

Г. В. Худов, І. Ю. Грідасов, І. А. Хижняк, І. Ю. Юзова, Т. М. Калімулін, Ю. С. Соломоненко, Р. Ю. Райков
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна

АНАЛІЗ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ТАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ (БЛИЖНЬОЇ ДІЇ) РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Анотація. Предметом вивчення в статті є тактико-технічні характеристики та тактика застосування основних засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) ближньої дії (окопний РЕБ), які застосовують збройні сили російської федерації (рф) в російсько-українській війні. **Метою** є аналіз тактико-технічних характеристик основних засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) та їх тактики застосування. **Завдання:** ідентифікація та класифікація засобів РЕБ збройних сил рф, аналіз основних технічних параметрів засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ), дослідження стратегій застосування засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) у бойових діях. Використовуваними **методами** є: порівняльний аналіз, методи кластеризації даних, аналітичні та емпіричні методи аналізу застосування засобів РЕБ у російсько-українській війні. Отримані такі **результати.** Проведений структурований аналіз тактико-технічних характеристик та тактики застосування засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) збройних сил рф, наведені їх переваги та недоліки, сформувані пропозиції щодо шляхів подальших досліджень. Практична значимість отриманих результатів в майбутньому може стати основою для удосконалення існуючих ударних FPV-дронів, які застосовуються Збройними Силами України, а саме: обґрунтування шляхів протидії у разі подавлення їх каналу управління засобами РЕБ. **Висновки.** Аналіз тактико-технічних характеристик та тактики застосування засобів РЕБ рф ближньої дії (окопний РЕБ) показав, що засоби РЕБ такого типу є одним із дієвих інструментів протидії ударним FPV-дронам, які в свою чергу суттєво впливають на хід сучасних військових операцій. З початком широкомасштабного вторгнення збройних сил рф на територію України, засоби РЕБ, які були проаналізовані в роботі постійно удосконалювалися з точки зору їх параметрів та тактики застосування в бойових умовах. Також суттєво були збільшені кількісні показники їх виробництва рф, розроблена значна кількість нових комплексів. Слід констатувати, що засоби РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) становлять суттєву загрозу в сучасних умовах ведення бойових дій. Показовим чинником актуальності даного напрямку досліджень є той факт, що збройні сили рф з великою інтенсивністю удосконалюють засоби РЕБ, з метою відповідності їх параметрів та тактики застосування сучасним умовам сьогодення в військових операціях. Отже, на теперішній час Збройні Сили України мають виклики щодо протидії засобам РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ), водночас жодна країна світу не мала такого досвіду протидії, тому отримані наукові результати в майбутньому можуть стати підґрунтям для розробки шляхів вирішення даного проблемного питання.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, FPV-дрон, окопний РЕБ, радіоелектронна боротьба, тактико-технічні характеристики, тактика застосування.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Аналіз сучасних військових конфліктів у двадцять першому столітті, як локальних так і глобальних, показав, що протистояння сторін все більше переходить у площину радіоелектронного протистояння, де вирішальну роль відіграють засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ) [1]. РЕБ – це комплекс скоординованих дій підрозділів Збройних Сил (ЗС), спрямованих на отримання інформації про місцезнаходження радіоелектронних засобів (РЕЗ), систем управління військами та озброєнням противника, а також їхнє знищення, виведення з ладу або захоплення шляхом радіоелектронного подавлення. Водночас РЕБ включає заходи щодо захисту власних РЕЗ, систем управління від впливу радіоелектронної розвідки противника та контррадіоелектронної протидії [2].

РЕБ передбачає використання радіо та електромагнітних сигналів для захисту або порушення роботи комунікацій та обладнання. Структурно РЕБ складається з трьох основних напрямів: радіоелектронна атака, радіоелектронний захист та радіоелектронна підтримка. Радіоелектронна атака спрямована на ураження радарів, комунікаційних і навігаційних систем противника за допомогою радіохвиль для подавлення, з метою зниження їхньої ефективності або повного виведення з ладу. На противагу цьому,

радіоелектронний захист зосереджений на захисті від зазначених спроб подавлення противником, забезпечуючи функціонування комунікацій та систем навіть в умовах завад. Радіоелектронна підтримка включає в себе виявлення та локалізацію електромагнітних випромінювань, що в свою чергу, на практиці призводить до неузгодженості з радіоелектронною розвідкою, оскільки обидва напрями пов'язані з перехопленням використання електромагнітного спектру противником. Слід зазначити, що різниця між радіоелектронною підтримкою та радіоелектронною розвідкою є суттєвою, яка визначається метою, масштабом та контролюючою стороною військової операції. Наприклад, у Сполучених Штатах Америки (США) радіоелектронна підтримка здебільшого обслуговує тактичні потреби командирів підрозділів в районах ведення бойових дій, проте, як радіоелектронна розвідка виконує функцію збору розвідувальних даних, на стратегічному рівні, підпорядковану окремим міністерствам [1].

У процесі сучасних бойових дій, зокрема вразовуючи досвід російсько-української війни, спостерігається значне розширення номенклатури засобів РЕБ, які можуть бути застосовані як на стратегічному, так і на тактичному рівнях. Одними із основних компонентів засобів РЕБ збройних сил російської федерації (рф) є комплекси для радіоелектронного подавлення, радіоелектронної розвідки та

системи для захисту власних комунікаційних та розвідувальних мереж від впливу противника. Важливим є те, що використання цих систем дозволяє рф не лише обмежувати можливості українських сил безпеки і оборони у маневрах та координації дій, але й дезорієнтувати їх у плануванні операцій [3].

Необхідно врахувати той факт, що досвід російсько-української війни значно вплинув на концепцію тактики застосування військ у сучасних світових війнах. Це в свою чергу пов'язано з великою інтенсивністю застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) різних типів, а саме ударних FPV-дронів. Слід констатувати, що в протипагу зазначеному, збройні сили рф системно застосовують на всіх рівнях засоби РЕБ.

Таким чином, виникає актуальна задача дослідження тактико-технічних характеристик (ТТХ) засобів РЕБ збройних сил рф та їх тактики застосування в бойових умовах, як на тактичному, так і на оперативному рівнях. В рамках даної публікації автори обмежуються аналізом засобів РЕБ та їх тактики застосування на тактичному рівні, які є основним протидіючим фактором в боротьбі із ударними FPV-дронами.

