The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

Military Science. Vol. 2 No. 4 (2024)

DOI: 10.62524/msj.2024.2.4.9

Обґрунтування технічних характеристик до систем активного захисту броньованої техніки від FPV-дронів та дронів зі “скидами”

Дмитро Соломатін
кандидат військових наук, старший науковий співробітник
начальник відділу
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: dmit73@ukr.net
ORCID: 0009-0009-6864-173X

Андрій Седляр
кандидат військових наук, старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: saa66ua@ukr.net
ORCID: 0009-0008-6816-2459

Вадим Пасічник
кандидат військових наук
провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: wws1@ukr.net
ORCID: 0009-0007-6183-2731

Олександр Луцевят
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: lucevyat@i.ua
ORCID:0009-0001-2435-5434

Марина Слюсаренко
кандидат технічних наук, старший дослідник
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: slusarenko.gmail.com
ORCID: 0000-0003-4165-3908

Сергій Попков
молодший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: popkov3151@ gmail.com
ORCID: 0009-0003-3152-8246

Анотація. Сучасна війна відрізняється насиченістю засобами та системами озброєння, які мають різне значення та призначення на всіх етапах збройного конфлікту. Цю війну часто називають війною “безпілотників”. Із широким упровадженням безпілотних авіаційних систем у війська вони почали виконувати важливі тактичні задачі на полі бою. Логіка війни визначає, що після появи нових засобів нападу обов’язково з’являються засоби, які чинять їм протидію. Якщо необхідно забезпечити максимальну ефективність розв’язання задачі стосовно протидії безпілотним авіаційним системам, слід використовувати комбінацію різних засобів: радіолокаційних, радіотехнічних, оптико-електронних, тепловізійних, засобів ураження та радіоелектронного подавлення. За роки війни складність та різноманіття систем управління безпілотними авіаційними системами збільшились у багато разів. У зв’язку із цим знадобилося збільшити й кількість засобів знаходження та подавлення безпілотних авіаційних систем, які налаштовані на різні частоти сигналів управління. Тому питання щодо системи активного захисту броньованої техніки від безпілотних авіаційних систем є актуальним.

Зважаючи на викладене вище, слід зазначити, що ця стаття спрямована на обґрунтування технічних характеристик до систем активного захисту броньованої техніки від FPV-дронів (First Person View) та дронів зі “скидами”.

Провідним методом для дослідження цього питання є метод аналізу, що дозволяє комплексно розглянути та обґрунтувати всі технічні характеристики до систем активного захисту броньованої техніки. Досвід війн та збройних конфліктів сучасності свідчить про те, що ефективність виконання військами (силами) завдань за призначенням цілком залежить від наявності у їхньому складі сучасного озброєння та військової техніки, здатних забезпечити надійне ураження противника та захист свого особового складу в бою. При цьому досвід широкомасштабної російсько-української війни наочно підтверджує істотне змінення форм і способів застосування військ (сил) під впливом безпілотних авіаційних систем, а саме FPV-дронів та дронів зі “скидами”.

У статті обґрунтовано технічні вимоги до системи активного захисту броньованої техніки від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою постановки радіоелектронних перешкод, кінетичного впливу, відстрілу антидронових сіток та протидронових систем з автономними модулями.

Матеріали статті становлять практичну цінність для виробників, які мають досвід розроблення такої зброї, а саме для визначення можливості модернізації своїх спецзасобів та адаптування їх для встановлення на бронетанкове озброєння як активний захист від FPV-дронів та дронів зі “скидами”.

Ключові слова: система активного захисту, безпілотні літальні апарати, радіоелектронні перешкоди, дрони, кінетичний вплив, бойові броньовані машини, антидронові сітки, протидронові системи, автономні модулі.

