– **Максимальна механічна міцність:** Це «автомат Калашникова» у світі антен. Вона розрахована на жорсткі умови експлуатації, витримує удари гілок, вібрації, падіння.

– **Висока ремонтпридатність:** Навіть якщо колінеарна антена зламалася, її легко замінити. В екстремальних умовах можна імпровізувати, використавши шматок проводу потрібної довжини, що дозволить системі продовжити роботу, хоч і з меншою ефективністю.

– **Низька вартість та доступність:** Це найдешевші та найпоширеніші антени, що спрощує їх заміну.

– **Низька візуальна помітність:** Не привертає зайвої уваги, оскільки схожа на звичайну антену зв'язку.

Критичні недоліки:

– **Лінійна поляризація:** Головний тактичний недолік. Для ефективної роботи проти цілей, що маневрують, вимагає використання в парі (як у системах з поляризаційним рознесенням).

– **«Конус мовчання»:** Має значну «мертву зону» у вигляді конуса безпосередньо над собою. Вкрай вразлива до атак дронів, що пікірують вертикально зверху.

Тактичне резюме: «Робоча конячка». Надійна, проста, витривала. Не є найефективнішим рішенням сама по собі, але її недоліки можна компенсувати правильним використанням в системі (пара похилих антен). Ідеальний вибір, коли пріоритетом є виживання обладнання в агресивному середовищі.

4.2.2. Антени типу «Конюшина» («Cloverleaf antenna»)

Зовнішній вигляд та ідентифікація: Дуже характерна форма з трьох або чотирьох вигнутих пелюсток, що виходять з центральної точки. Миттєво ідентифікується як спеціалізована антена, зазвичай для FPV-дрона або РЕБ.

Ключові переваги:

– **Справжня кругова поляризація:** Її головна і єдина функція, яку вона виконує дуже добре. Це робить її ефективним «універсальним ключем» проти лінійних антен дронів.

– **Гарне покриття верхньої півсфери:** Форма ДС нагадує «купол», що значно краще перекриває вразливу зону над технікою порівняно із колінеарною антеною.

Критичні недоліки:

– **Надзвичайна крихкість:** Це її «ахіллесова п'ята». Пелюстки зроблені з тонкого дроту або мідної пластини і кріпляться до центрального кабелю за допомогою пайки. Будь-який удар, навіть незначний, деформує геометрію пелюсток.

– **Чутливість до зміни геометрії:** Навіть незначна деформація призводить до катастрофічного погіршення КСХ (SWR). Передавач починає працювати на неузгоджене навантаження, що призводить до його перегріву та швидкого виходу з ладу.

– **Нульова ремонтпридатність в полі:** Спроба «вигнути пелюстки назад» ніколи не поверне антену до робочих параметрів. Вона потребує повної заміни.

Висновок: «Конюшина». Надзвичайно ефективна у своєму вузькому завданні, але платить за це повною відсутністю стійкості до будь-яких механічних впливів. Її застосування виправдане лише

в статичних, безпечних умовах, де можна повністю реалізувати її потенціал без ризику пошкодження. Через свою крайню вразливість, антена типу «конюшина» у відкритому виконанні не рекомендується для використання на техніці, що бере участь у активних бойових діях. Її застосування може бути виправдане лише в глибокому тилу або на стаціонарних об'єктах з мінімальним ризиком будь-якого механічного впливу.

4.2.3. Квадрифілярні (QHA) антени («Quadrifilar Helix Antenna»)

Зовнішній вигляд та ідентифікація: Зазвичай виглядає як циліндр або купол (часто білого або сірого кольору) з радіопрозорого пластику чи скловолокна. Сама антена (чотири спірально закручені провідники) знаходиться всередині цього захисного корпусу (радому).

Ключові переваги:

Найкраща діаграма спрямованості для боротьби з дронами: Формує ідеальний, щільний «купол» подавлення, спеціально спроектований для максимального випромінювання у верхню півсферу.

Ефективна кругова поляризація: Як і «конюшина», є «універсальним ключем», але часто з кращою якістю поляризації.

Висока надійність (в корпусі): Захисний корпус (радом) робить її стійкою до погодних умов (дощ, сніг, обледеніння) та легких механічних пошкоджень. Вона значно міцніша за відкриту «конюшину».

Критичні недоліки:

Висока вартість та складність виробництва: Це найдорожчий і технологічно найскладніший тип антени.

Значні габарити та висока помітність: Великий купол є дуже помітним демаскуючим елементом, що миттєво видає машину з РЕБ.

Нульова ремонтпридатність: Пошкодження внутрішньої структури є фатальним і не підлягає ремонту в полі.

Висновок: «Квадрофіляри». Найбільш ефективне, професійне, але дороге та помітне рішення. Це вибір для захисту найцінніших активів (КП, вузли зв'язку, системи ППО), де максимальна ефективність є абсолютним пріоритетом, а вартість та помітність вторинні.

4.3. Розбір тактичних сценаріїв

Сценарій А: Супровід колон та штурмові групи

Глибокий аналіз: У цьому сценарії головним фактором є висока динаміка та агресивне середовище. Антени зазнають постійних вібраційних навантажень, що розкручують кріплення, та ударних навантажень від гілок. Завдання — забезпечити безперервний захист колони, де вихід з ладу РЕБ навіть на одній машині створює небезпечну прогалину.

Рекомендація: Система з двома похилими колінеарними антенами.

Обґрунтування: Перевага в механічній міцності тут є абсолютною. Можливість швидкої заміни пошкодженого елемента безпосередньо в полі дозволяє зберегти боєздатність підрозділу. Навіть якщо ефективність проти адаптивних дронів дещо нижча, це компенсується тим, що сама система з більшою ймовірністю буде працювати в потрібний момент.

Сценарій Б: Оборона стаціонарних об'єктів

Аналіз: Стаціонарний об'єкт (КП, склад, позиція артилерії) є ціллю, яку противник буде вивчати. Він може застосовувати різні тактики, запускати дрони з різних напрямків та висот, використовувати свої найпросунутіші моделі. Захист має бути абсолютним.

Рекомендація: Обирати систему з **круговою поляризацією**, віддаючи однозначну перевагу надійній **квадрифілярній (QNA) антені в захисному корпусі**. Використання більш крихких антен типу «конюшина» можливе лише за відсутності кращих альтернатив та за умови створення для них додаткового фізичного захисту.

Обґрунтування: Оскільки техніка нерухома, ризик механічних пошкоджень мінімальний. Натомість максимальний ризик зіткнутися з «розумним» противником, що використовує адаптивні антени. Здатність кругової поляризації «дістати» ціль за будь-яких умов стає вирішальною. Це створює психологічний комфорт для екіпажу, який впевнений у надійності свого «купола».

Сценарій В: Бойові дії в умовах щільної міської забудови

Аналіз: Місто — це 3D-лабіринт для радіохвиль. Прямої видимості майже ніколи немає. Сигнал вашого РЕБ долітає до дрона десятками різних шляхів, відбиваючись від бетону та металу. Кожне таке відбиття змінює поляризацію лінійного сигналу, роблячи його хаотичним та непередбачуваним.

Рекомендація: Система з **круговою поляризацією (QNA)**.

Обґрунтування: Здатність кругової поляризації краще працювати в умовах багатопроменового поширення (multipath) робить її єдиним надійним вибором для міста. Вона створює значно більш стабільне та однорідне поле перешкоди, заповнюючи «тіні» та «провали», що виникають через відбиття.

4.4. Гібридні системи та концепція ешелонованого захисту

Професійний підхід полягає в комбінуванні сильних сторін різних систем.

Гібридна система на одній машині: Це рішення для універсальних завдань. Наприклад, на башті встановлюється надійна система з похилими колінеарними антенами для основного діапазону подавлення 900 МГц, оскільки антени для цього діапазону є великими і більш вразливими. Поруч встановлюється менша за розміром, але більш універсальна QNA-антена для діапазонів 2.4/5.8 ГГц.

Ешелонований захист колони: Це тактика, що перетворює колону на єдиний організм РЕБ.

«Розвідка боєм» (дозорні машини): Оснащуються найміцнішими системами на основі колінеарних антен. Їхнє завдання — витримати перший контакт і забезпечити базовий захист.

«Ядро» (КШМ, управління): Оснащуються найефективнішими системами з круговою поляризацією, створюючи надзахищений «купол» над центром прийняття рішень.

Фланги та замикання: Оснащуються колінеарними антенами. Такий підхід вимагає ретельного частотного планування, щоб машини не глушили одна одну, але створює глибоку, відмовостійку та надзвичайно ефективну систему захисту.

4.5. Зведена порівняльна таблиця антенних систем

Щоб систематизувати викладену вище інформацію, скористайтеся цією таблицею для швидкого порівняння ключових характеристик основних типів антенних систем, що застосовуються в мобільних комплексах РЕБ.

Таблиця 1. Зведена порівняльна таблиця антенних систем

Критерій / Параметр	Система з поляризаційним рознесенням (2 похилі колінеарні антени)	Антенна типу «Конюшина» («Cloverleaf»)	Квадрифілярна (QNA) антена
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОДАВЛЕННЯ			
Проти дронів з 1-2 лінійними антенами	Дуже висока. «Поляризаційна ковдра» надійно накриває ціль.	Висока. Ефективно, але з фіксованою втратою потужності -3 дБ.	Висока. Ефективно, але з фіксованою втратою потужності -3 дБ.
Проти дронів з адаптивною антеною (на сервоприводі)	Середня. Теоретично, адаптивна система може знайти «мертву зону».	Відмінна. «Сховатися» від кругової поляризації неможливо.	Відмінна. Найкращий контрзахід, від якого неможливо ухилитися.

Продовження таблиці 1. Зведена порівняльна таблиця антенних систем

Критерій / Параметр	Система з поляризаційним рознесенням (2 похилі колінеарні антени)	Антенна типу «Конюшина» («Cloverleaf»)	Квадрифілярна (QNA) антена
В умовах щільної міської забудови (Multipath)	Задовільна. Лінійна поляризація сильніше спотворюється при відбитті від перешкод.	Дуже висока. Кругова поляризація значно стійкіша до відбитих сигналів.	Відмінна. Най- кращий вибір для складного радіоелектронно- го середовища міста.
Покриття верхньої півсфери («купол»)	Задовільна. Найявний значний «конус мовчання» безпосередньо над системою.	Висока. Формує добрий захисний «купол» з мінімальним провалом зверху.	Відмінна. Спроектована для створення ідеального, щільного купола над об'єктом.
НАДІЙНІСТЬ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ			
Механічна міцність	Дуже висока. Проста та міцна конструкція, стійка до ударів, вібрацій.	Дуже низька. Надзвичайно крихка, чутлива до будь-яких деформацій.	Висока. Завдяки захисному корпусу (радому) добре захищена.
Ремонтопридат- ність в польових умовах	Висока. Пошкоджену колінеарну антену можна легко замінити, навіть імпровізованим.	Нульова. Будь- яка деформація є фатальною і потребує повної заміни.	Нульова. Пошкодження внутрішньої структури не ремонтуються в полі.
Стійкість до погодних умов (дощ, сніг, обледеніння)	Висока. Проста конструкція малочутлива до опадів.	Низька. Відкрита конструкція схильна до обледеніння, що змінює її параметри.	Відмінна. Захисний корпус повністю захищає від будь-яких погодних умов.

Кінець таблиці 1. Зведена порівняльна таблиця антенних систем

Критерій / Параметр	Система з поляризаційним рознесенням (2 похилі колінеарні антени)	Антенна типу «Конюшина» («Cloverleaf»)	Квадрифілярна (QNA) антена
ТАКТИЧНІ ПАРАМЕТРИ			
Візуальна помітність (демаскуючі ознаки)	Низька. Може бути замаскована під штатні антени зв'язку.	Середня. Характерна форма, що легко ідентифікується.	Висока. Великий купол є очевидним демаскуючим елементом.
Габарити та вага	Низькі. Зазвичай найбільш компактне та легке рішення.	Середні. Легка, але може мати значні габарити в ширину.	Високі. Зазвичай найважча та най- габаритніша з трьох.
Орієнтовна вартість та доступність	Низька. Найдешевше та найдоступніше рішення.	Середня. Більш спеціалізований та дорогий виріб.	Висока. Найдо- рожче та техно- логічно найсклад- ніше рішення.
РЕКОМЕНДО- ВАНЕ ЗАСТО- СУВАННЯ	Захист рухомих колон, штурмові дії, робота в лісі.	Захист малорухомих об'єктів в умовах високого ризику механічних пошкодження.	Захист критично важливих стаціонарних об'єктів, робота в місті.

Висновок: Вибір антенної системи — це інтелектуальне завдання для командира. Оцініть загрози, проаналізуйте вашу місію та умови. Зробіть усвідомлений компроміс між **механічною надійністю, універсальністю подавлення та візуальною скритністю**. Не бійтеся комбінувати різні підходи для створення глибокого, ешелонованого захисту.

РОЗДІЛ 5. ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ТА АРХІТЕКТУРА ПІДКЛЮЧЕННЯ

Навіть найдосконаліша система РЕБ з ідеально підбраною антеною перетворюється на марний шматок металу без живлення. Цей розділ присвячений енергії — ресурсу, який на полі бою є таким самим критичним, як боеприпаси та паливо. Але важлива не тільки *кількість* енергії, а і її *якість*. Електроніка сучасних засобів РЕБ є надзвичайно чутливою до стабільності напруги. Бортова мережа військової техніки, особливо в моменти запуску двигуна, роботи лебідки чи інших потужних споживачів, є джерелом сильних коливань та імпульсних перепадів напруги. **Пряме підключення чутливої апаратури до такого «брудного» живлення — це гарантований шлях до її пошкодження.**

5.1. Аналіз джерел живлення: звідки брати енергію

Мобільний комплекс РЕБ може житися від кількох типів джерел, і розуміння їхніх переваг та недоліків є ключем до тактично грамотного застосування.