Даний напрям досліджень є актуальним у контексті російсько-української війни, оскільки отримані результати можуть стати підґрунтям, що дозволить в майбутньому удосконалити тактику застосування підрозділів. А використання FPV-дронів може, в свою чергу, зміцнити здатність ЗС України ефективно протистояти в умовах інтенсивного радіоелектронного подавлення засобів озброєння і військової техніки (ОВТ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з широкомасштабним застосуванням ЗС України ударних FPV-дронів для досягнення переваги на полі бою, виникає нагальна потреба аналізу ТТХ та тактики застосування засобів РЕБ збройними силами рф. Це в свою чергу обумовлено потребою постійного удосконалення можливостей ударних FPV-дронів в умовах бойових дій та протидії засобам РЕБ противника. Відповідно, у даному дослідженні автори фокусуються на вивченні різних аспектів застосування засобів РЕБ на тактичному рівні в рамках військових операцій. На теперішній час, тематиці досліджень присвячено значний ряд робіт. Детальному аналізу підлягали роботи [4–9].

Так, у роботі [4] проведено аналіз сучасних методів РЕБ, їх технічних характеристик та ефективності застосування. Розглянуто різні типи засобів РЕБ, зокрема активні та пасивні системи, що застосовуються для захисту від радіолокаційного виявлення. Також досліджено проблеми, які виникають під час використання РЕБ як військовими, так і цивільними організаціями. Наведено приклади сучасних технологій використання засобів РЕБ, а також способи маскування об'єктів від виявлення радіолокаційними системами противника. Крім того, проаналізовано роль засобів РЕБ у сучасних умовах, підкреслюючи їх важливість для збереження життя і здоров'я особового складу підрозділів, знищення техніки противника та виконання бойових завдань. Також у науковій статті наведені основні методи

протидії РЕБ. Для забезпечення працездатності електронних систем в умовах впливу радіосигналів використовуються такі методи, як комплексний технічний контроль, маскування, захист від кібератак, системи захисту від електромагнітного імпульсу та резервні системи зв'язку й комунікацій.

У [5] автори дослідили сучасні методи РЕБ та їх вплив на перебіг бойових дій. Актуальність цього дослідження визначається зростаючою роллю РЕБ у сучасних локальних конфліктах та війнах. У роботі наведені такі ключові аспекти, як російські методи РЕБ, а саме: аналіз основних розробок та їх роль у військових операціях, західні методи РЕБ, в рамках огляду провідних розробок та їх застосування у сучасних війнах. Також надано порівняння російських і західних підходів до РЕБ та зроблено прогнози щодо їх подальшого розвитку. Окремо досліджено сучасні характеристики РЕБ, зокрема використання мобільних систем, їх гнучкість і інтеграція з іншими технологіями. Особливу увагу приділено питанням захисту від РЕБ.

Автори роботи [6] виклали матеріали, які є інструментом для аналізу та порівняння різних типів систем РЕБ та радіолокаційних засобів. Зміст публікації охоплює ключові технічні параметри, необхідні для розробки та удосконалення сучасних систем РЕБ, зокрема ефективність засобів подавлення та захисту, методи інтеграції з іншими системами озброєння та технологічні інновації. У контексті наукових публікацій, цей посібник може бути використаний як джерело для оцінки ефективності нових розробок, їхнього впливу на оперативні можливості військ та удосконалення засобів радіоелектронного захисту.

У [7] було розглянуто прогрес рф в адаптації інноваційних підходів до ведення війни, зокрема в мережецентричних технологіях та використанні інформаційного середовища. Головний акцент у роботі робиться на інтеграцію автоматизованих систем управління, розвідки, спостереження та зв'язку, що дозволяє збройним силам рф покращити швидкість прийняття рішень і посилює їх здатність до швидкого реагування. Автори роботи наголошують, що рф успішно скорочує розрив між теоретичними напрацюваннями військової науки та практичним використанням можливостей засобів. Особливо це помітно у застосуванні концепції “множників сили” – комплексного підходу, що дозволяє підвищити ефективність військових операцій. Попри це у роботі висвітлені висновки, що використання російських засобів РЕБ на південному сході України не створює значних загроз для країн-членів НАТО, оскільки Альянс володіє набагато сучаснішими технологіями. Крім того, автори вважають, що заяви офіційних представників рф про повну здатність технічно подавлювати електромагнітний спектр є перебільшеннями.

У науковій публікації [8] проведений аналіз застосування збройними силами рф засобів РЕБ під час збройної агресії проти України. Розглядається призначення та надані зображення основних сучасних систем та комплексів РЕБ рф, які були виявлені на території України з початку повномасштабного вторгнення збройних сил рф на території України.

Автори роботи [9] зосереджували дослідження на аналізі новітніх засобів РЕБ рф оперативного рівня, включаючи їх порівняльний аналіз та оцінку можливостей подавлення та їх функціональні можливості в районах ведення бойових дій. У дослідженні зроблено висновки щодо потенційних стратегій підвищення ефективності українських засобів РЕБ. Автори також звертають увагу на тенденції розвитку РЕБ та новітніх систем управління військами і зброєю в провідних країнах світу. Аналіз цих тенденцій вказує на необхідність перегляду традиційних підходів до ведення РЕБ у сучасних умовах та у майбутньому. Запропоновані шляхи модернізації та удосконалення засобів РЕБ, щоб відповідати вимогам сучасних викликів на полі бою. Це вимагає асиметричного і випереджувального підходу до розвитку засобів РЕБ у відповідь на глобальні тенденції.

Таким чином, аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що на теперішній час присвячена достатня кількість наукових робіт в яких дослідженні ТТХ існуючих засобів РЕБ рф. Проте, переважна більшість робіт присвячена дослідженням засобів РЕБ оперативного та стратегічного призначення. Слід зазначити, що в роботах, які підлягали аналізу не були розглянуті питання аналізу засобів РЕБ тактичного призначення, а питання тактики застосування взагалі не були висвітлені в жодній публікації. Враховуючи той факт, що використання ударних FPV-дронів з початком широкомасштабного вторгнення збройних сил рф на територію України носить системний характер та є ефективним засобом ураження противника, постає актуальна задача дослідження методів і способів протидії засобам РЕБ противника. Отже, отримані результати досліджень є актуальними та можуть стати підґрунтям для розробки пропозиції щодо протидії засобам РЕБ рф або удосконалення ударних FPV-дронів.

Мета статті полягає в аналізі ключових тактико-технічних характеристик та тактики застосування основних російських засобів РЕБ ближньої дії (окопних РЕБ).

Основна частина

1. Класифікація засобів РЕБ збройних сил рф. Війська РЕБ збройних сил рф – це структурний підрозділ РЕБ спеціальних військ збройних сил рф. Підрозділи військ РЕБ виконують завдання, спрямовані на досягнення переваги в електромагнітному спектрі, забезпечення захисту власних систем управління військами і озброєнням від впливу радіоелектронних перешкод противника, а також порушення функціонування систем управління військами противника і зниження ефективності використання його бойових засобів.