Вступ (Introduction)

Постійне зростання кількості безпілотних літальних апаратів (БпЛА), різноманіття можливих сценаріїв їх застосування у військових конфліктах для вирішення різних завдань і складність знищення їх традиційними засобами ППО обумовлені здебільшого малими розмірами й невеликою висотою польоту БпЛА. Це потребує розроблення спеціальних способів та засобів боротьби з ними. Аналіз способів та результатів застосування БпЛА у військових конфліктах і терористичних атаках на Близькому Сході, в Україні та у Нагірному Карабаху показує, що сучасна ефективна система боротьби із БпЛА має оперативно в автоматичному режимі забезпечувати своєчасне знаходження та ідентифікацію поодиноких та групових безпілотних цілей. Методи та засоби боротьби із БпЛА у найближчій та

довгостроковій перспективі залишаються важливим поштовхом для розроблень та будуть затребувані збройними силами різних держав.

Одним із першочергових етапів на шляху вирішення цих завдань є розроблення технічних вимог до систем активного захисту броньованої техніки від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою різних засобів протидії.

російсько-українською війною вже доведено, що розповсюдження невеликих і дешевих БпЛА загрожує будь-якому озброєнню та військовій техніці (ОВТ) й цивільному об’єкту. Це змушує виробників та конструкторів працювати над підвищенням захисту, використовуючи різні підходи. У [1] автори аналізують способи застосування, тактичні прийоми, можливості та завдання БпЛА в умовах повномасштабної агресії російської федерації. Захист об’єктів та військової техніки, який полягає в модифікації середовища поширення радіосигналів радіоелектронних засобів безпілотних літальних апаратів, пропонують дослідники у [2]. Проблеми боротьби із малорозмірними БпЛА, напрями удосконалення засобів та системи боротьби з ними у Сухопутних військах, а також дії спеціалізованих підрозділів протидії застосуванню БпЛА розглядають автори у [3]. Сучасні методи та засоби боротьби з БпЛА, а також базові принципи функціонування систем військового призначення аналізують дослідники у [4]. Професійні вимоги до операторів безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) висувають автори у [5]. Інформацію про деякі комплекси і засоби боротьби із БпЛА іноземного виробництва наведено у [6], [7], [8].

Методологічна основа (Methodological Framework)

У цьому дослідженні розробляються технічні вимоги до систем активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою різних засобів протидії: постановки радіоелектронних перешкод, кінетичного впливу, відстрілу антидронових сіток та протидронових систем з автономними модулями.

Активний захист полягає у застосуванні таких засобів: захисних боєприпасів, які знищують засоби ураження; джерел надпотужних випромінювань, що виводять із ладу приймачі наведення (самонаведення); відволікаючих чи маскувальних сигналів джерел активних радіоелектронних перешкод, які відводять, здійснюють передчасний підрив або збільшують похибку наведення (самонаведення) елемента ураження.

Постановка радіоелектронних перешкод.

Одним із завдань, які покладаються на засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ), є здійснення ефективного автоматичного радіоелектронного подавлення повітряної та наземної складової безпілотного авіаційного комплексу (БпАК), зокрема створення перешкод радіолініям каналів управління, телеметрії та передавання інформації БпЛА, приймачам сигналів супутникових навігаційних систем. При цьому головною метою РЕБ має бути припинення подальшого польоту ударного БпЛА до об’єкта та виконання ним цільового завдання.

Крім цього, у засобів РЕБ має бути можливість використовувати режими подавлення навігаційних каналів супутникових систем та нав’язувати хибні режими роботи закритих каналів супутникової навігації БпАК, заснованих на формуванні шумових перешкод, прицільних за частотою, з одночасним формуванням хибних сигналів у вигляді імітованих перешкод, прицільних за частотою та структурою сигналу, для відкритих каналів супутникового зв’язку (так званий “спуфінг” сигналів супутникових навігаційних систем), реалізувати режими автоматичного “перехоплення управління” каналів управління з подальшим формуванням для них хибних режимів роботи та можливість завчасно формувати бази даних відповідних сигналів управління, телеметрії та передавання інформації, що використовуються БпАК.