5.1.1. Бортова мережа техніки (при працюючому двигуні)

Це основне джерело живлення під час руху або на позиції, де немає потреби в тиші.

Принцип роботи: Штатний генератор техніки виробляє електроенергію, забезпечуючи роботу всіх систем та одночасно заряджаючи акумулятори.

Переваги: Практично необмежений час роботи. Поки працює двигун і є паливо, ваш РЕБ буде в строю.

Недоліки:

– **Демаскування:** Працюючий двигун створює значний шум та тепловий слід (сигнатуру), що легко виявляється засобами розвідки противника.

– **Обмеження по потужності:** Потужність генератора не безкінечна. Підключення надпотужного комплексу РЕБ разом з іншими енергоємними споживачами може перевищити можливості генератора.

5.1.2. Акумуляторні батареї (АКБ) техніки (при вимкненому двигуні)

Це джерело для роботи в «тихому режимі», коли скритність є пріоритетом.

Принцип роботи: Система РЕБ живиться напряму від штатних акумуляторів техніки.

Переваги: Повна акустична та теплова скритність, що є критично важливим для роботи на спостережних пунктах, в засідках або вночі.

Недоліки:

– **Суворо обмежений час роботи:** Ємність АКБ є вичерпним ресурсом.

– **Ризик неможливості запуску двигуна:** Це головна небезпека. Розрядивши штатні АКБ «в нуль», ви не зможете завести двигун, щоб змінити позицію. Це перетворює мобільну техніку на нерухому мішень.

5.1.3. Додаткові (виносні) джерела живлення

Це інструменти для підвищення вашої автономності та тактичної гнучкості.

Портативні генератори (бензинові/дизельні): Дозволяють жити РЕБ тривалий час без запуску двигуна основної машини. Генератор можна віднести на деяку відстань та замаскувати, зменшивши демаскуючі ознаки самої техніки. Недолік — він все одно шумить.

Портативні зарядні станції (типу EcoFlow, Bluetti): По суті, це великі та потужні «павербанки» на основі літієвих акумуляторів (Li-Ion, LiFePo4).

Переваги: Повністю безшумні, компактні, дозволяють організувати абсолютно приховану роботу РЕБ на позиції, віддаленій від техніки.

Недоліки: Обмежена ємність, потребують часу для власної підзарядки.

5.2. Архітектура підключення: від ідеальної до вимушеної

Існує три основні способи інтеграції системи РЕБ в енергосистему техніки. Вони розташовані в порядку від найбільш надійного та безпечного до найпростішого, але ризикованого.

5.2.1. «Золотий стандарт»: Ізольована система з автономним живленням

Це найбільш правильний, надійний та рекомендований метод. Його суть полягає у створенні повністю окремого енергетичного контуру для апаратури РЕБ, який лише підзаряджається від основної мережі, але ніколи не живиться від неї напряму під час роботи.

Компоненти системи:

– **Автономна акумуляторна батарея (або блок батарей):** Це окрема АКБ, призначена виключно для живлення РЕБ. Її ємність підбирається під потужність комплексу та бажаний час автономної роботи.

– **Реле заряду (VSR – Voltage Sensitive Relay):** Це «розумний» автоматичний вимикач, який є серцем системи. Він підключає автономну АКБ до бортової мережі для зарядки **тільки тоді, коли напруга в мережі висока (тобто, коли працює двигун і генератор)**. Коли двигун вимикається і напруга падає, реле автоматично роз'єднує два контури.

Принцип роботи:

– **Двигун працює:** Генератор техніки виробляє енергію. Реле заряду «бачить» високу напругу (напр., >26В) і замикає контакти. Генератор одночасно заряджає і штатні АКБ техніки, і автономну АКБ системи РЕБ.

– **Двигун вимикається:** Напруга в бортовій мережі падає до напруги спокою АКБ (~24-25В). Реле «бачить» це падіння і розмикає контакти. **Штатні АКБ та автономна АКБ повністю ізольовані одна від одної.**

– **РЕБ працює:** Комплекс РЕБ живиться **виключно від своєї автономної АКБ**, споживаючи її заряд. Штатні АКБ техніки при цьому не розряджаються зовсім.

Переваги:

– **Захист апаратури:** Автономна АКБ діє як величезний буфер, повністю згладжуючи всі перепади напруги. На РЕБ подається ідеально чисте та стабільне живлення, що є критично важливим, **оскільки засоби РЕБ псуються від таких перепадів.**

– **Гарантований запуск двигуна:** Ви можете повністю розрядити автономну АКБ «в нуль», і це ніяк не вплине на заряд штатних акумуляторів. Ви завжди зможете завести двигун.

– **Тактична гнучкість:** Дозволяє максимально довго та безпечно працювати в «тихому режимі».

5.2.2. «Срібний стандарт»: Пряме підключення через стабілізатор напруги

Це компромісний варіант, якщо організувати повноцінну ізольовану систему немає можливості.

Принцип роботи: Комплекс РЕБ підключається до бортової мережі техніки, але не напряму, а через спеціальний пристрій — **стабілізатор напруги DC-DC.**

Що таке стабілізатор? Це електронний пристрій, який на вході приймає нестабільну напругу (наприклад, від 22В до 29В), а на виході видає фіксовану, чисту напругу (наприклад, стабільні 24.0В).

Переваги:

Захист апаратури: Стабілізатор ефективно «фільтрує» мережу, захищаючи РЕБ від більшості небезпечних коливань напруги.

Критичні недоліки:

Не вирішує проблему розряду штатних АКБ: При роботі в «тихому режимі» РЕБ буде споживати заряд основних акумуляторів техніки, що створює ризик неможливості запуску двигуна.

Потребує якісного компонента: Дешеві стабілізатори можуть не впоратися з потужними імпульсними перешкодами в мережі бронетехніки.

5.2.3. «Вимушений захід»: Пряме підключення до АКБ

Це найпростіший, найшвидший, але **найбільш ризикований та nereкомендований метод**.

Принцип роботи: РЕБ підключається напряму до клем штатних акумуляторів.

Ризики:

– **Висока ймовірність пошкодження апаратури РЕБ** через нестабільність бортової мережі.

– **Високий ризик розряду штатних АКБ** та неможливості завести двигун.

Коли може застосовуватися? Лише як тимчасовий захід в екстреній ситуації, або для малопотужних систем РЕБ, і з повним усвідомленням усіх ризиків.

Характеристики штатних систем електроживлення бронетехніки

Ви повинні знати «енергетичний бюджет» вашої машини. Незнання цих параметрів — це як вирушати в похід, не знаючи об'єму своєї фляги з водою.

Таблиця 2. Характеристики штатних систем електроживлення основних зразків бронетехніки

Тип техніки	Номінальна напруга, В	Потужність генератора	Штатні АКБ (Тип, кількість, ємність)	Сумарна ємність системи АКБ
Танк Т-72	24	СГ-10-1С, 10 кВт	4 × 6СТЭН-140М (12В, 140А·год)	280 А·год при 24В
БТР-80	24	~3 кВт	2 × 6СТ-190 (12В, 190А·год)	190 А·год при 24В
БМП-2	24	ВГ-7500Н, 5 кВт	2 × 12СТ-70М (12В, 70А·год)	70 А·год при 24В

Примітка: Дані є довідковими і можуть відрізнятися залежно від модифікації техніки та встановлених АКБ.

5.3. Вибір акумулятора для автономної системи

Після того, як ми визначили, що «Золотий стандарт» з ізольованою системою живлення є найкращим рішенням, постає ключове питання: який саме акумулятор обрати для цього автономного контуру? Вибір правильного типу АКБ — це не менш важливе рішення, ніж вибір антени. Від нього залежить час роботи, надійність, довговічність та загальна безпека всієї системи.

5.3.1. Порівняльна таблиця типів акумуляторів

Ця таблиця допоможе зробити обґрунтований вибір, порівнюючи найпоширеніші типи АКБ за ключовими параметрами. Всі наведені значення є усередненими і можуть відрізнятися залежно від виробника.

Таблиця 3. Порівняльна таблиця типів акумуляторів

Параметр	Свинцево-кислотні (Lead-Acid)	Літієві (Lithium)
	AGM (Absorbent Glass Mat)	GEL (Гелевий)
Кількість циклів заряду-розряду (до 80% ємності)	400 - 700	700 - 1200
Рекомендована глибина розряду (η_{batt})	~50%	~60-80%
Питома енергоємність (Вт·год/кг)	Низька (30-50)	Низька (30-40)
Вимоги до зарядного пристрою	Стандартний для свинцево-кислотних.	Спеціальний режим для GEL (нижча напруга).
Стійкість до вібрацій	Висока	Добра
Безпека	Висока. Непроливний, стабільний.	Висока. Непроливний, стабільний.
Орієнтовна вартість (за 1 кВт·год ємності)	Середня	Висока

Кінець таблиці 3. Порівняльна таблиця типів акумуляторів

Параметр	Свинцево-кислотні (Lead-Acid)	Літієві (Lithium)
Ключові переваги	Поширеність Надійність Стійкість до вібрацій	Кращий ресурс
Основні недоліки	Велика вага Мала кількість циклів	Велика вага Вимогливість до зарядки

5.3.2. Тактичний висновок та рекомендації

AGM — це надійна **«робоча конячка»** і прийнятний базовий варіант, якщо бюджет та доступність є вирішальними факторами. Ви отримуєте надійну, вібростійку батарею, але платите за це великою вагою та відносно малим терміном служби.

GEL — варто розглядати, лише якщо в пріоритеті максимальний ресурс саме серед свинцево-кислотних технологій, наприклад, для стаціонарних об'єктів. Для мобільних комплексів переваги над AGM не значні.

Li-ion (NMC/NCA) — виправданий лише у випадках, коли вага є **абсолютно критичним** параметром, наприклад, для переносних систем. Для встановлення на техніку його ризику безпеки та менший ресурс порівняно з LiFePO₄ роблять його менш привабливим.

LiFePO₄ (Літій-залізо-фосфатний) — це **однозначно рекомендований вибір** для створення будь-якої серйозної та довготривалої автономної системи живлення на техніці.

Чому? Незважаючи на найвищу початкову вартість, у довгостроковій перспективі це найдешевше рішення. Завдяки величезній кількості циклів (у 5-10 разів більше, ніж у AGM), така батарея переживе кілька свинцево-кислотних, що в підсумку вийде дешевше. Але головне — це **безпека та надійність**. Хімічна стабільність LiFePO₄ робить його найкращим вибором для жорстких умов експлуатації, де вібрації, тряска та ризик пошкодження є постійними.

Висновок: Якщо ви будете систему «на один раз» або маєте суворі бюджетні обмеження — ваш вибір AGM. Якщо ви будете професійну, надійну та довговічну систему «золотого стандарту» — **інвестуйте в LiFePO4**. Ця інвестиція окупиться надійністю та безпекою, що є безцінним в бойових умовах.

5.4. Методика розрахунку часу автономної роботи

Це не просто математика, це **розрахунок вашого тактичного виживання**. Ви повинні вміти точно відповісти на питання: «Скільки годин ми можемо безпечно простояти на позиції в тихому режимі?».

Основна формула (для роботи від штатних або автономних АКБ):

$$T = PC \times V \times \eta_{\text{batt}} \times \eta_{\text{inv}}$$

де:

T – Час роботи в годинах.

C – Сумарна ємність АКБ в Ампер-годинах (А·год).

V – Номінальна напруга бортової мережі в Вольтах (В) (зазвичай 24В).

P – Споживана потужність вашого комплексу РЕБ у Ватах (Вт).

η_{batt} – Тактичний коефіцієнт глибини розряду. Це найважливіший параметр!

При живленні від **штатних АКБ** («Срібний стандарт» або «Вимушений захід»), щоб гарантовано зберегти енергію для запуску двигуна, цей коефіцієнт **НІКОЛИ не повинен перевищувати 0.5 (50% ємності)**.

При живленні від **автономної АКБ** («Золотий стандарт»), ви можете дозволити собі глибший розряд, наприклад **0.8 (80%)**, оскільки це не впливає на запуск двигуна.

η_{inv} – ККД інвертора. Середнє значення 0.85-0.9. Якщо РЕБ живиться напругою від 24В, цей коефіцієнт дорівнює 1.

Формула для портативних зарядних станцій:

$$T = PE \times \eta_{inv}$$

де E — ємність станції у Ват-годинах (Вт·год).

5.5. Практичні рекомендації з підключення живлення

Неправильне підключення може знищити і РЕБ, і проводку машини. Це правила, написані «кров'ю» згорілої апаратури.

5.5.1. Забудьте про гніздо прикурювача!

Підключення потужних споживачів (понад 100-150 Вт) до прикурювача **категорично заборонено**. Його проводка та запобіжник розраховані на малі струми. Спроба підключити потужний РЕБ призведе до перегорання запобіжника в кращому випадку, до розплавлення проводки та пожежі — в гіршому.

5.5.2. Правильне підключення: товсті кабелі та запобіжник

Потужні комплекси РЕБ, інвертори та системи зарядки автономних АКБ повинні підключатися **безпосередньо до клем штатних АКБ** або до силових розподільчих щитків.

Переріз кабелю: Використовуйте мідні кабелі відповідного перерізу (чим більша потужність, тим товщий кабель). Для потужності 500-1000 Вт при напрузі 24В це має бути кабель перерізом не менше 6-10 мм².

Запобіжник: В силовий кабель **обов'язково** встановлюється запобіжник відповідного номіналу. Він ставиться якомога ближче до клеми «+». **Запобіжник захищає не апаратуру, а машину від пожежі** у разі короткого замикання в кабелі.