До структурних підрозділів РЕБ збройних сил рф належать: батальйони, вузли (центра), роти, авіаційні ланки РЕБ тощо.

Основу сил РЕБ рф становлять наземні та авіаційні частини і підрозділи, що входять до складу об'єднань і з'єднань різних видів та родів військ збройних сил рф. Засоби РЕБ утворюють систему озброєння РЕБ, яка включає сукупність технічних

засобів підрозділів РЕБ, а також бортові системи РЕБ, які призначені для індивідуального захисту ОВТ (ракетних комплексів, бойових літаків, вертольотів, кораблів, броньованих машин тощо) від засобів розвідки та високоточної зброї.

Класифікація засобів РЕБ рф включає кілька основних категорій, які ґрунтуються на їхніх функціях, призначенні та типах носіїв. Зазвичай, засоби РЕБ рф класифікують за такими показниками [10].

За дальністю застосування засоби РЕБ рф поділяються на [10]:

- стратегічного застосування;
- оперативного застосування;
- тактичного застосування;
- ближньої дії (окопний РЕБ).

За місцем базування засоби РЕБ рф класифікують [10]:

- наземні засоби;
- авіаційні засоби;
- морські засоби;
- космічні та повітряно-космічні засоби;
- мобільні засоби.

За функціональним призначенням засоби РЕБ класифікують таким чином [10]:

- перешкод наземним засобам;
- перешкод авіаційним засобам;
- перешкод морським засобам;
- радіоелектронного захисту.

До засобів РЕБ рф належать [10]:

- спеціальна наземна техніка перешкод;
- техніка управління перешкодами;
- системи радіорозвідки та пеленгування;
- передавачі перешкод;
- техніка радіо-, радіотехнічного контролю;
- авіаційні та корабельні бортові засоби перешкод.

Досвід російсько-української війни свідчить, що однією з основних рис ведення бойових дій (операцій) є широке застосування обома сторонами цієї війни БпЛА військового призначення різних типів. Нарощування їх кількісно-якісного складу, надання їм властивостей ударної зброї та масоване застосування на полі бою обумовило зміни в характері збройної боротьби, формах та способах застосування військ (сил).

Одним із шляхів зменшення бойових можливостей БпЛА є побудова та застосування відповідної РЕБ та її інтеграція в систему протиповітряної оборони (ППО). Слід констатувати, що збройні сили рф постійно адаптують свою систему під сучасні виклики та загрози. Для визначення вимог до ОВТ необхідно знати спроможності ворога. Це є первинною основою подальших досліджень. З урахуванням первинності характеристик ОВТ противника, а саме засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) доцільним є провести аналіз основних ТТХ зазначених засобів.

2. Аналіз ТТХ існуючих засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ). Використання ударних FPV-дронів (First Person View) у військових операціях на території України носить оперативне та тактичне значення. У контексті війни в Україні, де бойові дії ведуться у різноманітних умовах та терито-

ріальних обмеженнях, ударні FPV-дрони стають важливим інструментом для обох сторін цієї війни. Головне завдання засобу РЕБ протидії БпЛА – це захист особового складу та військової техніки від БпЛА супротивника різних типів. Засоби РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) є універсальними комплексами для протидії ударних FPV-дронів, у вигляді комплексу встановленого на даху транспортного засобу, в окопі (бліндажу) або використання особовим складом у вигляді переносного комплексу.

Під засобами РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) в рамках даної публікації розуміється – спеціалізований пристрій, призначений для подавлення каналу управління БпЛА на відстані до 2000 метрів. Основна мета застосування засобів окопного РЕБ – це забезпечення протидії від знищення ударними БпЛА стаціонарних укріплень, ОВТ та особового складу [11].

Основні вимоги до засобів РЕБ рф ближньої дії (окопний РЕБ):

- забезпечення ефективного подавлення каналів управління та навігації БпЛА на відстань не менше 2000 метрів, що в свою чергу дозволяє своєчасно нейтралізувати загрози від ударних FPV-дронів;
- спрямованість сигналу, із застосуванням високонаправлених антен, що в свою чергу дозволяє сконцентрувати енергію випромінювання на конкретному БпЛА, зменшуючи при цьому ймовірність виявлення засобу РЕБ;
- широкий частотний діапазон подавлення сигналів;
- мала вага та розміри;
- забезпечення достатнього енергопотенціалу (потужні акумуляторні батареї);
- наявність режимів імітації перешкод;
- стійкість до різних кліматичних умов та впливу електромагнітного випромінювання;
- простота управління;
- відсутність впливу електромагнітного випромінювання на оператора під час тривалого застосування;
- можливість швидкого розгортання в різних умовах бойового середовища.

Аналіз засобів РЕБ рф щодо протидії БпЛА дозволив зробити висновки стосовно застосування певних заходів, які здійснюються для протидії, а саме:

- створення загороджувальних завад на частотах, які використовуються цивільними засобами зв'язку для управління БпЛА (типів частоти стільникового та транкінгового зв'язку, 3G, 4G, 5G, мережі Wi-Fi, Wi-Max тощо);
- виявлення параметрів спеціалізованих каналів радіоуправління (КРУ) БпЛА та створення радіоелектронних завад, спрямованих за частотою та структурою сигналу КРУ (включаючи й КРУ у режимі з перебудовою частоти);
- формування шумових завад, спрямованих за частотами найбільш поширених супутникових радіонавігаційних систем (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo тощо);
- створення імітаційних завад, спрямованих за частотою та структурою незахищених каналів найбільш поширених супутникових радіонавігаційних систем (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo тощо).

Застосування засобів РЕБ, як протидії БпЛА, порівняно із засобами вогневого ураження має наступні переваги:

- під час застосування засоби РЕБ не витрачають жодних матеріальних ресурсів ураження, а лише відновлюваний ресурс електромагнітної енергії;
- сучасні засоби РЕБ здатні формувати широкий спектр радіоелектронних завад, адаптивно обираючи ті, які є максимально ефективними проти конкретних об'єктів подавлення;
- засоби РЕБ мають площинний ефект, що дозволяє одночасно уражати велику кількість БпЛА зі схожими радіоелектронними параметрами;
- за умови успішного розпізнавання цілей як окремих випромінювальних радіоелектронних об'єктів (ВРЕО), засоби РЕБ можуть бути вибірко-вими, подавляючи лише ВРЕО з певними параметрами, наприклад, пункти управління БпЛА, які формують систему керування зі специфічною структурою сигналів;
- у деяких випадках, за умови успішного виявлення структури сигналів та формату переданих повідомлень у системі керування та навігаційному каналі, засоби РЕБ дозволяють перехопити управління БпЛА та нав'язати йому хибну траєкторію польоту.