Слід зазначити, що у засобів РЕБ, які встановлюються на броньовану техніку, має бути можливість використовувати антенні системи як спрямованої, так і неспрямованої дії. При цьому однією з основних вимог використання засобів РЕБ є дотримання електромагнітної сумісності з іншими радіоелектронними засобами об'єкта, що прикривається [9].

З метою подавлення каналів супутникової навігації у засобів РЕБ має бути можливість створювати наступні перешкоди:

шумову перешкоду – білий шум великої потужності на частотах каналів супутникових навігаційних систем;

гармонічну (полігармонічну) перешкоду – одночастотні або модульовані гармонічні коливання на частоті (частотах) потрібного сигналу;

прицільну імітовану перешкоду, яка імітує структуру сигналів супутникової навігації із частотною і часовою неузгодженістю, а також із фіксованим значенням фази обвідної маніпулювальної функції;

слідкуючу імітовану перешкоду, яка імітує структуру сигналів супутникових навігаційних систем, але зі змінною початковою фазою маніпулювальної функції, закон зміни якої відповідає зміні відстані від приймача до станції РЕБ;

загороджувальну імітовану перешкоду, яка імітує набір сигналів супутників навігаційної системи з однаковою частотною неузгодженістю для всіх компонентів і різною часовою неузгодженістю для кожного компонента.

До найбільш ефективних перешкод відкритим та закритим частотам каналів навігації належать: шумова перешкода, прицільна за частотою та імітуюча перешкода. За допомогою цих перешкод відбувається формування хибної навігаційної інформації та нав'язування хибних траєкторій польоту БпЛА.

Також засоби РЕБ мають охоплювати весь можливий діапазон частот відомих супутникових навігаційних систем: GPS/Navstar, ГЛОНАСС, BeiDou та Galileo.

Як відомо, лінії зв'язку, телеметрії, управління та передавання даних БпАК можуть організовуватися в різних частотних діапазонах, використовувати різні режими – з ретрансляцією і без неї, застосовувати різні сигнально-кодові конструкції, спеціально адаптовані під тип і важливість даних, які передаються.

Для подавлення радіоліній телеметрії, управління та передавання даних БпАК у засобах радіоелектронної боротьби має бути здатність створювати такі типи перешкод:

що перекривають робочий діапазон частот, який, імовірно, використовується для організації зв'язку з БпЛА. До таких перешкод належать: загороджувальна шумова перешкода (білий шум високої потужності) у всьому діапазоні частот та вузькосмугова шумова або гармонічна (одночастотне або модульоване гармонічне коливання) перешкода, що відслідковує весь діапазон частот;

прицільні за частотою ліній управління і зв'язку БпАК. До таких перешкод належать: шумова перешкода, прицільна за частотою лінії зв'язку, гармонічна перешкода, прицільна за частотою лінії зв'язку, та вузькосмугова шумова або гармонічна перешкода, що відслідковує весь діапазон частот, який використовується, імітуюча перешкода, прицільна за частотою лінії зв'язку і структурою переданих сигналів, та імітуюча перешкода, прицільна за частотою і структурою сигналу, а також за структурою і форматом даних, що передаються.

Отже, для подавлення каналів зв'язку, телеметрії, управління та передавання даних БпАК у засобах радіоелектронної боротьби має бути здатність створювати перешкоди каналам зв'язку в L, S, C, Ku та УКХ діапазонах частот.

На рис. 1 наведено візуалізацію процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі "скидами" за допомогою постановки радіоелектронних перешкод [10].