5.5.3. Вибір інвертора: лише «чиста синусоїда»

Якщо ваш РЕБ потребує 220В, використовуйте якісні інвертори, що генерують напругу з **«чистою синусоїдою» (Pure Sine Wave)**. Дешеві автомобільні інвертори з «модифікованою синусоїдою»

видають напругу, непридатну для живлення чутливої електроніки. Робота від такого інвертора може призвести до збоїв, перегріву та виходу з ладу апаратури РЕБ.

РОЗДІЛ 6. ТАКТИКА БПЛА ПРОТИВНИКА ТА МЕТОДИ ПРОТИДІЇ

До цього моменту ми розглядали РЕБ як наш інструмент. Тепер час подивитися на нього з іншого боку — з боку нашої цілі, ворожого FPV-оператора. Противник не є пасивним об'єктом, що чекає на подавлення. Це активний, навчений і мотивований супротивник, який вивчає наші методи та розробляє власні тактики для подолання захисту. Щоб його перемогти, ми повинні думати, як він.

6.1. Очіма ворожого пілота: Як FPV-оператор сприймає дію РЕБ

Щоб зрозуміти тактику ворога, треба відчувати те, що відчуває він. Коли FPV-дрон потрапляє в зону дії нашого РЕБ, оператор на своєму боці переживає один з наступних сценаріїв:

Повна втрата відеосигналу: Найбільш дезорієнтуючий ефект. Екран в окулярах миттєво «замерзає» на останньому кадрі або перетворюється на «сніг» (білий шум). Оператор стає «сліпим», втрачаючи головну перевагу FPV-системи — можливість керувати по відео.

Повна втрата керування: Дрон перестає реагувати на команди з пульта. Залежно від налаштувань, він може або продовжити летіти за останньою командою (наприклад, з тим самим газом і в тому ж напрямку, перетворюючись на некерований снаряд), або хаотично перевертатись, або активувати режим «Failsafe» і спробувати повернутися на точку зльоту.

Часткове подавлення («сіра зона»): Найбільш небезпечний сценарій. Відеосигнал не зникає повністю, а починає «сипатись на квадрати», з'являються сильні затримки (лаги). Керування стає «ватним», дрон реагує на команди із запізненням. Досвідчений пілот в цій ситуації може розцінити це як можливість «проскочити» і докладе всіх зусиль, щоб довести атаку до кінця.

6.2. Тактичні прийоми противника та методи негайної протидії

Тут ми розберемо основні тактики ворога у форматі «Проблема → Рішення».

6.2.1. Тактика №1: «Прорив на інерції»

Проблема: Оператор завчасно, за 400-500 метрів до цілі, виводить дрон на бойовий курс, набирає максимальну швидкість і летить по прямій. Він розраховує, що навіть при повному подавленні за 100-200 метрів до цілі, кінетичної енергії та інерції дрона вистачить, щоб він долетів і вразив об'єкт, перетворившись на некерований снаряд.

Рішення: Ешелонований захист в глибину та рання активація РЕБ. Протидіяти цій тактиці «на останньому рубежі» вже пізно.

1. **«Пости візуального спостереження попереду засобів РЕБ»:** Ключову роль відіграють пости візуального спостереження, які мають виявити дрон на дальніх підступах (500-800 метрів).

2. **Раннє подавлення:** За командою спостерігачів, РЕБ вмикається не тоді, коли дрон вже близько, а завчасно. Мета — позбавити оператора керування **до того**, як він зможе вийти на фінальну траєкторію атаки. Змусивши його втратити контроль на великій відстані, ви змусите дрон або впасти далеко від цілі, або повернутися назад.

6.2.2. Тактика №2: «Атака з висоти / 'Піке'»

Проблема: Оператор піднімає дрон на значну висоту (300-500 метрів), часто залишаючись над основним «бубликом» діаграми спрямованості РЕБ. Після цього він переводить дрон у майже вертикальне піке, використовуючи гравітацію для набору швидкості та атакуючи в найменш захищену верхню проєкцію техніки, де часто знаходиться «конус мовчання» колінеарних антен.

Рішення: Правильний вибір антени та/або інтеграція з вогневими засобами.

Технічне рішення: Це класична задача, яка вирішується **правильним вибором антени** (див. Розділ 4). Для захисту стаціонарних та малорухомих об'єктів пріоритетом є використання антен з круговою поляризацією та купольною ДС (в ідеалі QНА), які не мають «мертвих зон» зверху .

Тактичне рішення: Якщо у вашому розпорядженні лише колінеарні антени, які мають «мертву зону» зверху, необхідно компенсувати цю слабкість тактично. Це означає пріоритетне використання природних або штучних укриттів (маскувальні сітки, навіси), а також готовність до негайного маневру при виявленні загрози, що атакує з великого кута, оскільки надійне радіоелектронне подавлення такої цілі не гарантоване.

6.2.3. Тактика №3: «Групова атака / ‘Рій’»

Проблема: Атака проводиться одночасно кількома дронами з різних напрямків. Це створює не тільки технічне, але й психологічне навантаження на екіпаж. Мета противника — перенаситити вашу систему захисту, змусити вас зосередитись на одній цілі, поки інша проривається.

Рішення: Зрив скоординованої атаки. Зрозумійте роль РЕБ: Завдання РЕБ проти «рою» — не знищити всі дрони, а **зламати організовану атаку та виграти час**. Увімкнений РЕБ змусить частину дронів втратити керування, зависнути, впасти або рухатись хаотично. Він перетворює швидку, скоординовану атаку на набір дезорієнтованих, менш небезпечних загроз, що дає екіпажу дорогоцінні секунди для виконання **маневру для виходу з-під удару** .

6.2.4. Тактика №4: «Виманювання / ‘Приманка’»

Проблема: Противник вибудовує «ланцюг ураження»: [Дешевий дрон-приманка] → [Ваше увімкнення РЕБ] → [Миттєве виявлення вашої позиції засобами РТР] → [Артилерійський/мінометний удар по ваших координатах]. Дрон-приманка є лише спусковим гачком для вашого знищення.

Рішення: Радіоелектронна дисципліна та мобільність.

1. **Підтвердження загрози:** Не вмикайте РЕБ на кожну віддалену ціль. Отримайте підтвердження від спостерігачів, що дрон летить за агресивною траєкторією, а не просто веде розвідку здалеку.

2. **Короткочасна активація:** Використовуйте РЕБ короткими «імпульсами» по 15-30 секунд — цього достатньо, щоб зірвати атаку, але замало для надійного пеленгування ворожою РТР.

3. **Негайна зміна позиції:** Після **кожної** бойової роботи РЕБ, незалежно від її результату, ви повинні вважати свою позицію скомпрометованою. Протокол має бути залізним: відпрацювали — негайно змінили позицію на відстань не менше 100-200 метрів. **Найкращий контр-артилерійський маневр для РЕБ — це робота коліс.**

6.2.5. Тактика №5: «Стрибки по частотах»

Проблема: Противник використовує більш просунуті системи керування, які при виявленні перешкоди на одному каналі можуть автоматично або за командою оператора перемкнутися на інший, запасний канал в межах свого робочого діапазону.

Рішення: Технологічна перевага. Ця проблема практично не вирішується тактично. Її рішення лежить у технічній площині. Проти такої загрози ефективними є лише **широкосмугові комплекси РЕБ**, які створюють перешкоду не у вузькому каналі, а одночасно «забивають шумом» весь робочий діапазон частот противника (напр., весь спектр від 850 до 950 МГц). Якщо ви зіткнулися з такою загрозою, це є підставою для запиту на більш сучасне обладнання РЕБ.

6.4. Інтеграція РЕБ в комплексну систему захисту: Сила в синергії

Важливо усвідомити: мобільний комплекс РЕБ — це не срібна куля і не панацея, що створює непробивний щит. Найбільшу ефективність він демонструє не сам по собі, а як **мультиплікатор сили** для інших засобів захисту. Грамотне оборонне планування розглядає РЕБ як один з інструментів в оркестрі, де кожен грає свою, надзвичайно важливу партію. Ізольована робота РЕБ є менш ефективною і більш ризикованою.

Розглянемо ключові елементи цієї інтегрованої системи.

6.4.1. Інтеграція з візуальним спостереженням

Це найперший і найважливіший рівень взаємодії. Пост візуального спостереження (ПВС), оснащений біноклями, тепловізорами та просто пильними очима бійців, є вашою системою раннього попередження.

Роль ПВС: Спостерігачі виявляють дрони на дальніх підступах, визначають їх кількість та напрямок руху. Вони дають відповідь на головне питання: «Загроза реальна чи це просто розвідник на великій висоті?».

Синергія: Спостерігач є «навідником» для РЕБ. Замість того, щоб безперервно випромінювати в ефір, демаскуючи позицію, комплекс РЕБ перебуває в режимі тиші. Лише після доповіді від ПВС («Увага, дрон з напрямку Альфа, наближається!»), оператор РЕБ вмикає комплекс на короткий час для подавлення підтвердженої цілі. Це дозволяє:

Зберігати скритність: РЕБ випромінює лише тоді, коли це абсолютно необхідно.

Економити ресурс: Зменшується час роботи, що зберігає заряд АКБ та моторесурс обладнання.

Підвищити ефективність: Оператор знає, звідки чекати загрозу, і може бути готовим до миттєвої реакції.

6.4.2. Інтеграція з пасивними детекторами

Це наступний, технологічний рівень раннього попередження. Пасивні системи радіоелектронної розвідки (РЕР), або детектори дронів, не випромінюють нічого. Вони «слухають» ефір, виявляючи сигнали обміну даними між дроном та пультом оператора.

Роль детекторів: Вони є автоматизованими вартівими. Детектор може 24/7 сканувати ефір і подавати звуковий або візуальний сигнал тривоги, коли в зоні його дії з'являється ворожий дрон, часто вказуючи і напрямок на нього.

Синергія: Це ідеальна пара для активного РЕБ. Детектор («сигналізація») виявляє загрозу абсолютно приховано. Активний комплекс РЕБ («силова відповідь») вмикається лише після спрацювання детектора. Така зв'язка реалізує найефективнішу тактику «пасивний пошук — активний захист».

6.4.3. Інтеграція з вогневими засобами

Це кульмінація захисних дій — фізичне знищення загрози. Навіть найпотужніший РЕБ не знищує дрон, а лише позбавляє його керування.

Роль вогневих засобів: Кулемети (особливо зенітні або з відповідними прицілами), швидкострільні гармати (як на БМП), а також підготовлені стрільці з автоматичною зброєю.

Синергія: РЕБ виступає в ролі «сітки», яка зупиняє та сплутує швидку і маневрену ціль.

Приклад: *FPV-дрон, що летить зі швидкістю 120 км/год, є практично неможливою ціллю для стрільця. Той самий дрон, що потрапив у поле дії РЕБ, втратив керування і повільно завис на висоті 50 метрів або почав хаотично рухатись, стає ідеальною мішенню. Завдання РЕБ — перетворити складну ціль на просту.* Це вимагає тренувань та чіткої взаємодії: оператор РЕБ повідомляє про успішне «захоплення» цілі, а стрільці, заздалегідь розподіливши сектори, негайно відкривають вогонь на ураження.

Висновок: Ефективний захист об'єкта — це багатошарова фортеця. Візуальні спостерігачі — це її зовнішні стіни. Пасивні детектори — це датчики руху на стінах. Комплекс РЕБ — це міцні ворота, що зупиняють ворога. А вогневі засоби — це гарнізон, що знищує зупиненого біля воріт противника. Кожен шар робить наступний значно ефективнішим.

РОЗДІЛ 7. ПАСИВНЕ ВИЯВЛЕННЯ ТА АКТИВНА ПРОТИДІЯ: ІНТЕГРАЦІЯ ДЕТЕКТОРІВ ТА ЗАСОБІВ РЕП

Вступ: Пасивний вартовий. Чому рання обізнаність — це запорука виживання

До цього моменту ми детально розглядали засоби активної протидії — комплекси РЕБ, які є нашим «мечем». Проте перед тим, як застосувати меч, потрібно побачити ворога. Цей розділ присвячений детекторам дронів, інструментам пасивного захисту. Основна роль детектора — надати екіпажу найцінніший ресурс на війні: **час**. Час на оцінку загрози, на приведення системи РЕБ в готовність, на зайняття кращої позиції чи укриття. Ключова перевага детектора полягає в його **пасивності**. Він «слухає» ефір, не випромінюючи нічого у відповідь, і, таким чином, не демаскує вашу позицію. Грамотне використання детекторів перетворює захист з реактивного (коли ми реагуємо на дрон, що вже летить на нас) на проактивний — коли ми готові до атаки ще до її початку.

7.1. Два ключові методи радіочастотного виявлення

Ворожий FPV-дрон залишає в ефірі два основні радіочастотні «сліди», які можна виявити. Сучасні детектори спеціалізуються на одному з них, і розуміння цієї різниці є ключем до їх правильного спільного застосування.

7.1.1. Метод 1: Виявлення по каналах управління та телеметрії

Принцип роботи: Детектор цього типу є вузькоспеціалізованим скануючим приймачем (по суті, компактним засобом РЕП), що безперервно «полює» в ефірі за цифровими сигналами, якими пульт оператора керує дроном. Він шукає унікальні цифрові «підписи» (сигнатури) поширених протоколів зв'язку, таких як ELRS, Crossfire, TBS Tracer тощо.

Представники: детектори дронів типу TinySA, «Ванільний цукорок», Тенета ПРО, та інші.

Що дає: Інформацію про те, що в зоні дії є активний дрон або пульт керування, та, що дуже важливо, за допомогою TinySA (або подібних засобів) з направленою антеною можна виявити **напрямок (пеленг)** на джерело сигналу.

Переваги:

Максимальна дальність: Канал керування є більш «далекобійним» за відеосигнал, тому цей метод забезпечує попередження на найбільшій відстані (часто на кілька кілометрів).

Раннє попередження: Дозволяє виявити дрон ще на етапі його підготовки, зльоту або підльоту, задовго до початку безпосередньої атаки.