Далі більш детально розглянемо ТТХ основних засобів РЕБ, які використовуються збройними силами рф в російсько-українській війні. У межах даної публікації, засоби РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) розподіляються на дві групи:

- пересувні засоби РЕБ (кругова діаграма спрямованості сигналу);
- переносні засоби РЕБ (направлена діаграма спрямованості сигналу).

Першим у роботі проведений аналіз засобів РЕБ, які відносяться до групи пересувних засобів.

Мобільний комплекс РЕБ “Леер-2” (рис. 1) призначений для проведення радіоелектронної розвідки, постановки радіоелектронних перешкод РЕЗ, імітації роботи РЕЗ, а також оцінювання електромагнітної обстановки при проведенні заходів бойової підготовки. Розробник – ВАТ Всеросійський науково-випробувальний інститут “Еталон” (м. Москва). Прийнятий на озброєння у 2013 році. Екіпаж комплексу 2 чоловіка (водій та оператор-офіцер) [12].



Рис. 1. Мобільний комплекс РЕБ “Леер-2” [12]

Основні ТТХ мобільного комплексу РЕБ “Леер-2” наведені в табл. 1 [12]. Загалом, мобільний комплекс РЕБ “Леер-2” характеризується високою мобільністю, точністю та здатністю ефективно діяти в широкому діапазоні частот, що робить його придатним для широкого спектра радіоелектронних задач.

Таблиця 1 – Тактико-технічні характеристики мобільного комплексу РЕБ “Леер-2” [12]

Характеристика	Значення
Діапазон частот радіо- і радіотехнічного контролю, МГц	0,1 – 18000
Точність навігаційної прив'язки, м	>15
Час розгортання, хв	10
Потужність випромінювання, Вт: для дахових антен для щоглових антен	не менше 200 не менше 500
Точність пеленгування, град: для дахових антен для щоглових антен	3 2
Швидкість огляду по частоті під час виявлення з пеленгування, МГц/с	не менше 2000
Електроживлення: від промислової мережі:	380 В 50 Гц 380 В
Сумарна потужність, яка споживається, кВт	до 4,5
Базове шасі	ГАЗ-2330 “Тигр”

Комплекс РЕБ БпЛА “Шиповник-Арео” (рис. 2) призначений для радіоподавлення (блокування) каналів управління БпЛА. Розробник – “Объединенная приборостроительная корпорация” (м. Москва).



Рис. 2. Комплекс РЕБ з БпЛА “Шиповник-Арео” [12]

Можливості комплексу “Шиповник-Арео”:

– автоматизований пошук, виявлення, пеленгування, ідентифікація і визначення типів сигналів працюючих ліній управління БпЛА;

– формування списку частот, його класифікація, перехоплення, аналіз і визначення характеристик каналу управління БпЛА;

– радіоподавлення каналів управління БпЛА шляхом комплексного застосування трьох методів: блокування каналу навігації за рахунок постановки перешкод навігаційному полю GPS, радіоелектронному подавленню каналу управління БпЛА, перехоплення управління БпЛА за рахунок введення в канал управління корекції.

У табл. 2 наведені основні ТТХ комплексу РЕБ з БпЛА “Шиповник-Арео” [12].

Таблиця 2 – Тактико-технічні характеристики комплексу РЕБ з БпЛА “Шиповник-Арео” [12]

Характеристика	Значення
Діапазон частот радіо- і радіотехнічного контролю, МГц	25–2500
Діапазон робочих частот РЕП управління БпЛА, МГц	400–500, 800–925, 2400–2485
Час виявлення БпЛА, сек	близько 25
Час виявлення БпЛА, якщо частоти відомі заздалегідь, мкс	близько 700
Точність пеленгування, град	2–3
Час на розгортання станції, хв	20–40
Екіпаж машини, чол.	3 (водій, 2 оператора)

Ці характеристики демонструють, що комплекс РЕБ “Шиповник-Арео” є ефективним інструментом для виявлення, пеленгування та подавлення сигналів управління БпЛА, проте потребує певного часу на розгортання та налаштування, що робить його відносно вразливою ціллю для ураження. Слід зазначити, що діапазон робочих частот комплексу обмежує його застосування в сучасних умовах ведення бойових дій.

На рис. 3 представлений переносний комплекс “Стриж”. Він призначений для автоматичного виявлення сигналу управління БпЛА, блокуванню виявлених сигналів або сигналів навігації.



Рис. 3. Переносний комплекс “Стриж” [12]

У табл. 3 наведені основні ТТХ переносного комплексу “Стриж” [12]. Враховуючи відносно невеликі габаритні показники та сектор подавлення, зазначений комплекс є доволі дієвим засобом для протидії БпЛА в межах взводного опорного пункту.

Таблиця 3 – Тактико-технічні характеристики переносного комплексу “Стриж” [12]

Характеристика	Значення
Системи навігації, які подавляються	GPS, Глонас
Діапазон робочих частот подавлення, МГц	433, 868, 1575, 1600, 2400, 5800
Дальність дії, м	до 1000
Сектор подавлення, град	360
Розмір, см	35×35×170
Вага, кг	46

На рис. 4 до вашої уваги представлений подавлювач БпЛА “Серп-ВС6”, який призначений для подавлення каналів управління БпЛА, та заваді роботи приймача сигналів навігаційних супутникових систем на відстані до 5 кілометрів.



Рис. 4. Подавлювач БпЛА ‘Сerp-BC6’ [12]

У табл. 4 наведені основні ТТХ подавлювача БпЛА ‘Сerp-BC6’ [12]. Дальність дії даного засобу РЕБ та його різноманітність щодо діапазону робочих частот надає йому основну перевагу в порівнянні із іншими розглянутими засобами.

Таблиця 4 – Тактико-технічні характеристики подавлювач БпЛА ‘Сerp-BC6’ [12]

Характеристика	Значення
Діапазон робочих частот подавлення, МГц	430–470, 840–910, 925–960, 1160–1280, 1570–1610, 2400–2500, 2500–2600, більше 5715
Дальність дії, м	до 5000
Сектор подавлення, град	360
Випромінююча потужність, Вт	до 80
Вага, кг	10

На рис. 5 зображений мобільний комплекс ‘Патруль’, який розгортається на шасі легкових автомобілів типу ‘Пікап’. Він призначений для ведення безперервного радіоспостереження, виявлення сигналів управління БпЛА та формування сигналів протидії. У табл. 5 наведені основні ТТХ мобільного комплексу ‘Патруль’ [12]. Особливістю даного комплексу РЕБ є його розгортання на шасі легкових авто. Параметри даного комплексу дозволяють здійснювати протидію БпЛА на великій відстані, що в свою чергу надає можливості розгортати комплекс на великій відстані від лінії бойового зіткнення. Це робить його відносно захищеним від ураження.