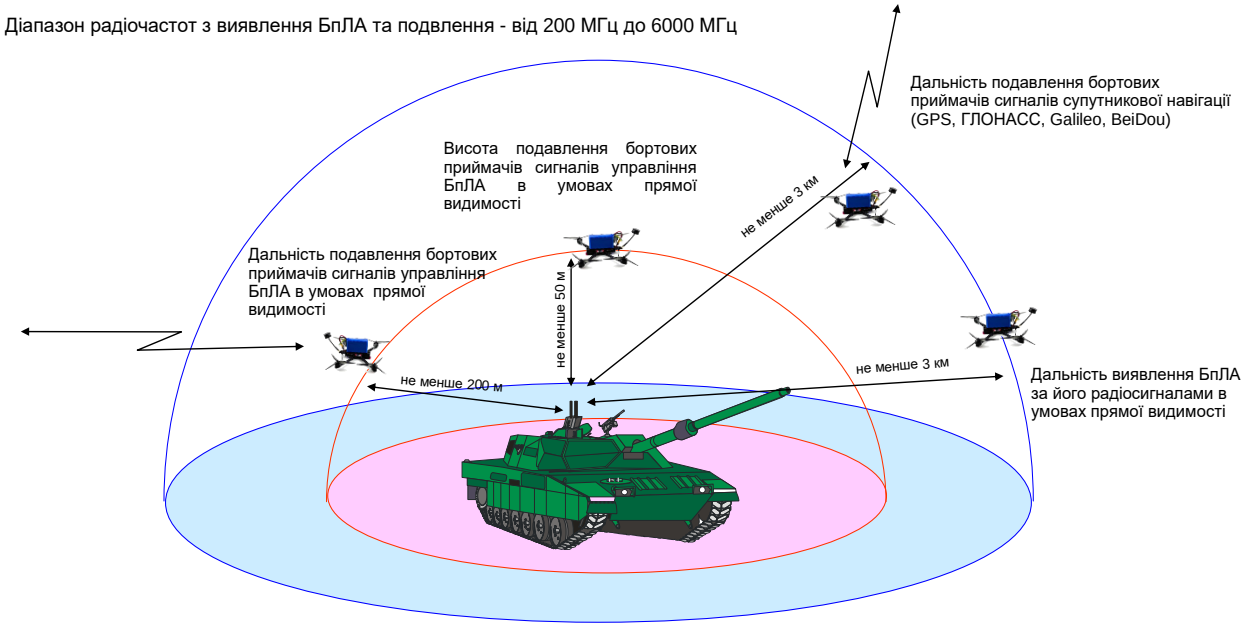


Рисунок 1. Візуалізація процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою постановки радіоелектронних перешкод

Кінетичний вплив.

Кінетичний вплив – вплив на ракету (снаряд), БпЛА, що наближається, за допомогою їх фізичного знищення. Прикладами таких комплексів активного захисту (КАЗ) є: німецький AMAP ADS; ізраїльська Iron Fist, Trophy; американський Quick Kill, Iron Curtain, турецький (AKKOR); український “Заслін”; радянський “Дрозд”; російські “Дощ”, “Арена” та “Афганіт“; чеський EFA; шведський LEDS-150.

Проведений аналіз демонструє, що у КАЗ можуть бути реалізовані різні види протидії загрозам зразкам бронетехніки на полі бою. Система активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного впливу має використовувати архітектуру та напрацювання наявних КАЗ “Заслон”, “Бастіон”, “Шершень” з урахуванням існуючих загроз та викликів.

Для забезпечення необхідної ефективності система активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного впливу має складатись: із системи виявлення (антенний пристрій, СВЧ прийомо-передавач, апаратура оброблення управління та відображення інформації, кабелі передавання даних та живлення) та комплекту системи кінетичного ураження (пульт управління, автономні експлуатаційні модулі, бойові елементи автономного експлуатаційного модуля, кабелі передавання даних та живлення).

Апаратура для оброблення управління та відображення інформації системи виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами” має бути апаратно та програмно поєднана з пультом управління системи кінетичного ураження.

Ефективність зразка системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” прямо пропорційна його вартості через апаратний та програмний склад зразка озброєння.

На рис. 2 наведено візуалізацію процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного впливу.