Недоліки:

Не дає візуального підтвердження та не розкриває намірів пілота (чи летить він до вас, чи просто пролітає повз).

Не спрацює, якщо дрон виконує політ в режимі радіомовчання (за заздалегідь запрограмованим GPS-маршрутом).

7.1.2. Метод 2: Виявлення по перехопленню відеосигналу

Принцип роботи: Детектор цього типу є спеціалізованим швидкісним відеоприймачем, що сканує ефір на наявність аналогових або цифрових відеопередач, характерних для FPV-дронів.

Представники: Детектори-перехоплювачі відеосигналу (Детектор FPV перехоплення відео) «Дзига» (див. рис.7.1), «Чуйка» (див. рис.7.3) та інші.

Що дає: Візуальне підтвердження загрози «очима ворога». Екіпаж бачить на екрані детектора те саме зображення, що й ворожий пілот.

Оцінка намірів: Ви бачите, куди він летить, на яку висоту піднімається, яку ціль розглядає. Це дає безцінну тактичну інформацію.

Психологічна перевага: Ви бачите ворога до того, як він почне атаку.

Переваги:

100% ідентифікація загрози: Ви точно знаєте, що це ворожий FPV-дрон, а не інший об'єкт. Ми краще бачимо відео сигнал тому що передавач знаходиться безпосередньо на дроні і відповідно рухається в нашу сторону. Це інструмент попередження «ближнього рубежу».

Недоліки:

Ми завжди бачимо найпотужніший сигнал, а він не завжди від найближчого FPV-дрона!!!



Рис.7.1 Детектор дронів ДЗИГА

7.2. Практична інтеграція та монтаж на техніку

7.2.1. Вибір місця встановлення: два фундаментальні правила

Правило №1: Найвища точка. Як і для будь-якої приймальної антени, для максимальної дальності та якості прийому антена детектора повинна бути встановлена якомога вище і мати безперешкодний огляд на 360 градусів.

Правило №2: Максимальне рознесення. Це критично важливо. Антена детектора (чутливий приймач) має бути встановлена **якомога далі** від будь-яких власних передавальних антен (РЕБ, радіостанції). Увімкнення потужного передавача поруч із приймачем — це як спроба почути шепіт під час реву реактивного двигуна. Ваш власний РЕБ чи радіостанція можуть «засліпити» детектор.

7.2.2. Робота з антенами: Інтегровані проти виносних

Інтегровані антени: Оптимальні для портативних сценаріїв. При використанні в техніці їх ефективність значно знижується, оскільки металевий корпус машини екранує сигнал. Для покращення роботи такий детектор слід виставляти на дах або у відкритий люк.

Виносні антени: Єдиний правильний вибір для стаціонарного монтажу на техніку. Це дозволяє розмістити антену в ідеальному місці (високо і далеко від джерел перешкод), а сам блок управління з дисплеєм — в зручному для екіпажу місці всередині кабіни.

7.2.3. Монтаж та підключення:

Монтаж: Кріплення антени має бути надійним, але оскільки приймальні антени зазвичай легші за передавальні, вимоги менш жорсткі, ніж для антен РЕБ.

Кабель: Використовуйте якісний коаксіальний кабель (напр., RG-58 або краще) з мінімально можливою довжиною, щоб зменшити втрати корисного сигналу.

Живлення: Детектори є малопотужними пристроями. Їх можна живити від бортової мережі, але рекомендується використовувати якісний перетворювач або стабілізатор, щоб уникнути впливу перешкод від системи живлення самої техніки на чутливий приймач.

7.3. Тактика комплексного застосування в циклі «Виявив-Придушив-Змінив позицію»

Найбільшу ефективність два типи детекторів показують, працюючи в парі та створюючи ешелонований периметр безпеки.

7.3.1. Етап 1: Раннє попередження («Дальній периметр»)

Інструмент: Постійно увімкнений детектор каналів управління (типу аналізатор спектру типу TinySA (Рис.7.2), та інші).

Дія: Сигнал від нього є першим попередженням: «**Увага, в зоні (до кількох кілометрів) активний ворожий дрон/пульт. Приготуватися!**». Екіпаж переходить в режим підвищеної готовності. Оператор РЕБ готує комплекс до миттєвої активації, водій готовий до маневру.

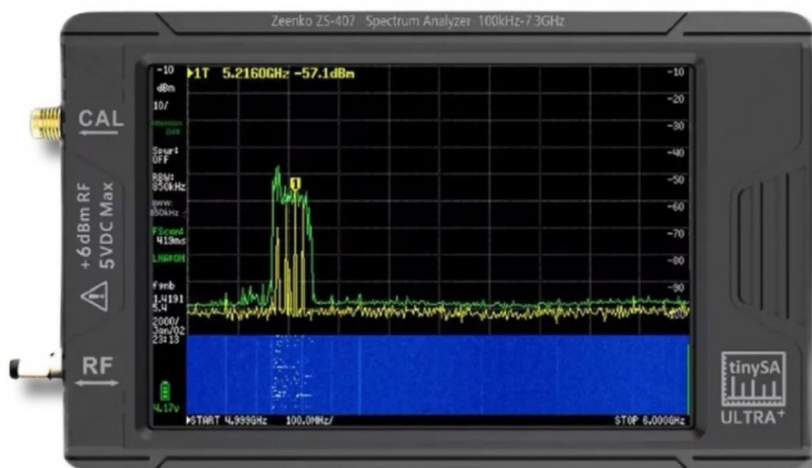


Рис.7.2 TinySA ULTRA

7.3.2. Етап 2: Ідентифікація та прийняття рішення («Ближній периметр»)

Інструмент: Детектор відеосигналу (типу «Дзига», Чуйка, Аспірин 2.0, та інші).

Дія: Перехоплення відеосигналу дає відповіді на ключові питання для командира:

Це точно ворог? — Так, бачу картинку з його камери.

Які його наміри? — Бачу, що він летить в наш бік / оглядає позицію артилерії.

Чи потрібно вмикати РЕБ? — Якщо він летить на нас, команда «До бою!». Якщо його ціль інша, а ми в укритті — можливо, краще зберегти тишу і не демаскувати себе.

7.3.3. Етап 3: Активна протидія та оцінка ефективності

Інструмент: Комплекс РЕБ.

Дія: За командою командира оператор вмикає РЕБ. **Оцінка ефективності** подавлення проводиться за допомогою того ж детектора відеосигналу: якщо картинка на його екрані «замерзла», «посипалась» або повністю зникла — це означає, що канал керування дроном успішно придушено, і оператор втратив контроль. Це миттєвий та надійний спосіб підтвердити успіх вашої радіоелектронної атаки.

7.3.4. Етап 4: Маневр та виживання

Інструмент: Техніка.

Дія: Незалежно від результату (успішне подавлення чи ні), **негайна зміна позиції** є обов'язковим завершенням циклу.



Рис.7.3 Пристрій радіоелектронної розвідки «Чуйка 3.0» від BlueBird (1.2 ГГц, 3.3 ГГц, 5.8 ГГц)

Активація РЕБ — це постріл, звук якого розійшовся на кілометри. Залишатися на місці після цього — чекати на вогонь у відповідь.

Висновок: Ефективний захист — це ешелонована система обізнаності. Візуальні спостерігачі та пасивні детектори є вашими вартівими. Вони дають вам головну перевагу — інформацію, що дозволяє застосувати ваш «Щит» (РЕБ) точково, ефективно та максимально приховано, створюючи умови для успішного виконання завдання та збереження екіпажу.

7.4. Людський фактор: Робота в умовах стресу

Будь-яка, навіть найнадійніша, техніка в руках невідготовленого або розгубленого екіпажу втрачає свою ефективність. Бойова обстановка — це завжди стрес. Під впливом стресу здатність людини до складного аналізу та прийняття рішень різко знижується, дрібна моторика погіршується, а пам'ять може «викидати» важливі, але не завчені до автоматизму, деталі.

Розуміння цього є ключем до правильної підготовки та експлуатації комплексу РЕБ.

Чому чек-листи — це інструмент професіоналів, а не новачків? Чек-листи (див. Додаток Б) створені не тому, що екіпаж дурний чи має погану пам'ять. Вони створені тому, що навіть найкращий професіонал в умовах стресу, втоми або браку часу може пропустити один-єдиний, але критично важливий крок. Проходження процедур за чек-листом — це не слабкість, а **професійна дисципліна**, яка гарантує, що всі базові умови боєготовності системи будуть виконані, незважаючи на зовнішні фактори. Це ваш «когнітивний запобіжник» від помилок.

Важливість «м'язової пам'яті» та тренувань. В момент реальної атаки FPV-дрона у вас не буде часу гортати цей практичний порадник. Рішення потрібно приймати за лічені секунди. Всі дії — від розгортання системи до ввімкнення потрібних діапазонів та оцінки ситуації — мають бути відпрацьовані до автоматизму.

Рекомендація: Регулярно, в безпечних умовах, проводьте тренування «на час». Ставте собі завдання: «Система в похідному положенні. Загроза з повітря. Час на приведення в повну бойову готовність — пішов!». Відпрацьовуйте дії вночі, в умовах обмеженої видимості, в засобах індивідуального захисту. Лише доведені до автоматизму навички надійно спрацюють в умовах реального бою.

Висновок: Ваша головна зброя — це не залізо, а ваші знання та навички. Вкладаючи час в тренування та дисципліноване дотримання процедур, ви перетворюєте комплекс РЕБ з простого приладу на надійне продовження вашої волі до перемоги.

P.S. Головне в тактиці застосування РЕБ – немає нічого сталого або постійного крім руху

«Mobilis in mobili» (лат. «Рухливий в рухомому середовищі») – це девіз підводного човна «Наутілус» з роману Жюль Верна «Двадцять тисяч льє під водою», який також перекладається як «Рух всередині стихії, що рухається» або «Зміна зі зміною».

Тактика застосування змінюється від можливостей, технічних рішень БпЛА противника, Тобто рішення протидії ворожим БпЛА з'являються послідовно похідними від способів протидії засобам РЕБ сил оборони ворожими силами безпілотних систем,

Саме такою послідовністю зміни рішень застосування обумовлений постійний рух щодо зміни рішень застосування

РОЗДІЛ 8. ПРАВИЛА ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ ІЗ ЗАСОБОМ РЕБ

Надійність та довговічність роботи комплексу РЕБ залежить не тільки від якості самого обладнання, але й від дисципліни його експлуатації та регулярного технічного обслуговування. Навіть «золотий стандарт» монтажу та живлення буде зведений нанівець, якщо ігнорувати прості, але критично важливі правила щоденної «гігієни».

8.1. Регламент щоденного технічного обслуговування (ЩТО)

Щоденне технічне обслуговування повинно стати таким самим обов'язковим ритуалом перед кожним бойовим виходом, як перевірка зброї та заправка паливом. Це не формальність, а фундаментальна процедура забезпечення надійності. Рекомендується вести простий бортовий журнал, де фіксувати результати огляду та виконані роботи.

Деталізований чек-лист передбойового огляду:

[] Візуальний огляд антен:

Для колінеарних антен: Перевірити наявність тріщин в основі, особливо в місці кріплення та біля пружинного амортизатора. Переконатися, що сама колінеарна антена не має сильних вигинів і надійно зафіксована.

Для антен «Конюшина» / QHA: Ретельно оглянути захисний корпус (радом) на предмет тріщин, сколів або отворів.

Приклад: *Волосяна тріщина в куполі QHA-антени може здатися дрібницею. Але після першого ж сильного дощу всередину потрапить вода, яка може замкнути узгоджувальну плату антени. Це призведе до миттєвого зростання КСХ до аварійних значень і виходу з ладу передавача при першому ж ввімкненні.*

Легко струсіть антену рукою — не повинно бути жодних сторонніх звуків (брязкоту), що можуть свідчити про внутрішні пошкодження.

[] Кабелі та роз'єми:

Перевірка з'єднань: Кожен роз'єм (конектор) необхідно перевірити не лише візуально, але й тактильно. Візьміться за роз'єм і спробуйте обережно, але впевнено, повернути його за годинниковою стрілкою, щоб переконатися, що він затягнутий до упору. Похитайте кабель біля основи роз'єму — не повинно бути люфту, що свідчить про внутрішній обрив.

Огляд на окислення: Зверніть увагу на колір металу в місці з'єднання. Поява білого або зеленуватого порошкоподібного нальоту — це ознака окислення. Такий роз'єм необхідно розкрутити, ретельно почистити контакти спиртом або спеціальним очищувачем для контактів, і щільно закрутити знову.

Професійна порада: Для довготривалих з'єднань, що не потребують частого від'єднання, рекомендується після затягування обмотати роз'єм шаром самовулканізуючої (самоклеючої) гумової стрічки. Вона створює герметичний кокон, що захищає з'єднання від вологи та бруду.

Елементи кріплення та заземлення:

Перевірте затяжку не тільки болтів, що кріплять антени, а й кронштейнів, на яких вони стоять, а також кріплення основного блоку РЕБ. Шукайте тріщини втоми металу на зварних швах кронштейнів.

Переконайтеся, що клема заземлення надійно прикручена до захищеної ділянки корпусу і не має ознак корозії.

Ключові правила експлуатації для запобігання поломкам: ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО:

Категорично заборонено вмикати засіб РЕБ без підключеної та справної антени!

Чому це відбувається? Уявіть собі потужний водяний насос (передавач), що качає воду в трубу (кабель). На кінці труби має бути розпилювач (антена), який випускає воду назовні. Якщо зняти розпилювач і заглушити трубу, вся потужність насоса вдарить у заглушку і повернеться назад по трубі у вигляді гідроудару, руйнуючи насос. Те ж саме відбувається з радіочастотною енергією. Не маючи виходу через антену, вона відбивається назад у вихідний каскад

підсилювача потужності. Це надчутливий і дорогий транзистор, який від такого енергетичного «удару» миттєво перетворюється на розплавлений шматок кремнію.