Рис. 5. Мобільний комплекс ‘Патруль’

Таблиця 5 – Тактико-технічні характеристики мобільного комплексу ‘Патруль’ [12]

Характеристика	Значення
Системи навігації, які подавляються	GPS, Глонас, Galileo (L1, E1, G1), BeiDou
Діапазон робочих частот подавлення, МГц	400–6000, Wi-Fi, LTE
Автономність, хв	до 40
Дальність дії, м	до 25000
Сектор подавлення, град	360

За результатами аналізу пересувних засобів РЕБ збройних сил рф можливо зробити такі висновки:

- широкий діапазон частот у більшості розглянутих засобів РЕБ дозволяє ефективно подавляти як навігаційні, так і комунікаційні системи БпЛА, що робить їх універсальними для різних ситуацій;

- мобільність пересувних засобів РЕБ забезпечується компактними розмірами і можливістю встановлення на різні типи шасі, що дозволяє швидко переміщувати системи в район застосування та оперативно реагувати на загрози;

- антени кругової діаграми спрямованості у більшості комплексів дозволяють створювати повне подавлення в радіусі їх дії, забезпечуючи надійний захист у будь-якому напрямку, що є особливо важливим у динамічних бойових умовах;

- точність виявлення та пеленгування радіосигналів підвищує ефективність протидії БпЛА, дозволяючи швидко виявляти джерела загроз та їх подавляти.

Отже, пересувні засоби РЕБ демонструють високу ефективність у сучасних бойових умовах, особливо у протидії БпЛА, завдяки своїй мобільності, дальності дії та здатності до адаптації до різних типів загроз.

Далі аналізу підлягають малогабаритні переносні засоби РЕБ у форматі різного роду ‘електронних автоматів’ або ‘електронних гвинтівок’, які регулярно презентуються у рф починаючи із 2015 року, коли проблемі протидії БпЛА почали приділяти підвищену увагу. Відмінними рисами цих переносних комплексів РЕБ, у порівнянні з пересувними є:

- відсутність будь-якої розвідувальної підсистеми, що дозволяє виявляти параметри каналів управління БпЛА;

- використання для подавлення шумових завад, спрямованих на найпоширеніші частоти каналів навігації та каналів зв’язку з БпЛА;

- низький енергопотенціал, що зумовлює малу дальність дії;

- використання спрямованих антенних систем, які співпадають за орієнтацією з напрямком самого пристрою;

- використання у складі засобів РЕБ акумуляторних батарей з обмеженим зарядом – на декілька годин епізодичного застосування;

- для деяких мобільних засобів РЕБ вказуються медичні обмеження щодо тривалості використання цих пристроїв оператором через негативний вплив електромагнітного випромінювання.

Для прикладу, у роботі наведені ТТХ трьох переносних комплексів РЕБ збройних сил рф.

Переносний комплекс ‘Піщаль-ПРО’ (рис. 6) призначений для зриву польотного завдання БпЛА, шляхом подавлення каналів зв’язку, управління та навігації. У табл. 6 наведені основні ТТХ переносного комплексу ‘Піщаль-ПРО’ [12].



Рис. 6. Переносний комплекс ‘Піщаль-ПРО’ [12]

Таблиця 6 – Тактико-технічні характеристики переносного комплексу “Піщаль-ПРО” [12]

Характеристика	Значення
Системи навігації, які подавляються	GPS, Глонас, Galileo, BeiDou
Діапазон робочих частот подавлення, МГц	433, 915, 1500, 2400, 5800
Автономність, хв	до 60
Дальність дії, м	до 2000
Ємність вбудованої АКБ, А/ч	10
Розмір, см	200×240×930
Вага, кг	3,2

На рис. 7 зображено переносний комплекс комплексу “Стиллет”. Його призначення тотожне комплексу “Піщаль-ПРО”. У табл. 7 наведені основні ТТХ переносного комплексу “Стиллет” [12].



Рис. 7. Переносний комплекс “Стиллет” [12]

Таблиця 7 – Тактико-технічні характеристики переносного комплексу “Стиллет” [12]

Характеристика	Значення
Системи навігації, які подавляються	GPS, Глонас, Galileo, BeiDou
Діапазон робочих частот подавлення, МГц	390–490, 850–1400, 2200–2400
Автономність, хв	до 40
Дальність дії, м	до 1000
Ємність вбудованої АКБ, А/ч	-
Розмір, см	-
Вага, кг	9

На рис. 8 зображено переносний комплекс боротьби з БпЛА “Праща-01”. Він призначений для подавлення каналів зв'язку, управління та навігації БпЛА. У табл. 8 наведені основні ТТХ переносного комплексу боротьби з БпЛА “Праща-01” [12].



Рис. 8. Переносний комплекс боротьби з БпЛА “Праща-01” [12]

Таблиця 8 – Тактико-технічні характеристики переносного комплексу боротьби з БпЛА “Праща-01” [12]

Характеристика	Значення
Системи навігації, які подавляються	GPS, Глонас, Galileo, BeiDou
Діапазон робочих частот подавлення, МГц	400–5800
Автономність, хв	до 60
Дальність дії, м	до 2500
Сектор подавлення, град	20
Розмір, см	260×900×140
Вага, кг	7

Аналіз відмінних рис переносних комплексів РЕБ та їхніх ТТХ дозволяє зробити висновок, що ці засоби є найменш “інтелектуальними” та найменш ефективними при вирішенні завдання протидії малим БпЛА. З одного боку, простота та мобільність цих засобів дозволяє їх використовувати окремими операторами без спеціалізованої підготовки. З іншого боку, ці засоби можуть застосовуватися лише епізодично і орієнтовані на найпростіші БпЛА. Використання даними типами засобів направленої діаграми спрямованості, потребують постійного візуального спостереження та супроводу БпЛА, що в реальних бойових умовах стає важкою задачею для оператора.

Відсутність у функціоналі розглянутих засобів РЕБ режимів формування імітуючих завад по каналу навігації, призводить до того, що стратегія руху БпЛА в умовах шумового подавлення каналів управління та навігації стає фактично непередбачуваною. Незважаючи на заявлені виробниками таких пристроїв ефекти, як падіння БпЛА, приземлення БпЛА або повернення БпЛА до пункту управління, фактична стратегія руху БпЛА визначається виключно його програмою дій у разі втрати зв'язку і може суттєво відрізнятись від зазначених, аж до продовження польоту відповідно до задалегідь заданої програми.