Відстріл антидронових сіток.

Одним із новітніх методів боротьби з ворожими дронами є полювання на них за допомогою сітки. Сітка, в яку потрапляє дрон, повністю знерухомлює його і таким чином не дає йому дістатись цілі. Цей метод практикують як із землі (сіткомети), так і скидаючи сітки

з дронів, які наближаються до ворожого дрона. За умови встановлення таких сіткометів на техніку та підключення їх до бортової апаратури можна успішно боротися з ворожими безпілотними літальними апаратами на малих (критичних) відстанях.

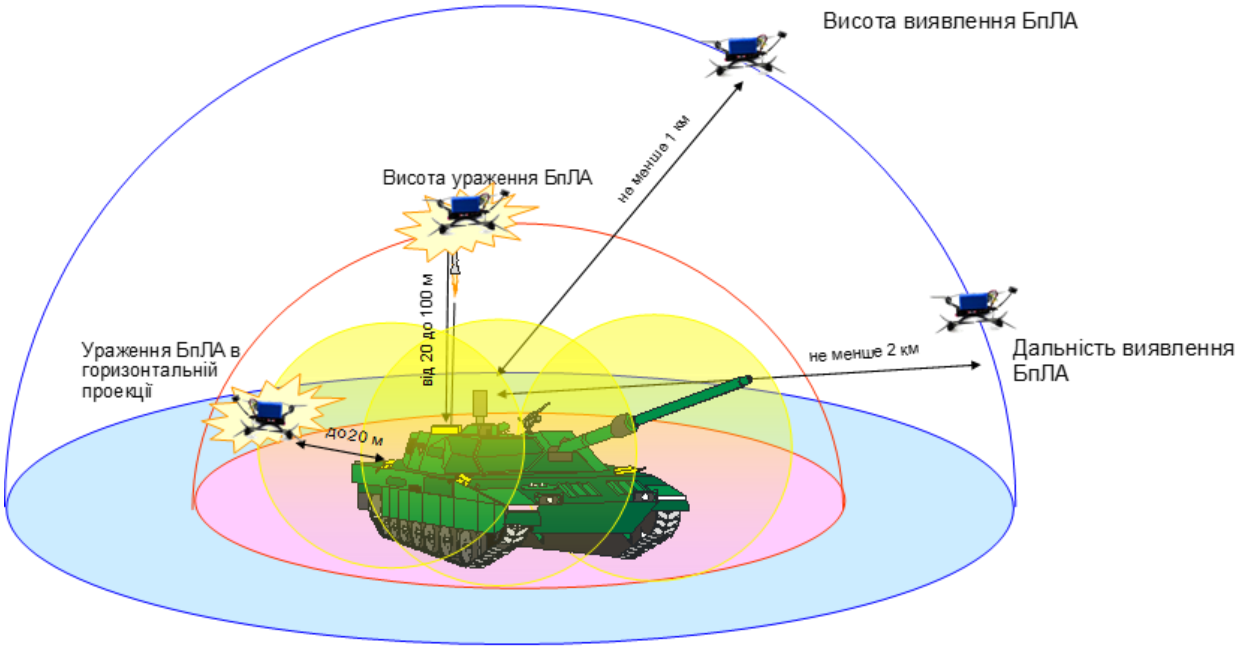


Рисунок 2. Візуалізація процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного впливу

Це стосується лише дронів-камікадзе противника, оскільки дрони, які роблять скиди боєприпасів, працюють на висотах більше 40 метрів, а закинути сітку на таку висоту з відповідною точністю майже неможливо.

Конструктивно сіткомет має складатись з тубуса-контейнера з кришкою, сітки та пірозаряду для відстрілу сітки. Тубус-контейнер є герметичним і має забезпечити розміщення всередині сітки пірозаряда. Кришка тубуса має бути перфорована на сегменти, до яких кріпиться сітка. При спрацюванні пірозаряду кришка розбивається на сегменти та рухається разом із сіткою, чим забезпечує її розкриття. Тубус-контейнер є багаторазовим (після спрацювання – комплектується новим пірозарядом, сіткою та кришкою).