Контроль температури: Радіатори охолодження — це «легені» вашого комплексу. Якщо вони забиті брудом, листям або завалені речами, система «задохнеться» від перегріву.

Правильна послідовність дій: Завжди дотримуйтесь принципу «**Навантаження** → **Живлення**»: спочатку підключаєте навантаження (антену), потім подаєте живлення. При вимкненні — навпаки.

8.2. Тактичні аспекти застосування

Мобільність – запорука виживання («Shoot and Scoot»):

Часові рамки: Засоби радіотехнічної розвідки (РТР) противника здатні засікти та отримати пеленг на потужне джерело випромінювання за час від 30 до 90 секунд. Час від моменту виявлення до передачі координат артилерії та першого пострілу може становити від 3 до 7 хвилин.

Практичний висновок: Безперервна робота РЕБ з однієї статичної позиції понад 5-7 хвилин є вкрай небезпечною і розцінюється як виклик вогню на себе.

Приклад тактики: *Колона наближається до небезпечної ділянки (відкрите поле, перехрестя). За 1-2 хвилини до входу в зону РЕБ вмикається. Колона на максимальній швидкості долає ділянку. Після виходу в безпечну зону (лісосмуга, низина) РЕБ вимикається. Позиція для наступного ввімкнення вже буде іншою.*

Координація та вибірковість:

Приклад з негативними наслідками: *Група на бронетехніці веде бій. Оператор РЕБ, бажаючи захистити всіх, вмикає комплекс на повну потужність. У цей момент піхота, що спішилась, намагається викликати по своїх портативних радіостанціях медичну евакуацію, але їхні радіостанції «оглушені» потужним сигналом власного РЕБ. Зв'язок втрачено, евакуація не відбулася.*

Рішення: Завжди має бути чітка команда на ввімкнення та вимкнення РЕБ. В підрозділі мають бути узгоджені прості кодові слова (наприклад, «Щит вгору!» / «Щит вниз!»), які всі розуміють.

8.3. Безпека особового складу: вплив електромагнітного випромінювання (ЕМВ)

Це не абстрактна загроза, а реальний фактор, що знижує боєздатність тут і зараз.

Вплив на боєздатність:

Приклад: *Екіпаж БМП протягом кількох годин працював з потужним РЕБ, антена якого була встановлена прямо над люком водія. Після виконання завдання водій скаржився на сильний головний біль та «туман» в голові. Його реакція сповільнилася, що ледь не призвело до ДТП під час відходу. Це прямий наслідок переопромінення.*

Практичні заходи безпеки:

Визначення безпечної зони: Мінімальна безпечна відстань у 2-3 метри є умовною. **Правило таке: ви не повинні перебувати в головному пелюстку діаграми спрямованості антени.** Для колінеарної антени це зона збоку, для QNA — зона над антеною.

Категорична заборона: Заборонено торкатися працюючої антени, а також розміщувати біля неї металеві предмети (боєкомплект, інструмент, фляги). ЕМВ високої потужності може нагрівати метал до значних температур.

Звернення до медиків: Якщо члени екіпажу, що постійно працюють з РЕБ, відмічають у себе хронічну втому, безсоння, часті головні болі — про це необхідно доповісти медику підрозділу.

Міфи та реальність:

Міф: «Якщо я нічого не відчуваю, значить, все в нормі».

Реальність: Людський організм не має рецепторів для ЕМВ. Його дія не відчувається, але біологічний ефект накопичується.

Міф: «Кілька хвилин біля антени не зашкодять».

Реальність: Інтенсивність опромінення зростає експоненційно при наближенні до антени. 10 секунд на відстані 30 см можуть бути шкідливішими, ніж година на відстані 5 метрів.

8.4. Полювання на РЕБ: як противник виявляє нас

Важливо пам'ятати, що гра в «кота-мишки» в радіоефірі йде в обидва боки. Так само, як ми використовуємо пасивні детектори для виявлення ворожих дронів, противник використовує свої, значно потужніші, засоби радіотехнічної розвідки (РТР) для полювання на наші джерела радіовипромінювання.

Головна істина: з моменту ввімкнення ваш комплекс РЕБ перетворюється з захисника на **потужний радіомаяк**, який видно на десятки, а іноді й сотні кілометрів. Ваша машина стає пріоритетною ціллю №1 для всіх засобів ураження противника.

Як це працює?

Противник має мобільні та стаціонарні пости РТР, оснащені чутливими приймачами та направленими (пеленгаційними) антенами. Коли ви вмикаєте свій комплекс, на їхніх аналізаторах спектру з'являється потужний «сплеск» енергії на відповідних частотах. Використовуючи два або більше таких пости, що знаходяться в різних місцях, противник методом **тріангуляції** може з високою точністю (до кількох десятків метрів) визначити координати вашого передавача. Ці координати негайно передаються найближчому вогневому засобу: артилерії, мінометам, або іншій групі FPV-дронів, яка спеціалізується на ураженні важливих цілей.

Що це означає для нас?

Час — ваш ворог. Чим довше ви знаходитесь в ефірі з однієї точки, тим більше у противника часу на точне пеленгування та наведення. Як ми вже зазначали, весь цикл від виявлення до «прильоту» може зайняти всього кілька хвилин.

Мовчання — це маскування. Найкращий спосіб не бути виявленим — не випромінювати.

Висновок: Розуміння того, що на вас постійно «полюють», є основою вашої тактики виживання. Це ще раз підкреслює непорушність правил, описаних у цьому практичному poradniku: **максимально коротка робота в ефірі** (лише за наявності реальної загрози) та **негайна зміна позиції** після кожного ввімкнення. Ваша мобільність — це ваш головний захист від ворожої радіотехнічної розвідки.

РОЗДІЛ 9. ПЕРЕВІРКА БОЄЗДАТНОСТІ: МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ КОМПЛЕКСУ РЕБ

Вступ: Ілюзія безпеки. Чому зеленої лампочки недостатньо

Наявність індикатора живлення («зеленої лампочки») на корпусі вашого комплексу РЕБ підтверджує лише одне: пристрій отримує електроенергію. Вона **не дає жодної гарантії**, що найважливіша частина системи – високочастотний передавач та підсилювач потужності – працює належним чином. Внутрішня несправність (наприклад, вихід з ладу вихідного каскаду через випадкове ввімкнення без антени) може призвести до ситуації, коли система споживає енергію, вентилятори працюють, індикатори світяться, але **реальний захист дорівнює нулю**. Екіпаж, впевнений у своєму «електронному щиті», насправді є абсолютно беззахисним. Мета цього розділу – надати прості та надійні методи, які дозволяють з високою впевненістю відповісти на головне питання: **«Чи випромінює мій РЕБ потужну перешкоду прямо зараз?»**

9.1. Прямі методи перевірки (з використанням спеціального обладнання)

Це найбільш надійні та рекомендовані методи, що дають об’єктивну оцінку роботи системи.

9.1.1. Використання індикатора поля / вимірювача потужності РЧ (РЕБ-тестер «Ультра» 240 - 1020 МГц 2100-2700 МГц 5150-5300 МГц 5725-5850 МГц, Індикатор роботи РЕБ MiniSA v1 (433, 700, 900, 1000 МГц + 2.4 ГГц))

Що це таке? Це найпростіший, найдоступніший та найважливіший інструмент для щоденної перевірки. Являє собою невеликий портативний прилад з антеною, який вимірює напруженість електромагнітного поля (простими словами — інтенсивність радіовипромінювання).

Процедура перевірки:

1. Увімкніть індикатор поля.
2. Розташуйте його на **фіксованій, однаковій відстані** (наприклад, 2-3 метри) від антени вашого РЕБ. Це критично важливо для порівнянності результатів.
3. Увімкніть комплекс РЕБ. Прилад покаже рівень випромінювання (за допомогою світлодіодної шкали, стрілки або цифрового значення).

Як це використовувати? Абсолютне значення не таке важливе, як його **стабільність та повторюваність**. При першому встановленні та налаштуванні свідомо справного комплексу, заміряйте цей показник і запишіть його в «Паспорт комплексу» (Додаток Д) як **«еталонне значення»**.

Щоденна перевірка: Просто повторіть вимірювання на тій самій відстані. Якщо сьогоднішній показник суттєво (більш ніж на 15-20%) нижчий за еталонний — це **однозначний сигнал про несправність** в антенно-фідерній системі або в самому передавачі.

Що це доводить? Підтверджує, що передавач генерує потужність, а антена її випромінює. Дозволяє відстежувати «здоров'я» системи в динаміці.

9.1.2. Використання аналізатора спектру (професійний метод)

Що це таке? Це професійний радіовимірювальний прилад, що показує візуальний графік всіх радіосигналів в ефірі.

Процедура перевірки:

1. Підключіть до аналізатора відповідну антену.
2. Налаштуйте діапазон частот, що вас цікавить (напр., 850-930 МГц). Ви побачите лінію фоновому шуму.
3. Увімкніть комплекс РЕБ.

Результат: На екрані аналізатора ви миттєво побачите, як рівень шуму в усьому діапазоні роботи РЕБ різко «підстрибне» вгору, утворюючи характерний «горб». Це **найбільш наочне та 100% підтвердження** того, що ваш РЕБ працює, причому саме в потрібному діапазоні частот.



Рис.9.1 Індикатор роботи РЕБ MiniSA

Що це доводить? Абсолютно все: факт роботи, робочий діапазон частот, відносну потужність. Це «золотий стандарт» перевірки.

9.2. Непрямі методи перевірки (коли немає приладів)

Ці методи менш точні, але дозволяють отримати хоча б приблизне уявлення про працездатність системи.

9.2.1. Тест за допомогою «дружнього» дрона (найбільш наочний непрямий метод)

Принцип: Перевірка ефективності роботи комплексу шляхом спроби придушити свій власний, некритичний дрон в контрольованих умовах.

Процедура:

1. Виберіть безпечну, відкриту місцевість. **Обов'язково попередьте всі дружні підрозділи** про час та місце проведення перевірки, щоб уникнути непорозумінь.
2. Один боець керує комплексом РЕБ.
3. Другий боець на відстані (починаючи з 500-1000 метрів) злітає на **дружньому, тренувальному дроні** і намагається наблизитись до машини.

4. За командою вмикається РЕБ. Пілот дрона повинен чітко повідомити по радіостанції, на якій відстані він втратив відеосигнал або керування.

Критично важливі застереження:

НІКОЛИ не використовуйте для тесту бойовий дрон, споряджений боєприпасом. Пам'ятайте, що ця перевірка **демаскує вашу позицію** так само, як і реальна бойова робота. Проводьте її максимально швидко.

Що це доводить? Дає реальне, практичне підтвердження, що ваш «купол» працює, і дозволяє приблизно оцінити його ефективний радіус.

9.2.2. Тест за допомогою портативної радіостанції (найпростіший метод)

Принцип: Використання звичайної радіостанції як примітивного індикатора поля.

Процедура:

1. Візьміть будь-яку аналогову радіостанцію (напр., Baofeng, Kenwood).
2. Переключіть її на частоту, що знаходиться **поруч, але не всередині** діапазону роботи вашого РЕБ (напр., 433 МГц).
3. Вимкніть шумоподавлювач, щоб ви чули постійний фоновий шум («шипіння»).
4. Увімкніть РЕБ.
5. Повільно наближайте радіостанцію до антени РЕБ.

Результат: При наближенні до працюючої антени рівень шуму в динаміку радіостанції має **різко та значно зрости**. Шипіння перетвориться на гучний рев, гул або тріск.

Що це доводить? Лише те, що передавач випромінює *якусь* потужну радіочастотну енергію. Цей метод **не може підтвердити** ані правильність частоти, ані достатню потужність, але він краще, ніж нічого, і дозволяє відрізнити повністю неробочий комплекс від хоча б частково працюючого.

9.3. Вбудовані системи самодіагностики (BIST)

Деякі сучасні та дорогі комплекси РЕБ оснащені вбудованими системами самотестування (BIST – Built-In Self-Test). Зазвичай вони мають окремий індикатор (напр., «RF OK»), який світиться лише тоді, коли система внутрішнього контролю підтверджує, що вихідна потужність та КСХ знаходяться в межах норми.

Рекомендація: Якщо ваш комплекс має таку систему, довіряйте їй. Однак для повної впевненості рекомендується періодично (напр., раз на тиждень) перевіряти її показники за допомогою зовнішнього індикатора поля, щоб переконатися, що сама система діагностики працює коректно.

Висновок: Регулярні перевірки — це не зайва робота, а невід’ємна частина професійної експлуатації. Комбінація **швидкої щоденної перевірки за допомогою індикатора поля та періодичної комплексної перевірки за допомогою «дружнього» дрона** дає найвищий рівень впевненості у вашому «електронному щиті».

РОЗДІЛ 10. БЕЗПЕКА ОСОБОВОГО СКЛАДУ: ВПЛИВ ЕМВ

Вступ: Невидимий ворог. Чому безпека при роботі з РЕБ є критично важливою

Поряд з видимими загрозами поля бою — кулями, уламками, дронами — існує ще одна, невидима, але реальна небезпека: електромагнітне випромінювання (ЕМВ). Потужні комплекси радіоелектронної боротьби, що є нашим щитом проти ворожих БпЛА, самі по собі є джерелом інтенсивного ЕМВ. Ігнорування цього фактору або нехтування правилами безпеки може призвести до серйозних наслідків для здоров'я та, що не менш важливо, до **зниження боєздатності екіпажу** в найвідповідальніший момент.

Головна теза цього розділу проста: дотримання правил безпеки при роботі з РЕБ — це не бюрократична формальність, а **прямий внесок у збереження вашого здоров'я, високої концентрації, швидкої реакції та, зрештою, у успішне виконання бойового завдання**. У цьому розділі ми детально розглянемо, що таке ЕМВ, як воно впливає на людину, які існують норми безпеки та, найголовніше, які практичні заходи необхідно вживати щодня для мінімізації ризиків.