Таким чином, слід констатувати, що у випадках великої інтенсивності ведення бойових дій, розглянуті засоби РЕБ є малоефективними та потребують постійного супроводження БпЛА оператором

3. Тактика застосування засобів РЕБ рф. Російсько-українська війна – це війна технологій, людського ресурсу та мотивації. У цьому контексті засоби РЕБ відіграють важливу роль у військових операціях як технологічний елемент. Новітні комплекси РЕБ рф (засоби РЕБ ближньої дії) мають можливість вибіркового подавлення сигналів, спрямовуючи свою потужність лише на певні частоти, на яких працюють системи зв'язку, БпЛА тощо. Наприклад, квадрокоптери типу Mavic 3 використовують частотні діапазони 2,4 ГГц і 5,8 ГГц, і сучасні засоби РЕБ рф здатні створювати спрямовані перешкоди лише на цих частотах, не впливаючи на інші діапазони [13].

Для розуміння відмінностей в тактиці застосування засобів РЕБ збройними силами рф в російсько-українській війні, розглянемо два стислих приклади тактики застосування засобів РЕБ збройними силами США в Іраку (1991 рік) та збройними силами рф у війні в Грузії (2008 рік). Під час операції “Буря в пустелі” збройні сили США використовували РЕБ як ключовий елемент для нейтралізації засобів зв'язку і систем управління збройних сил Іраку. Тактика застосування полягала у тому, що перед початком активних бойових дій підіймався в повітря спеціальний літак РЕБ, призначений для подавлення радіоелектронних сигналів на широкому діапазоні частот, які використовували збройні сили Іраку [14].

Літак РЕБ створював інтенсивні перешкоди на всіх частотах, що унеможливило координацію дій іракських військ та їх ефективне управління. Після цього проводився масований пуск крилатих ракет, які вражали ключові цілі, в тому числі радіолокаційні станції (РЛС) та системи ППО. Наступним етапом,

авіація США наносила удари по залишкових об'єктах та військових підрозділах, які були позбавлені можливості ефективно оборонятись через порушення системи управління. Така послідовність – спочатку подавлення засобів зв'язку РЕБ, потім застосування високоточної зброї і авіації – дозволяла знизити бойові можливості військових сил Іраку і забезпечити успіх військової операції. Проте, збройні сили США не мали в арсеналі окопних або малогабаритних засобів РЕБ для ближнього застосування, які б могли ефективно працювати на тактичному рівні безпосередньо в зоні бойових дій, і цей аспект і на теперішній час залишається недостатньо розвиненим у їхній тактиці застосування засобів РЕБ [14].

Слід зауважити, що подібна ситуація спостерігається і в європейських країнах членів НАТО, де виробники переважно зосереджували свою увагу на розробці засобів радіоелектронної розвідки. Ці засоби спеціалізуються на перехопленні сигналів і розкритті планів противника, надаючи інформацію для стратегічного аналізу. Дана ситуація становить певні виклики та загрози для сучасних військових операцій, водночас, міжнародні партнери України усвідомлюють цю проблему.

У ході війни в Грузії в 2008 році збройні сили рф зіткнулися з проблемою, коли використання літаків Ан-12ПП для подавлення грузинських РЛС призводило до впливу не лише на ворожі системи, а й на російські станції, що знаходилися на відстані 100–120 км від зони постановки перешкод. Аналогічні ситуації виникали при застосуванні наземних комплексів РЕБ, які одночасно порушували лінії зв'язку як грузинських, так і російських військ [10]. Попри намагання вирішити цю проблему шляхом підвищення точності та селекції радіоелектронних ударів, рф на момент широкомасштабного вторгнення збройних сил рф у лютому 2022 року не вдалося досягти ефективного вирішення. Крім того, при розробці нових комплексів РЕБ було недостатньо враховано наявність у зоні конфлікту цивільних радіоелектронних засобів зв'язку, які використовуються службами екстреної допомоги, рятувальними підрозділами, поліцією тощо. Дані канали зв'язку є важливими для координації дій в умовах військових операцій, що створило додаткові виклики та загрози для російських військових. Для вирішення даної проблеми збройні сили рф почали системно застосовувати засоби РЕБ ближньої дії під час російсько-української війни. Таким чином, дослідження питань тактики застосування засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) є актуальною задачею, питанням дослідження якої на теперішній час присвячена обмежена кількість робіт.

Тактика застосування засобів РЕБ рф під час ведення бойових дій включає кілька основних етапів, які забезпечують ефективність та максимальну результативність їх використання.

По-перше, перед надходженням засобів РЕБ до військових підрозділів збройних сил рф, вони проходять всебічні випробування в лабораторних умовах, а також тестуються на полігонах за участю операторів БпЛА. Лише після цього засоби РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) передаються для використання в бойових умовах.

Як вже було зазначено, дані засоби РЕБ були випробувані на полігонах і демонструють ефективність у реальних умовах бойових дій. Окопні засоби РЕБ активно застосовуються різними підрозділами збройних сил рф для захисту власних позицій, особового складу та військової техніки від загроз, які надходять від БпЛА.

По-друге, засоби РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) підрозділи збройних сил рф розгортають вздовж лінії бойового зіткнення біля взводних опорних пунктах, спостережних постів. Також зазначені засоби РЕБ встановлюються на автомобілях, бойових броньованих машинах. Переносні комплекси РЕБ застосовуються окремим особовим складом, який має спеціальну підготовку щодо його застосування. Слід зауважити, що незважаючи на простоту використання переносних засобів РЕБ, при застосуванні їх ненавченим особовим складом, виникають труднощі пов'язані із візуальним виявленням БпЛА і його подавленням. Це пов'язане із неправильним розумінням оператора, а саме як правильно використовувати переносні комплекси РЕБ у яких використовується спрямована діаграма направлення подавляючого сигналу. У сфері РЕБ методи розгортання систем радіоелектронного подавлення значно відрізняються залежно від типу, класу та конструктивних особливостей цих систем. Мобільні системи, навпаки, мають широкий арсенал засобів переміщення. Це можуть бути причепи, вантажні автомобілі, пікапи або бойові броньовані машини. Завдяки своїй маневреності, ці системи є найбільш адаптивними та малопомітними засобами РЕБ, здатними виконувати різноманітні бойові завдання в умовах ведення бойових дій.