Пірозаряд має забезпечувати викид сітки на відстань до 30 метрів.

Повне розкриття сітки має бути на відстані 4 метрів від тубуса.

Теоретично є 2 варіанти подавання команди на застосування:

варіант 1 – сигнал від екіпажу;

варіант 2 – автоматичний сигнал від бортової апаратури стеження.

Варіант 1 має суттєвий недолік – екіпажу необхідний час для розуміння загрози, розрахунку часу на своєчасне застосування сітки та ухвалення рішення щодо застосування. Тому ефективним вважається варіант 2 – виявлення та супроводження цілі, розрахунок часу та формування команди на застосування сітки має проводитись відповідною бортовою автоматизованою апаратурою без втручання екіпажу.

На рис. 3 наведено візуалізацію процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою відстрілу антидронових сіток.

Протидронові системи з автономними модулями.

Сутність роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за

допомогою протидронових систем з автономними модулями полягає у виявленні об'єкта (цілі), його ідентифікації, супроводі та ураженні за допомогою застосування кулеметного, гранатометного чи гарматного озброєння на безпечній відстані від об'єкта оборони.

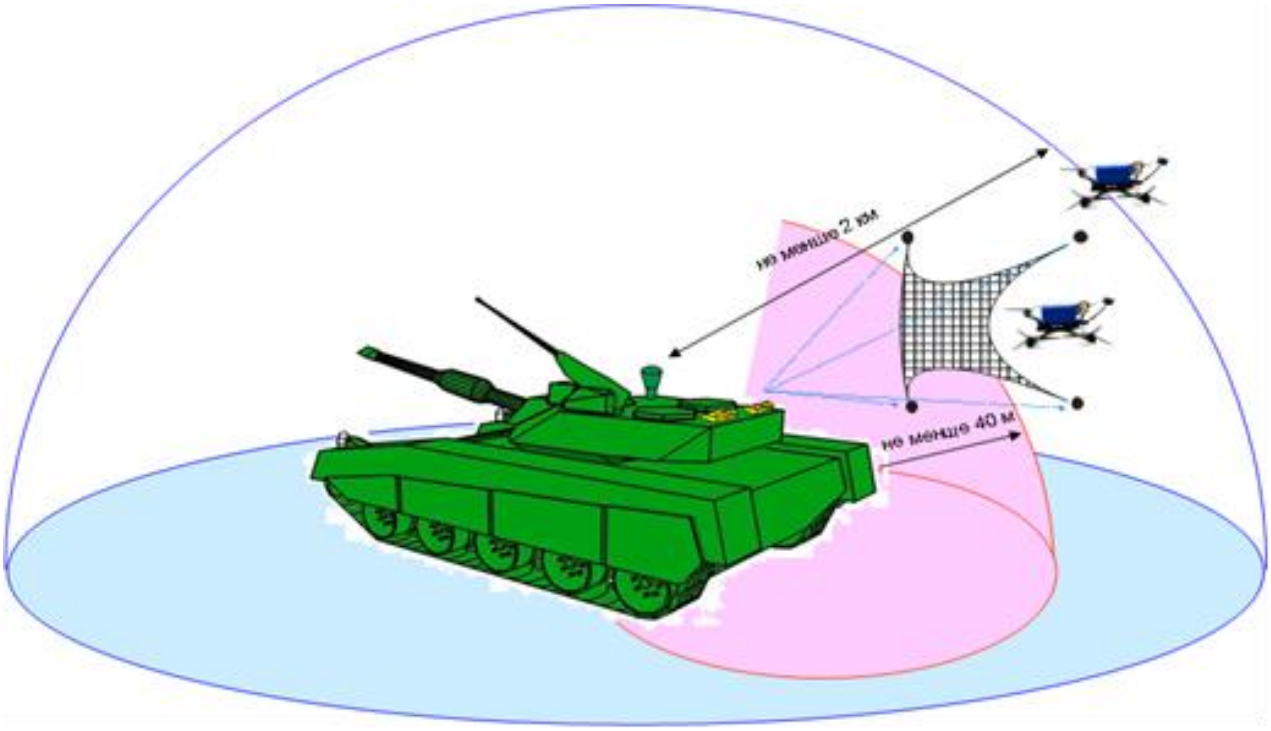


Рисунок 3. Візуалізація процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі "скидами" за допомогою відстрілу антидронових сіток

Система активного захисту від FPV-дронів та дронів зі "скидами" за допомогою протидронових систем з автономними модулями має використовувати архітектуру та напрацювання наявних бойових модулів українського виробництва, як то БАУ 23×2, "Грім", БМ-7, "Десна", "Дуплет", "Інгул", КАУ-30М, "Сармат" сумісно