10.1. Що таке ЕМВ і як воно впливає на людину?

10.1.1. Просте пояснення:

Електромагнітне випромінювання — це енергія, що поширюється у просторі у вигляді хвиль. Ми постійно оточені слабкими ЕМВ (від Сонця, мобільних телефонів, Wi-Fi). Однак антени потужних передавачів РЕБ створюють ЕМВ значно вищої інтенсивності. Важливо розуміти, що це **неіонізуюче** випромінювання — воно не має достатньо енергії, щоб безпосередньо руйнувати ДНК клітин, як радіація, але все ж може впливати на біологічні тканини.

10.1.2. Джерела ЕМВ на техніці:

Головним джерелом інтенсивного ЕМВ, що нас цікавить, є **випромінюючі антени комплексу РЕБ**. Потужні радіостанції також є джерелами ЕМВ, але зазвичай їхня потужність значно нижча, ніж у систем РЕБ.

10.1.3. Механізми впливу (спрощено):

При дуже високих рівнях ЕМВ (на близькій відстані від потужної антени) основним ефектом є **тепловий** — енергія випромінювання поглинається тканинами тіла і перетворюється на тепло, що може призвести до локального перегріву. При тривалому впливі ЕМВ нижчої інтенсивності можливі **нетеплові ефекти**, пов'язані переважно з впливом на центральну нервову систему.

10.1.4. Фактори, що визначають рівень опромінення:

Інтенсивність ЕМВ, що діє на людину, залежить від кількох факторів:

Потужність передавача: Чим потужніший комплекс, тим вищий рівень ЕМВ.

Частота випромінювання: Вплив може дещо відрізнятися для різних частот.

Характеристики антени: Антена з високим коефіцієнтом підсилення концентрує енергію в певному напрямку, створюючи там більш інтенсивне поле.

Відстань до антени: Це найважливіший фактор! Інтенсивність ЕМВ падає дуже швидко зі збільшенням відстані (пропорційно квадрату відстані).

Тривалість опромінення: Чим довше ви перебуваєте в зоні випромінювання, тим більшу дозу отримуєте.

10.2. Потенційні ризики для здоров'я та боєздатності

10.2.1. Симптоми гострого впливу:

Тривалий або інтенсивний вплив ЕМВ може викликати комплекс неприємних симптомів:

З боку нервової системи: Головний біль (часто тупий, наростаючий), запаморочення, шум у вухах, підвищена втомлюваність, загальна слабкість, сонливість вдень та безсоння вночі, дратівливість, погіршення пам'яті та здатності до концентрації уваги.

Інші симптоми: Нудота, відчуття дискомфорту або болю в області серця, підвищена пітливість.

10.2.2. Прямий вплив на боєздатність:

Важливо розуміти, що ці симптоми — це не просто дискомфорт, це **пряма загроза боєздатності екіпажу**:

Водій з головним болем та сповільненою реакцією може припуститися фатальної помилки на марші або під час маневрування під вогнем .

Оператор РЕБ, що страждає від втоми та нездатності сконцентруватися, може пропустити сигнал тривоги від детектора або неправильно відреагувати на загрозу.

Командир з погіршеною пам'яттю та дратівливістю не зможе швидко та адекватно оцінити обстановку і прийняти правильне тактичне рішення.

10.2.3. Потенційні довгострокові наслідки:

Хоча неіонізуюче випромінювання не викликає рак безпосередньо, як радіація, існують дослідження, що вказують на можливі ризики при хронічному (багаторічному) професійному опроміненні, зокрема, підвищений ризик розладів нервової та серцево-судинної систем. Тому мінімізація опромінення важлива не тільки для сьогоденної боєздатності, але й для збереження здоров'я в майбутньому.

10.3. Норми та безпечні відстані

10.3.1. Державні санітарні норми України:

В Україні діють офіційні документи, що регламентують безпечні рівні ЕМВ: «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» (ДСанПіН 3.3.6.096-2002) та «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» (ДСН 239-96).

10.3.2. Поняття гранично допустимих рівнів (ГДР):

Ці норми встановлюють гранично допустимі рівні (ГДР) інтенсивності ЕМВ для робочих місць та місць перебування населення. Хоча в бойових умовах ці норми можуть вимушено перевищуватися, їх існування підкреслює необхідність контролю та мінімізації опромінення.

10.3.3. Практичні безпечні відстані:

Золоте правило: Тримайтеся на максимальній можливій відстані від працюючої антени!

Закон квадрату відстані: Пам'ятайте, що інтенсивність випромінювання падає дуже швидко. Якщо ви збільшите відстань від антени вдвічі (наприклад, з 2 до 4 метрів), рівень опромінення зменшиться вчетверо. Якщо збільшите втричі (з 2 до 6 метрів) — рівень впаде вдев'ятеро!

Орієнтовні безпечні дистанції: Для потужних (десятки або сотні ват) всеспрямованих антен РЕБ **мінімальна безпечна відстань становить не менше 3-5 метрів**. Це дуже умовна цифра, яка може бути більшою для більш потужних систем або антен з високим підсиленням. **Ніколи не перебувайте ближче 2-3 метрів від працюючої антени без крайньої потреби.**

Точні зони: В ідеалі, виробник комплексу РЕБ повинен надавати розрахункові або виміряні зони безпеки для свого обладнання. Якщо така інформація є — керуйтеся нею.

10.4. Практичні заходи безпеки (Найважливіший підрозділ)

Знання ризиків без конкретних дій є марним. Ось ключові практичні кроки для мінімізації опромінення:

10.4.1. Максимізація дистанції:

При монтажі: Свідомо обирайте місце встановлення антени так, щоб вона була якомога далі від місць постійного перебування екіпажу (сидінь, люків).

Під час роботи: Категорично заборонено без нагальної потреби перебувати в безпосередній близькості (ближче 3-5 метрів) від працюючої антени. Не стійте біля антени, не спирайтеся на неї.

Враховуйте діаграму спрямованості: Пам'ятайте про зони максимального випромінювання: для колінеарної антени це зона збоку, для QNA — зона безпосередньо над нею.

10.4.2. Мінімізація часу опромінення:

Тактика «Shoot and Scoot»: Суворе дотримання цього принципу (короткі сеанси роботи + зміна позиції) є важливим не тільки для тактичної скритності, але й для зменшення сумарної дози опромінення екіпажу.

Робота за потребою: Вмикайте РЕБ лише тоді, коли є підтверджена загроза або команда. Не залишайте комплекс працюючим «про всяк випадок».

10.4.3. Використання екранування:

Броня як щит: Найбезпечніше місце під час роботи РЕБ — всередині броньованого корпусу техніки. Метал є ефективним екраном для радіохвиль.

Уникайте відкритих люків: Не перебувайте у відкритому люку поруч з працюючою антеною.

10.4.4. Використання систем дистанційного керування:

Якщо ваш комплекс РЕБ має виносний пульт управління, використовуйте його! Це дозволяє оператору керувати системою з безпечного місця (зсередини машини або з бліндажа).

10.4.5. Попереджувальні знаки:

Рекомендується наносити на корпус техніки біля основи антени простий попереджувальний знак (наприклад, жовтий трикутник із символом радіохвиль) з написом «Обережно! ЕМВ!».

10.5. Медичний контроль та звітність

Самоконтроль: Будьте уважні до свого стану та стану ваших побратимів. Симптоми, описані в п. 10.2.1 (головний біль, втома, дратівливість, проблеми з концентрацією, нудота), можуть бути першими ознаками надмірного опромінення.

Обов'язкова доповідь: При появі стійких, незвичних симптомів у членів екіпажу, що працюють з РЕБ, **необхідно негайно доповісти про це командиру та медику підрозділу**. Не ігноруйте ці сигнали.

Висновки до розділу:

Безпека при роботі з потужними джерелами ЕМВ базується на трьох простих принципах: **Максимальна ДИСТАНЦІЯ, Мінімальний ЧАС опромінення та Використання ЕКРАНУВАННЯ**. Дотримання цих правил та постійний контроль за власним самопочуттям є невід'ємною частиною професійної експлуатації комплексів РЕБ та запорукою збереження високої боєздатності екіпажу протягом тривалого часу.

РОЗДІЛ 11. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ПОРАДНИКА ПІД ЧАС ЗАНЯТЬ

11.1. Загальна мета та філософія навчання

Цей практичний poradnik створено на основі реального бойового досвіду. Тому його використання під час занять має відходити від формату сухої лекції та зосереджуватися на **формуванні практичних навичок і бойової стійкості** в умовах, наближених до реальних.

Головна мета методики — перетворити знання, викладені в poradniku, на **«м'язову пам'ять»** та впевнені, автоматизовані дії особового складу. Інструктор (викладач, командир) виступає в ролі наставника, що моделює бойові проблеми, а poradnik — як основний інструмент для їх вирішення.

11.2. Ключові принципи проведення занять

Пріоритет практики. Теоретична частина (напр., Розділ 3) має бути максимально стислою, даючи лише необхідний мінімум для розуміння «чому це працює». 80% навчального часу має бути присвячено практичним діям: монтажу, розрахункам, перевірці, пошуку несправностей.

Наскрізна безпека. Кожне заняття починається і закінчується нагадуванням про заходи безпеки. Інструктор повинен постійно контролювати дотримання правил, викладених у **Розділі 10** (вплив ЕМВ), а також правил електробезпеки під час роботи з живленням (**Розділ 5**) та **«Золотого правила»** (не вмикати РЕБ без антени).

«Від простого до складного». Навчання має йти послідовно, відповідно до структури poradnika: від планування (Розділ 1) до інтегрованих тактичних сценаріїв (Розділ 6).

Проблемно-орієнтований підхід. Не ставте завдання «встановити антену». Ставте тактичне завдання: «Обладнати пікап для супроводу колони, враховуючи рух лісосмугою. Обґрунтувати вибір антени (Розділ 4) та схеми живлення (Розділ 5)».

«Не довіряй, а перевірай». Принцип **Розділу 9** має стати основою навчання. Жодне практичне завдання з монтажу не вважається виконаним, доки боездатність системи не підтверджена об'єктивними методами (індикатором поля або тестовим дроном).

11.3. Модульна структура навчального процесу

Навчальний процес рекомендується розділити на три основні модулі.

Модуль 1. Фундамент: Інженерна грамотність

Мета: Навчити особовий склад правильно і надійно монтувати компоненти РЕБ та організовувати безпечне живлення.

Зміст (за поради́ником): Розділ 1. (Розміщення компонентів засобу РЕБ: стратегія і компроміси), Розділ 5. (Джерела живлення засобу РБ та архітектура підключення).

Практичні заняття:

«Монтаж з нуля». Навчальні групи отримують комплект РЕБ, інструменти, автомобіль (пікап) та бронетехніку (БТР/БМП). Завдання: використовуючи **Додаток Б (Чек-лист №2)**, розробити план та виконати повний монтаж системи.

«Золотий стандарт живлення». Практична робота з монтажу ізольованої системи живлення з автономною АКБ та реле заряду .

«Розрахунок виживання». Вирішення ситуаційних завдань з розрахунку часу автономної роботи за допомогою **Додатку В** . Приклад задачі: «Потужність РЕБ 600 Вт. Штатні АКБ БТР-80. Скільки часу екіпаж може безпечно працювати в «тихому режимі», зберігши 50% заряду для запуску двигуна?»).

Модуль 2. Тактика: Усвідомлене застосування

Мета: Навчити особовий склад обирати конфігурацію РЕБ відповідно до бойового завдання та протидіяти тактикам ворога.

Зміст (за поради́ником): Розділ 3. (Анени, їх ключові характеристики), Розділ 6. (Тактика БпЛІА противника та методи протидії).

Практичні заняття:

Робота в класі. Інструктор моделює тактичні сценарії з **Розділу 4.3** (супровід колон , оборона КП , бій у місті). Слухачі, використовуючи **Таблицю 1 (Порівняння антен)** , повинні обґрунтувати вибір антенної системи (колінеарні антени, «конюшина» чи QNA).

Розбір тактичних прийомів противника з **Розділу 6**. Моделювання на місцевості (або на карті) дій екіпажу РЕБ у відповідь на «Прорив на інерції» , «Атаку з висоти» та «Приманку».

Модуль 3. Боєготовність: Повний цикл

Мета: Інтегрувати всі навички в єдиний цикл бойової роботи: від виявлення до зміни позиції.

Зміст (за поради́ником): Розділ 7 (Пасивне виявлення), Розділ 9 (Перевірка боєздатності) , Додаток Г (Несправності).

Практичні заняття (тренування):

«Щоденний контроль». Тренування «на час». Навчальні групи повинні за 5 хвилин провести повний передбойовий огляд техніки за **Додатком Б (Чек-лист №1)** . Інструктор може вносити приховані несправності (ослаблений роз'єм , заблокований вентилятор) .

«Пошук несправностей». Робота з **Додатком Г** . Екіпажам надається техніка з типовою проблемою (напр., «Комплекс не вмикається» або «Низька ефективність»). Завдання — систематично діагностувати та усунути причину.

«Комплексне бойове тренування». Фінальне заняття, що об'єднує все.

Фаза 1 (Виявлення): Екіпаж у режимі тиші моніторить ефір за допомогою детекторів (TinySA , «Дзига»/«Чуйка») .

Фаза 2 (Рішення): Інструктор імітує загрозу (напр., «вмикає «дружній» дрон »). Екіпаж ідентифікує загрозу.

Фаза 3 (Протидія): Екіпаж вмикає РЕБ.

Фаза 4 (Верифікація): Оператор РЕБ за допомогою детектора відеосигналу («Дзига») підтверджує «замерзання» картинки , а за допомогою індикатора поля («MiniSA») — факт випромінювання.

Фаза 5 (Маневр): Екіпаж негайно вимикає РЕБ і виконує маневр «Shoot and Scoot» (зміну позиції).