Засоби РЕБ, які розгорнуті на взводних опорних пунктах, спостережних постах, автомобілях в більшості випадків виявляють БпЛА до моменту їх візуального контакту та нейтралізують їх на безпечній відстані. Залежно від типу БпЛА, він здійснить аварійну посадку, повернеться на місце запуску або буде знесений вітром. У будь-якому випадку, БпЛА не зможе виконати своє завдання за призначенням.

Однак, дані засоби РЕБ здатні виконувати й інші завдання: дезорієнтувати розвідувальні БпЛА або створювати хибні цілі для ударних FPV-дронів.

Радіус дії засобів РЕБ залежить від їхнього типу та потужності: окопні системи мають менший радіус, а тактичні – більший. Дані засоби використовують принцип модуляції, змінюючи характеристики сигналу під час передачі. Іншим тактичним завданням є блокування зв'язку між бойовими підрозділами на невеликих відстанях. Окопні засоби РЕБ мають низку характеристик, що роблять їх ефективними у боротьбі з сучасними електронними загрозами. Висока мобільність та можливість швидкого розгортання поблизу зони бойових дій є їхніми ключовими перевагами. Окопні системи РЕБ здатні забезпечити надійний захист військових об'єктів вздовж ліній бойового зіткнення. Для окопних засобів РЕБ характерне розташування на відстані 50–100 метрів від об'єкта (наприклад, бліндажу або опорного пункту). Оператори переміщують військову техніку для укриття або безпечної зміни місця. У разі пеленгації засобів РЕБ та її знищення оператори таким чином залишаються поза небезпекою.

До недоліків цих систем можна віднести обмежений радіус дії та залежність від місцевості для забезпечення ефективної роботи. Крім того, вони можуть бути вразливими до засобів радіоелектронної розвідки при наявності точних даних про їхнє розташування.

Переносні засоби РЕБ призначені для мобільного використання на різних типах техніки або безпосередньо окремим особовим складом. Вони відзначаються високою мобільністю та гнучкістю, що дозволяє їх швидке розгортання в різних тактичних ситуаціях. Індивідуальні засоби РЕБ встановлюються поверх бронезилета. Під час роботи вони створюють електромагнітне поле в радіусі від 100 до 300 метрів, яке ефективно перешкоджає функціонуванню ударних FPV-дронів.

Основною перевагою переносних засобів РЕБ є їхня мобільність, що дає змогу оперативно реагувати на зміну тактичної ситуації та розгорнути засоби в ключових ділянках бою. Їхня компактність та відносна легкість також роблять їх зручними у використанні. Однак переносні системи мають певні обмеження щодо дальності дії, потужності порівняно зі стаціонарними комплексами та спрямованою діаграмою направленості. Вони також можуть бути менш ефективними за умов високої мобільності противника.

Сфера застосування переносних засобів РЕБ включає тактичні операції на передовій, спеціальні розвідувальні завдання та диверсійні операції. Вони також використовуються для захисту невеликих груп військових та перехоплення комунікацій противника на коротких відстанях.

Проведений аналіз ТТХ засобів РЕБ рф показав, що одним із дієвих напрямів протидії ударним FPV-дронів на теперішній час є застосування засобів РЕБ, а саме засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ), ресурс яких, за наявності зовнішнього електроживлення, практично необмежений. При цьому, характеристики зазначених засобів РЕБ можуть бути використані одним із кількох способів або їх комбінацією:

- подавлення або нав'язування хибних режимів роботи каналів управління та радіоліній передачі даних БпЛА;

- подавлення або нав'язування хибних режимів роботи каналу навігації БпЛА, заснованого на прийомі та обробці сигналів однієї або кількох систем радіонавігації супутників.

Застосування засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ), як протидію БпЛА має такі переваги:

- під час застосування засоби РЕБ не витрачають матеріальних засобів ураження, а лише відновлюваний ресурс електромагнітної енергії;

- засоби РЕБ можуть формувати широкий спектр радіоелектронних перешкод, адаптивно обираючи ті з них, які є максимально ефективними проти конкретних засобів ураження;

- засоби РЕБ володіють площинним ефектом, що дозволяє одночасно вражати велику кількість БпЛА, які мають схожі радіозасоби, єдині канали управління, принципи навігації, засновані на використанні сигналів одних і тих самих супутникових радіонавігаційних систем;

- за умови успішного визначення цілей, як окремих джерел радіоелектронної інформації, засоби РЕБ можуть бути вибіркоковими, подавляючи лише засоби з певними параметрами;

- в окремих випадках, за умови успішного розкриття структури сигналів та формату повідомлень у каналі керування і навігації, засоби РЕБ дозволяють перехопити управління БпЛА і нав'язати йому хибну траєкторію польоту;

- засоби РЕБ є достатньо мобільними та мають відносно не велику ціну за виготовлення однієї одиниці;

- не потребують великої кваліфікації операторів, які їх обслуговують та використовують в бойових умовах.

Висновки

Таким чином, аналіз ТТХ та тактики застосування засобів РЕБ рф ближньої дії (окопний РЕБ) показав, що засоби РЕБ такого типу є одним із дієвих інструментів протидії ударним FPV-дронам, які в свою чергу суттєво впливають на хід сучасних військових операцій. З початком широкомасштабного вторгнення збройних сил рф на територію України засоби РЕБ, які були проаналізовані в роботі постійно удосконалювалися з точки зору їх ТТХ та тактики застосування в бойових умовах. Також суттєво були збільшені кількісні показники їх виробництва рф, розроблена значна кількість нових комплексів. Слід констатувати, що засоби РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) становлять суттєву загрозу в сучасних умовах ведення бойових дій.

Показовим чинником актуальності даного напряму досліджень є той факт, що збройні сили рф з великою інтенсивністю удосконалюють засоби РЕБ, з метою відповідності їх ТТХ та тактики застосування сучасним умовам сьогодення в військових операціях. Отже, на теперішній час Збройні Сили України мають виклик щодо протидії засобам РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ), водночас жодна країна світу на мала такого досвіду протидії, тому отримані наукові результати в майбутньому можуть стати підґрунтям для розробки шляхів вирішення даної проблеми.

Напрямок подальших досліджень. Аналіз ТТХ засобів РЕБ ближньої дії (окопний РЕБ) рф та досвіду тактики їх застосування дозволив запропонувати можливі напрями подальших досліджень, які будуть спрямовані на удосконалення ударних FPV-дронів, а саме автоматичне захоплення (за допомогою сегментування зображення) та наведення на ціль у разі подавлення каналу управління БпЛА та застосування штучного інтелекту, як допоміжного інструменту при управлінні БпЛА у разі протидії засобів РЕБ противника.