з оптоелектронними засобами (тепловізором, лазерним далекоміром та цифровою системою управління вогнем) ДП "Ізюмський приладобудівний завод" та станцій наземної радіолокації міліметрового діапазону "Борсук" і "Лис" (створена ВАТ ХК "Укрспецтехніка").

Для забезпечення необхідної ефективності система з автономними модулями активного захисту від FPV-дронів та дронів зі "скидами" має складатись із: силової рами бойового модуля з платформою для встановлення озброєння, ящика під боєкомплект, елементів кріплення рами до зразка ББМ та місцями під обладнання комплексу; броньованого корпусу для захисту обладнання бойового модуля від куль, осколків, фугасного впливу; апаратури виявлення цілі; апаратури оброблення інформації та управління бойового модуля; кабелів передавання даних та живлення; оптичних прицілів з елементами машинного зору; електроприводів для забезпечення руху гармати в горизонтальній та вертикальній площині; програмного забезпечення адаптації роботи комплексу під різні зразки озброєння; зразка гарматного, кулеметного, гранатометного озброєння з відповідними бойовими характеристиками та боєкомплектом до нього.

У бойовому модулі має бути належний балістичний захист від ураження куль калібром 5,45 мм та 7,62 мм, осколків вагою 2–5 г та фугасних боєприпасів, що вибухають поблизу об'єкта захисту.

У елементів КАЗ, що розміщуються всередині ББМ, мають бути габаритні характеристики та можливості для розміщення всередині ББМ, які експлуатуються в країні.

На рис. 4 наведено візуалізацію процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою протидронових систем з автономними модулями.