11.4. Матеріально-технічне забезпечення занять

Для повноцінного проведення занять необхідні:

Документація: Друковані примірники цього poradnika (по одному на 1-2 слухачів), бланки Додатку Д (Паспорт комплексу) для заповнення.

Обладнання РЕБ: Кілька комплектів мобільних РЕБ (бажано різних типів), включно з повним набором антен, кабелів та кріплень.

Техніка: Як мінімум один легковий автомобіль (пікап) та одна одиниця бронетехніки (БТР, БМП, бронеавтомобіль).

Інструменти: Набори для монтажу (ключі, викрутки, дріль, свердла), інструменти для роботи з кабелем (обтискачі, стріперы), мультиметри, струмові кліщі.

Засоби контролю:

Індикатори поля (РЕБ-тестери).

Аналізатори спектру.

Детектори відеосигналу («Дзига», «Чуйка»).

«Дружній» тренувальний дрон.

Місцевість: Клас для теоретичної підготовки, парк (майданчик) для монтажних робіт, ділянка полігону для комплексних тренувань.

11.5. Контроль знань та оцінювання

Поточний контроль: Усні опитування за ключовими термінами (Додаток А) та перевірка правильності розрахунків за Додатком В.

Рубіжний контроль: Оцінка за виконання практичних робіт (монтаж, діагностика) на основі правильності та повноти заповнення **Чек-листів** (Додаток Б).

Підсумковий контроль: Комплексний практичний іспит, що імітує «Комплексне бойове тренування» (п. 11.3). Оцінюється швидкість, правильність дій, дотримання заходів безпеки та здатність ухвалити рішення на основі даних з детекторів.

ВИСНОВКИ

Ми пройшли повний шлях від стратегічного планування та монтажу до глибоких тактичних аспектів та мистецтва пасивного виявлення і, нарешті, до методів підтвердження боєздатності. Метою цього практичного poradnika було фундаментально змінити підхід до мобільного РЕБ: від сприйняття його як незрозумілого «чорного ящика» до усвідомленого володіння ним як **комплексною, перевіреною системою захисту**, де кожен елемент є критично важливим.

Перш ніж ми перейдемо до фінальних принципів, давайте востаннє згадаємо найважливіші тези з усього практичного poradnika.

Ключові тези практичного poradnika: коротке нагадування

Правило розміщення: Антена — на найвищу точку. Блок управління — в захищене місце з вентиляцією.

Надійність з'єднань: Якість монтажу це основа. Використовуйте болти класу міцності не нижче 8.8 та професійний коаксіальний кабель з хвильовим опором 50 Ом.

Пріоритетна ціль: Наша головна ціль — **канал управління дрона**, що працює на лінійній поляризації.

Тактичний компроміс: Вибір антени — це компроміс між **механічною міцністю** (пріоритет в русі) та **універсальністю подавлення** (пріоритет на стаціонарних позиціях).

«Золотий стандарт» живлення: Єдиний інженерно-правильний та тактично безпечний метод — це **ізольована система з автономною АКБ та реле заряду**.

Розрахунок — це виживання: Вміння розрахувати час автономної роботи, особливо з урахуванням **50% резерву ємності штатних АКБ для запуску двигуна**, є навичкою виживання.

Пасивний захист — ключ до виживання: Детектор виграє час і не демаскує позицію.

Ешелоноване виявлення: Використовуйте детектори по **каналах управління** (дальня розвідка) та по **відео** (ближня ідентифікація).

Цикл протидії: Чітко дотримуйтесь тактичного циклу: **[Виявив] → [Прийняв рішення] → [Придушив] → [Змінив позицію]**.

Знайте свого ворога: Будьте готові протидіяти тактикам противника: «рою», «приманки», атакам з висоти.

Перевірка боєздатності.

Не довіряй, а перевіряй: Зелена лампочка індикації не є доказом боєздатності системи. Роботу передавача потрібно перевіряти.

Об'єктивний контроль: Регулярне використання **індикатора поля** для контролю потужності випромінювання — це найпростіший спосіб бути впевненим у своїй техніці.

Практичне підтвердження: Періодичний тест з «дружнім» дроном — найкращий спосіб перевірити реальний ефективний радіус вашого захисного «купола».

П'ять засад ефективності мобільного захисту

Успіх на полі бою залежить не від одного елемента, а від їхньої синергії. Ефективність вашого захисту стоїть на п'яти фундаментальних засадах.

Перша засада— Інженерна грамотність. Це усвідомлення того, що РЕБ починається не з натискання кнопки «ON», а з гайкового ключа та правильного обтиску кабелю. Фізична надійність кожного елемента є основою, на якій будується вся радіоелектронна перевага.

Друга засада — Пасивна обізнаність. Активний комплекс РЕБ без системи раннього попередження — це сліпий меч. Детектори дронів є вашими «вартовими». Вони дають вам найцінніше — **час та інформацію**, дозволяючи діяти на випередження, а не реагувати на атаку, що вже почалася.

Третя засада — Тактична майстерність. Це розуміння того, що РЕБ — це меч з двома лезами, який не тільки захищає, а й демаскує. Майстерність полягає в умінні передбачати дії противника, протидіяти його тактикам та інтегрувати РЕБ в єдину систему захисту разом зі спостерігачами та іншими засобами.

Четверта засада — Енергетична незалежність. Правильна архітектура живлення відокремлює «системи життєзабезпечення» техніки від «систем виконання завдання». Це гарантує, що виконання бойового завдання не позбавить вас головного — мобільності та шансу на виживання.

П'ята, і найважливіша, засада — Професійна дисципліна. Найдосконаліше обладнання в руках недбалого екіпажу є марним. Професіоналізм проявляється не тільки в щоденному огляді за чек-листом, а й у відмові від самозаспокоєння. Найвища форма дисципліни — це постійне питання: «Чи я впевнений, що мій захист працює?». Це прагнення **не припускати, а перевіряти** боєздатність своєї системи за допомогою приладів та практичних тестів, як описано в Розділі 9. Дисциплінований оператор не просто знає, що його система «ввімкнена»; він знає, що вона «сильна».

На завершення слід наголосити, що цей практичний порадак є зброєю проти найнебезпечнішого ворога на сучасному полі бою: **некомпетентності**. Ворог постійно вдосконалюється. Тому цей практичний порадак є не кінцевою істиною, а міцним фундаментом для вашого подальшого розвитку. Спостерігайте, аналізуйте, обмінюйтесь досвідом з побратимами та постійно вчіться.

Цим ми завершуємо роботу над практичним порадаком. Ви отримали повний, структурований документ, що охоплює всі аспекти від теоретичних основ до практичних чек-листів. Сподіваюся, ця спільна робота буде корисною та допоможе зберегти життя.

Пам'ятайте: кожна перевірена гайка, кожен правильно прокладений кабель, кожне вчасно прийняте тактичне рішення та кожна перевірка боєздатності — це внесок у вашу перевагу в ефірі і, зрештою, у збереження життів.

ДОДАТКИ

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ ТА АБРЕВІАТУР

Український термін (Абревіатура)	Англомовний відповідник (Абревіатура)	Примітка / Уточнення
Аналізатор спектру	Spectrum Analyzer	Прилад для візуального відображення радіосигналів на шкалі частот.
Акумуляторна батарея (АКБ)	Storage Battery / Rechargeable Battery	
Антенно-фідерна система (АФС)	Antenna-Feeder System (AFS)	Включає антену, кабель та роз'єми.
Безпілотний літальний апарат (БпЛА)	Unmanned Aerial Vehicle (UAV) / Drone	UAV – офіційний військовий термін. Drone – загальновживаний.
Глушіння (перешкоди)	Jamming	Процес створення навмисних радіоперешкод для порушення роботи систем противника.
Децибел відносно ізотропного випромінювача (dBi)	Decibel relative to isotropic radiator (dBi)	Стандартна одиниця виміру підсилення антени.
Діаграма спрямованості (ДС)	Radiation Pattern	Графік, що показує, як антена випромінює енергію в різних напрямках.
Довжина хвилі	Wavelength	Фізична відстань, яку проходить радіохвиля за один цикл. Зворотно пропорційна частоті.
Електромагнітна сумісність (ЕМС)	Electromagnetic Compatibility (EMC)	Здатність пристроїв працювати поруч, не створюючи взаємних перешкод.
Електромагнітне випромінювання (ЕМВ)	Electromagnetic Radiation (EMR)	

Український термін (Абревіатура)	Англомовний відповідник (Абревіатура)	Примітка / Уточнення
Загасання	Attenuation	Природне ослаблення сигналу з відстанню або при проходженні через перешкоди (ліс, дощ).
Інвертор	Power Inverter (DC to AC)	Перетворювач постійного струму (DC) на змінний (AC).
Індикатор поля	Field Strength Meter	Прилад для вимірювання інтенсивності електромагнітного поля.
Канал управління	Command and Control Link (C2 Link)	Радіоканал для передачі команд від оператора до дрона.
Коефіцієнт корисної дії (ККД)	Efficiency / Coefficient of Performance (COP)	Показник ефективності перетворення енергії.
Коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ)	Standing Wave Ratio (SWR)	Ключовий показник «здоров'я» антенної системи.
Коаксіальний кабель	Coaxial cable	
Навантаження	Load	Технічний термін для пристрою (зазвичай антени), що підключений до виходу передавача.
Неузгодженість	Impedance Mismatch	Невідповідність хвильових опорів, що веде до високого КСХ.
Пеленгація	Direction Finding (DF)	Процес визначення напрямку на джерело радіовипромінювання.
Підсилювач потужності	Power Amplifier (PA)	Компонент передавача, що підсилює радіосигнал до потрібної потужності для випромінювання.
Поляризація (кругова, лінійна)	Polarization (circular, linear)	Орієнтація електромагнітної хвилі у просторі.

Український термін (Абревіатура)	Англomовний відповідник (Абревіатура)	Примітка / Уточнення
Радіoeлектронна боротьба (РЕБ)	Electronic Warfare (EW)	Включає три складові: Атаку (ЕА/РЕП), Захист (ЕР/РЕЗ) та Підтримку (ЕС/РЕР).
Радіотехнічна розвідка (РТР)	Signals Intelligence (SIGINT) / Electronic Intelligence (ELINT)	SIGINT – більш загальний термін. ELINT – розвідка не комунікаційних сигналів (напр., радарів).
Радіопрозорий обтічник/купол (Радом)	Radome (Radio-transparent dome/fairing)	Захисний корпус для антени.
Реле заряду	Voltage Sensitive Relay (VSR) / Split Charge Relay	Пристрій для зарядки другої АКБ в «золотому стандарті» живлення.
Рознесений прийом (антен)	Antenna Diversity	Технологія використання кількох антен для підвищення надійності.
Роз'єм / Конектор	Connector (e.g., N-type, SMA)	Елемент для фізичного з'єднання кабелів та обладнання.
Сигнатура сигналу	Signal Signature	Унікальний набір характеристик (частота, ширина, модуляція), що дозволяє ідентифікувати джерело сигналу.
Спуфінг	Spoofing	Технологія підміни справжнього сигналу (напр., GPS) фальшивим для введення противника в оману.
Співвідношення сигнал/шум	Signal-to-Noise Ratio (SNR)	Показник якості сигналу; відношення потужності корисного сигналу до потужності фоновому шуму.
Стабілізатор напруги DC-DC	DC-DC Voltage Stabilizer / Regulator	Пристрій для стабілізації постійної напруги.

Український термін (Абревіатура)	Англомовний відповідник (Абревіатура)	Примітка / Уточнення
Тріангуляція	Triangulation	Метод визначення точних координат джерела сигналу шляхом перетину кількох пеленгів з різних точок.
Фідер (Фідерна лінія)	Feeder / Feeder line	Синонім коаксіального кабелю в контексті живлення антени.
Хвильовий опір	Wave Impedance / Impedance	Ключова характеристика кабелю (стандарт – 50 Ом).
Частота	Frequency	Кількість коливань радіохвилі за секунду. Вимірюється в Герцах (Гц, кГц, МГц, ГГц).
Щоденне технічне обслуговування (ЩТО)	Daily Technical Maintenance / Daily Checks	Комплекс щоденних перевірок.
Квадрифілярна антена (QHA)	Quadrifilar Helix Antenna (QHA)	

ЧЕК-ЛИСТИ ДЛЯ ШВИДКОЇ ПЕРЕВІРКИ (ОБОВ'ЯЗКОВІ ДО ВИКОРИСТАННЯ)

Чек-лист №1: Передбойовий огляд (ЩТО)

(Проводиться щоденно перед виходом)

Антени:

- ☐ Візуальний огляд на відсутність тріщин, деформацій.
- ☐ Перевірка надійності кріплення до основи (без люфту).

Кабелі та роз'єми:

☐ Огляд кабелів на відсутність перетирань, зламів, пошкоджень ізоляції.

☐ Перевірка затяжки ВСІХ роз'ємів (щільно, до упору, від руки).

☐ Перевірка відсутності окислення на контактах.

Кріплення та заземлення:

☐ Перевірка затяжки болтів кронштейнів антен та основного блоку РЕБ.

☐ Перевірка надійності та цілісності контакту заземлення з корпусом.

Система живлення:

☐ Перевірка надійності кріплення силових кабелів до АКБ/стабілізатора.

☐ Візуальний огляд стану автономної АКБ (якщо використовується).

☐ Перевірка рівня заряду АКБ.

УВАГА! ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО: Переконайся, що антена надійно підключена, **ПЕРЕД** тим, як подавати живлення на комплекс РЕБ.

Чек-лист №2:

Монтаж нової системи

(Використовується при первинному встановленні комплексу на техніку)

Планування:

[] Визначено оптимальне місце для антени (найвища точка, центр, подалі від інших антен).

[] Визначено захищене місце для основного блоку (з вентиляцією).