Дослідження були проведені за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках конкурсу “Наука для зміцнення обороноздатності України”, назва проєкту “Інформаційна технологія автоматизованого сегментування зображень об'єктів в системах націлювання ударних FPV-дронів на основі алгоритмів ройового інтелекту”, реєстраційний номер 2023.04/0153.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Russian Electronic Warfare: From History to Modern Battlefield. *Irregular warfare initiative* : веб-сайт. URL : <https://defensebridge.com/article/electronic-warfare-the-silent-battlefield-of-the-future-explained.html>
2. Семененко О. М., Бойко Р. В., Добровольський Ю. Б., Іванов В. Л., Кремешний О. І. Контррадіоелектронна боротьба як складова частина радіоелектронної боротьби в ЗСУ. *Системи озброєння і військова техніка*. 2016. Вип. 46. С. 141-145.
3. РЕБ. Що це і як засоби радіоелектронної боротьби протидіють ворожим ракетам. *Mind* : веб-сайт. URL : <https://mind.ua/publications/20269499-reb-shcho-ce-i-yak-zasobi-radioelektronnoyi-borotbi-protidiyut-vorozhim-raketam>
4. Опірський І.Р., Бибик Р.Т. Дослідження сучасних методів РЕБ та методів і засобів її протидії. *Ukrainian Scientific Journal of Information Security*. 2023. №29 (2). С. 99-97. <https://doi.org/10.18372/2225-5036.29.17873>.
5. Шаманов Д. О., Сорокін А. Р. Аналіз сучасних методів радіоелектронної боротьби. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2024. Т. 1 (75). С. 211-214. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.1.211>.
6. М. Moran. Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook. Naval Air Warfare Center Weapons Division, Point Mugu, California. 2013. P.455.
7. Міжнародний центр оборонних досліджень. Російська радіоелектронна боротьба до 2025 року. *ICDS Report* : веб-сайт. URL : https://www.icds.ee/wp-content/uploads/2018/ICDS_Report_Russias_Electronic_Warfare_to_2025.pdf
8. Казіміров О., Власов К., Куртов А., Потіхенський А. Аналіз застосування засобів радіоелектронної боротьби збройними силами російської федерації у ході збройної агресії проти України. *Scientific Collection «InterConf+»*. 2024. №44(197), С. 670–680. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.04.2024.063>.
9. Шумигай О.В., Єрмоленко О.В. Сучасний стан багатофункціональних засобів та комплексів радіоелектронної боротьби. Тенденції та перспективні напрями їх розвитку. *Збірник наукових праць Державного НДІ випробувань сертифікації озброєння та військової техніки*. 2020. №5(3). <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.5.2020.14>.
10. Радіоелектронна боротьба : аналіз арсеналу Росії. *Defence Express* : веб-сайт. URL : https://defence-ua.com/weapon_and_tech/radioelektronna_borotba_jak_i_chim_rossija_vojuje_proti_ukrajini-708.html
11. Окопний портативний РЕБ : призначення та критерії вибору. *Здолбунів 1497* : веб-сайт. URL : <https://zdolbuniv.rv.ua/2024/05/okopnij-portatyvnyj-reb-pryznachennya-i-kryteriyi-vyboru/>
12. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовуються протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022-30.06.2023) : Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. Київ, 2023. 245 с.
13. Найтехнологічніша зброя війни – РЕБ : що пропонують Залужний та інженери, щоб перемогти Росію. Радіо Свобода. веб-сайт. URL : <https://www.radiosvoboda.org/a/reb-voyna-ukraina-rossia/32706892.html>
14. Операція “Буря в пустелі”. 25 років потому. *3 полк військово-патріотичний центр*. веб-сайт. URL : <https://3polk.com.ua/articles/history/operatsiya-burya-v-pusteli-25-rokiv-potomu.html>

Received (Надійшла) 23.09.2024

Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.11.2024

**Analysis of the tactical and technical characteristics and tactics
of the application the main electronic warfare systems (short-range) of the russian federation**

H. Khudov, I. Hridasov, I. Khizhnyak, I. Yuzova, Y. Solomonenko, T. Kalimulin, R. Raikov

Abstract. The subject of the article is the tactical and technical characteristics and the tactics of employment the main short-range electronic warfare (EW) systems (trench EW) used by the armed forces of the russian federation in the Russian-Ukrainian war. **The aim** is to analyze the tactical and technical characteristics of the main short-range EW systems (trench EW) and their tactics of employment. **Tasks** include the identification and classification of the EW systems of the russian federation armed forces, analysis of the main technical parameters of short-range EW systems (trench EW), and the study of strategies for employing short-range EW systems (trench EW) in combat operations. **The methods** employed are: comparative analysis, data clustering methods, analytical and empirical methods for analyzing the application of EW systems in the Russian-Ukrainian war. **The following results were obtained.** A structured analysis of the tactical and technical characteristics and the tactics of employment of the short-range EW systems (trench EW) of the russian federation armed forces was conducted, highlighting their advantages and disadvantages, and proposals for further research were formulated. The practical significance of the obtained results may serve as the basis for improving the existing strike FPV drones used by the Armed Forces of Ukraine, particularly in counteracting the suppression of their control channels by EW systems. **Conclusions:** the analysis of the tactical and technical characteristics and tactics of employment of the short-range EW systems (trench EW) of the russian federation showed that such EW systems are one of the effective tools in countering strike FPV drones, which, in turn, significantly impact the course of modern military operations. Since the beginning of the large-scale invasion of the russian armed forces into ukrainian territory, the EW systems analyzed in this study have been continuously improved in terms of their tactical and technical characteristics and their employment in combat conditions. Additionally, their production rates in the russian federation have significantly increased, with a considerable number of new complexes developed. It is important to note that short-range EW systems (trench EW) pose a significant threat in modern combat conditions. A key factor demonstrating the relevance of this research direction is the fact that the russian armed forces are intensively enhancing their EW systems to ensure their tactical and technical characteristics and employment tactics are aligned with the current demands of military operations. Therefore, at present, the Armed Forces of Ukraine face the challenge of countering short-range EW systems (trench EW), while no other country in the world has encountered such extensive experience in dealing with these threats. Hence, the scientific results obtained in this study may provide the groundwork for developing solutions to this problem in the future. **The research was conducted** with grant support from the National Research Foundation of Ukraine within the framework of the competition “Science for Strengthening Ukraine’s Defense Capability,” project title “Information Technology for Automated Segmentation of Objects in Targeting Systems for Strike FPV Drones Based on Swarm Intelligence Algorithms,” registration number 2023.04/0153.

Keywords: electronic warfare, FPV drone, tactical and technical characteristics, tactics of employment, trench electronic warfare, unmanned aerial vehicle.