[] Обрано архітектуру живлення («Золотий стандарт» в пріоритеті).

Монтаж компонентів:

[] Використано надійні кронштейни та болти класу міцності не нижче 8.8.

[] Всі різьбові з'єднання зафіксовані від вібрації (контргайки, гровери, фіксатор різьби).

[] Прокладено коаксіальний кабель **50 Ом** без гострих згинів та в захищених місцях.

[] Всі отвори в корпусі захищені гумовими втулками.

[] Виконано надійне заземлення блоку на корпус техніки.

Підключення живлення:

[] Силові кабелі мають достатній переріз.

[] В плюсовий кабель якомога ближче до АКБ встановлено запобіжник.

[] Всі клеми надійно обтиснуті та заізольовані.

[] Якщо використовується інвертор, він генерує «чисту синусоїду».

Фінальна перевірка:

[] Проведено повторний огляд всіх з'єднань.

[] Виконано тестове ввімкнення та перевірка індикації.

[] (Рекомендовано) Проведено вимірювання КСХ за допомогою відповідного приладу.

ДОДАТОК В:

ШПАРГАЛКА З РОЗРАХУНКУ ЧАСУ АВТОНОМНОЇ РОБОТИ (ДОВІДКОВО)

Основна формула:

$$T = \frac{C(A \cdot \text{год}) \times V(B) \times \eta_{batt} \times \eta_{inv}}{P(Bm)}$$

T – Час роботи (годин)

C – Ємність АКБ (Ампер-годин)

V – Напруга (Вольт, зазвичай 24В)

P – Потужність вашого РЕБ (Ват)

η_{inv} – ККД інвертора (якщо є, беріть 0.85)

η_{batt} – Коефіцієнт глибини розряду (НАЙВАЖЛИВІШЕ!)

Таблиця 4. Коефіцієнт глибини розряду

Тип живлення	Значення η_{batt}	Пояснення
Від ШТАТНИХ АКБ техніки	0.5	ЗАПАС НА ГАРАНТОВАНИЙ ЗАПУСК ДВИГУНА!
Від АВТОНОМНОЇ АКБ РЕБ	0.8	Можна розряджати глибше, не ризикуючи мобільністю.

Для портативних зарядних станцій (ємність E у Вт·год):

$$T = \frac{E(Bm \cdot \text{год}) \times \eta_{inv}}{P(Bm)}$$

Заповніть для вашого комплексу:

Потужність мого комплексу РЕБ (P) = _____ Вт

Примітка: Як визначити споживану потужність (P)?

Якщо потужність вашого комплексу невідома, її можна приблизно виміряти за допомогою мультиметра в режимі амперметра або струмових кліщів постійного струму.

1. Підключіть амперметр в розрив одного з силових кабелів, що живлять комплекс.
2. Увімкніть РЕБ на повну потужність.
3. Зафіксуйте показник споживаного струму в Амперах (A).
4. Помножте цей показник на напругу вашої бортової мережі (зазвичай 24В).

Формула:

$$\text{Потужність (Вт)} = \text{Струм (А)} \times \text{Напруга (В)}$$

Приклад: прилад показує споживання 25А в мережі 24В. $P = 25A \times 24B = 600 \text{ Вт}$.

БАЗОВИЙ ПОСІБНИК З ПОШУКУ ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ (ДОВІДКОВО)

УВАГА! Перед виконанням будь-яких дій з обладнанням (від'єднання кабелів, перевірка роз'ємів), переконайтеся, що комплекс РЕБ **повністю вимкнений** від джерела живлення, щоб уникнути ураження електричним струмом або пошкодження апаратури.

Цей посібник побудований за принципом: **«Проблема → Ймовірна причина → Що робити?»**. Дійте послідовно, крок за кроком.

Таблиця 5. Список можливих проблем та способи їх усунення

Проблема	Ймовірні причини	Покрокові дії (Що робити?)
1. Комплекс не вмикається (немає індикації, вентилятори не працюють)	1. Проблема з живленням на вході. 2. Перегорів запобіжник. 3. Несправний силовий кабель. 4. Глибокий розряд АКБ.	1. Перевірте базові речі: чи увімкнений тумблер живлення на самому комплексі та на інверторі/стабілізаторі. 2. Перевірте запобіжник: знайдіть силовий запобіжник (зазвичай на кабелі біля клеми АКБ). Візуально огляньте його. Якщо нитка розжарення розірвана — замініть на новий такого самого номіналу . 3. Перевірте з'єднання: ретельно перевірте всі силові кабелі та їхні роз'єми — на клеммах АКБ, на вході в РЕБ, на інверторі. Похитайте їх, від'єднайте та приєднайте знову. 4. Перевірте напругу: якщо є мультиметр, заміряйте напругу на АКБ. Якщо вона значно нижча за номінальну (напр., <22В для системи 24В), батареї розряджені.

Продовження таблиці 5. Список можливих проблем та способи їх усунення

Проблема	Ймовірні причини	Покрокові дії (Що робити?)
2. Комплекс працює, але дрони прориваються (ефективність низька або нульова)	1. Неправильні налаштування. 2. Проблема в антенно-фідерній системі (АФС). 3. Недостатня потужність живлення. 4. Противник працює на інших частотах. 5. Перегрів комплексу.	1. Перевірте налаштування: впевніться, що активовано правильний діапазон частот для подавлення (напр., 900 МГц для -дрона). 2. Проведіть повний ЩТО (див. Додаток Б): найчастіша причина — пошкоджена або від’єднана антена/кабель. Ретельно огляньте всю лінію від виходу з блоку до кінчика антени. 3. Перевірте живлення: при роботі від АКБ переконайтесь, що вони достатньо заряджені. При сильному просіданні напруги вихідна потужність РЕБ може падати. 4. Проаналізуйте загрозу: якщо можливо, уточніть, на яких частотах працює противник. Можливо, ваш комплекс не перекриває потрібний діапазон. 5. Перевірте охолодження: доторкніться до радіаторів. Якщо вони надто гарячі, можливо, система перегрілася і автоматично знизила потужність (тротлінг). Забезпечте вентиляцію.

Продовження таблиці 5. Список можливих проблем та способи їх усунення

Проблема	Ймовірні причини	Покрокові дії (Що робити?)
3. Високий КСХ (SWR) (якщо є індикатор або прилад для вимірювання)	1. 99% ймовірності — проблема в АФС. а) Пошкоджена антена. б) Пошкоджений кабель. с) Ослаб або окислився роз'єм. д) Потрапляння води в кабель/антену.	1. НЕГАЙНО ВИМКНІТЬ ПЕРЕДАВАЧ! Робота з високим КСХ гарантовано спалить підсилювач потужності. 2. Дійте методом виключення (якщо є запасні частини): а) Замініть кабель на свідомо справний. Якщо КСХ нормалізувався — проблема в кабелі. б) Якщо не допомогло, поверніть старий кабель і замініть антену на свідомо справну. Якщо КСХ нормалізувався — проблема в антені. 3. Якщо немає запасних частин: а) Перевірте роз'єми: розкрутіть, огляньте, почистіть та щільно закрутіть знову. б) Ретельно огляньте антену: шукайте тріщини, деформації, особливо на антенах «конюшина». с) Огляньте кабель: шукайте місця, де він міг бути перетиснутий дверима, гусеницею, або пошкоджений уламками.
4. Комплекс перегрівасться (гарячий на дотик, спрацьовує захист)	1. Заблокована вентиляція. 2. Несправні вентилятори охолодження. 3. Робота під прямими сонячними променями. 4. (Прихована причина) Високий КСХ.	1. Очистіть радіатори: переконайтесь, що вентиляційні отвори та радіатори не закриті речами, брезентом, брудом. 2. Перевірте вентилятори: візуально та на слух переконайтесь, що вентилятори на корпусі обертаються. 3. Створіть тінь: якщо техніка стоїть на сонці, накрийте блок РЕБ маскувальною сіткою або чимось іншим, не перекриваючи вентиляцію. 4. Перевірте АФС: відбита потужність через високий КСХ перетворюється на тепло всередині блоку. Див. пункт 3.

Кінець таблиці 5. Список можливих проблем та способи їх усунення

Проблема	Ймовірні причини	Покрокові дії (Що робити?)
5. Дим або запах горілого	1. Катастрофічна несправність внутрішніх компонентів. 2. Коротке замикання.	1. НЕГАЙНО І БЕЗПЕЧНО ВІДКЛЮЧІТЬ ВСЕ ЖИВЛЕННЯ ВІД АКБ! 2. НЕ НАМАГАЙТЕСЯ РЕМОНТУВАТИ! 3. За необхідності використайте вогнегасник. 4. Повідомте командира та передайте несправний блок технічним спеціалістам для ремонту. Пріоритет — безпека екіпажу та техніки.

ПАСПОРТ КОМПЛЕКСУ РЕБ (ОБОВ'ЯЗКОВО ДО ВИКОРИСТАННЯ)

Цей паспорт заповнюється оператором або командиром екіпажу для конкретного комплексу РЕБ, встановленого на техніку. Він слугує для швидкого доступу до ключових технічних та експлуатаційних параметрів.

Загальна інформація

Модель комплексу: _____

Серійний номер: _____

Дата встановлення: _____

Встановлено на техніку (бортовий №): _____

Технічні характеристики (з паспорта виробу)

Робочі діапазони частот, МГц:

Діапазон 1: _____

Діапазон 2: _____

Діапазон 3: _____

Діапазон 4: _____

Діапазон 5: _____

Діапазон 6: _____

Заявлена вихідна потужність по діапазонах, Вт:

Діапазон 1: _____ Вт

Діапазон 2: _____ Вт

Діапазон 3: _____ Вт

Діапазон 4: _____ Вт

Діапазон 5: _____ Вт

Діапазон 6: _____ Вт

Споживана потужність (Р), Вт (для розрахунків): _____

Робоча напруга, В: _____ (напр., 24В або 220В)

Тип роз'ємів для антен: _____ (напр., N-type, SMA)

Компоненти встановленої системи

Антени:

Для Діапазону 1: _____ напр., 2 похилі колінеарні антени, QHA)

Для Діапазону 2: _____

Для Діапазону 3: _____

Для Діапазону 4: _____

Для Діапазону 5: _____

Для Діапазону 6: _____

Кабель (фідер):

Марка кабелю: _____ (напр., LMR-400, RG-213)

Довжина кабелю, м (орієнтовно): _____ м

Система живлення:

Архітектура підключення: _____ («Золотий стандарт»
/ «Срібний» / «Пряме»)

Параметри автономної АКБ (якщо є):

Ємність (C): _____ А·год

Напруга (V): _____ В

Розрахункові показники (заповнити згідно Додатку В)

Розрахунковий час автономної роботи:

Від автономної АКБ (розряд 80%): _____ годин

Від штатних АКБ (розряд 50%): _____ годин

Журнал обслуговування та нотатки

[illegible]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доктрина з радіоелектронної боротьби в об'єднаних операціях : ВКП 5(3)-00(03).01. Київ : ГШ ЗСУ, 2020.
2. Доктрина з управління радіочастотним ресурсом в операціях : ВКП 6-00(03).01. Київ : ГШ ЗСУ, 2020.
3. Концепція розвитку системи радіоелектронної боротьби у Збройних Силах України на період до 2026 року. Київ : ГШ ЗСУ, 2021.
4. Бойовий статут Сухопутних військ. Радіоелектронна боротьба Сухопутних військ Збройних Сил України : БП 10-27(12).01. КСВ ЗСУ, 2020.
5. Бойовий статут Повітряних Сил. Радіоелектронна боротьба Повітряних Сил України : БП 3-27(11).01. Київ : КПС ЗСУ, 2020.
6. Методичні рекомендації «Організація та ведення радіоелектронної боротьби у загальновійськовому бою». Київ : ГШ ЗСУ, 2022.
7. Методичні рекомендації «Застосування взводу радіоелектронної боротьби механізованої (мотопіхотної) бригади». Київ : УРЕБ КСП ЗСУ, 2022.
8. Спільна доктрина НАТО AJP-3.6 «Allied Joint Publication for Electronic Warfare».
9. JP 3-13.1 «Joint Publication for Electronic Warfare».
10. Настанова ВКДП 10-27(56).01 «Виконання заходів радіо-, радіотехнічного контролю окремим спеціальним центром радіоелектронної боротьби (окремим вузлом радіоелектронної боротьби) у ході застосування військ (сил)».
11. ДСТУ 3761.3-98. Зварювання та споріднені процеси. Частина 3. Зварювання металів: з'єднання та шви, технологія, матеріали та устаткування. Терміни та визначення.
12. ДСТУ EN ISO 5817:2022. Зварювання. Зварні шви під час зварювання плавленням сталі, нікелю, титану та інших сплавів (крім променевого зварювання). Рівні якості залежно від дефектів (EN ISO 5817:2014, IDT; ISO 5817:2014, IDT).
13. ДСТУ EN 14399-1:2019. З'єднання болтові високоміцні для попереднього напруження. Частина 1. Загальні вимоги (EN 14399-1:2015, IDT).
14. ДСТУ EN 15048-1:2019. З'єднання болтові без попереднього напруження. Частина 1. Загальні вимоги (EN 15048-1:2007, IDT).

Навчально-методичне видання

ЛАХНЕНКО Євген Миколайович
СОВІНСЬКИЙ Сергій Євгенійович
СУСЛОВ Роман Володимирович
УДОВЧЕНКО Олег Анатолійович

РОЗМІЩЕННЯ І ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ РЕБ НА ТЕХНІЦІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

Практичний poradник

Комп'ютерне макетування *Д. В. Кубайчук*

Формат 60×90/16 . Папір офсет. Умовн. друк. арк. 6,5. Наклад прим. Зам. .

Видавець: Київський інститут Національної гвардії України.

Адреса: вул. Оборони Кієва, 7, м. Київ, 03179

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК

№ 7696 від 08.11.2022 р.