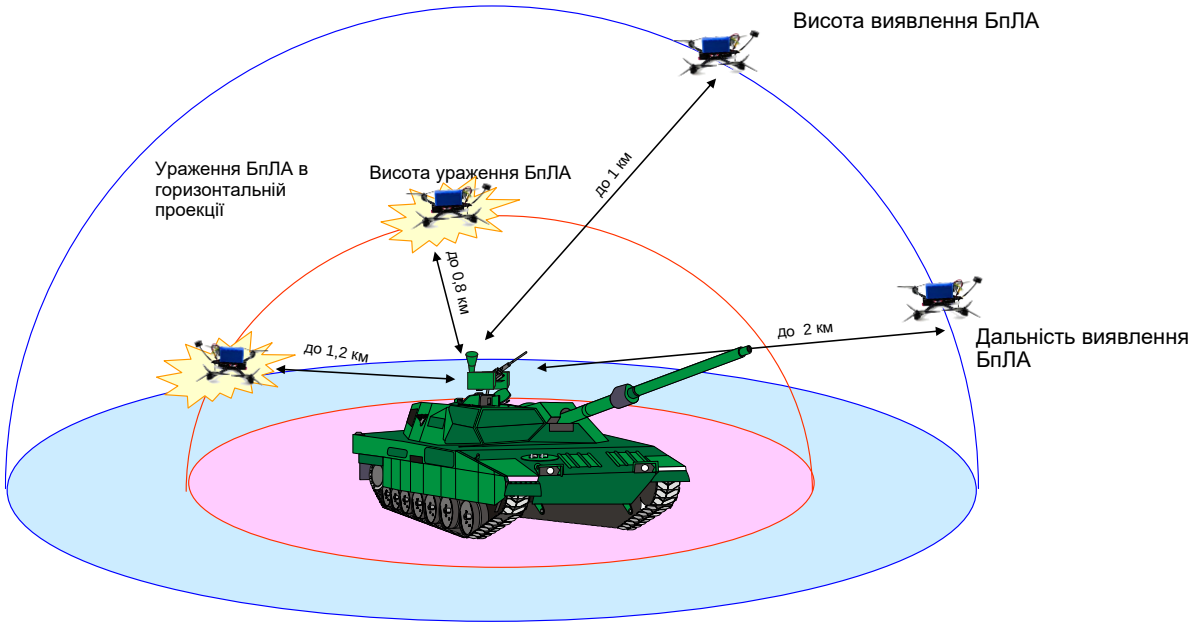


Рисунок 4. Візуалізація процесу роботи системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою протидронових систем з автономними модулями

Результати (Results)

Зважаючи на все викладене вище, було розроблено технічні вимоги до системи активного захисту броньованої техніки від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою радіоелектронних перешкод (табл. 1), кінетичного впливу (табл. 2), відстрілу антидронових сіток (табл. 3), протидронових систем з автономними модулями (табл. 4).

Таблиця 1. Технічні вимоги до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою постановки радіоелектронних перешкод

№ п/п	Назва	Характеристики
1.	Вид захисту	активний
2.	Тип захисту	постановка радіоелектронних перешкод
3.	Склад: станція РЕБ із дистанційним пультом керування; акумуляторні батареї; зарядний пристрій; запасні частини, інструмент та приладдя; транспортувальна тара; технічна та експлуатаційна документація	 1 комплект 2 комплекти згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки 1 комплект
4.	Стандартні тактико-технічні характеристики	
4.1	діапазон радіочастот з виявлення	від 200 МГц до 6000 МГц
4.2	дальність виявлення БпЛА за його радіосигналами в умовах прямої видимості	не менше 3 км

Продовження таблиці 1. Технічні вимоги до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою постановки радіоелектронних перешкод

4.3	діапазони частот для створення перешкод каналам зв’язку, телеметрії, управління та передавання даних БпАК:	200–1020 МГц 1060–1360 МГц 1550–1650 МГц 2,37–2,5 ГГц 5,1–5,4 ГГц 5,6–5,87 ГГц автоматично (від 200 МГц до 6000 МГц)
4.4	дальність подавлення бортових приймачів сигналів управління БпЛА в умовах прямої видимості	не менше 200 м
4.5	висота подавлення бортових приймачів сигналів управління БпЛА в умовах прямої видимості	не менше 50 м
4.6	засоби радіоелектронної боротьби мають охоплювати весь діапазон частот відомих супутникових навігаційних систем: GPS/Navstar: ГЛОНАСС: BeiDou: Galileo:	 L1–1575,42 МГц L2–1227,6 МГц L5–1176,45 МГц L1–1602 МГц L2–1246 МГц B1–1561,098 МГц B2–1207,14 МГц B3–1268,52 МГц E1–1575,42 МГц E6–1278,75 МГц E5–1191,79 МГц
4.7	потужність випромінювання	до 250 Вт
4.8	дальність подавлення бортових приймачів сигналів супутникової навігації (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou)	не менше 3 км
4.9	час безперебійної роботи в режимі випромінювання на одному комплекті акумуляторів	не менше 60 хв
4.10	час безперервної роботи у режимі випромінювання від системи живлення зразка ОВТ	не менше 24 год
4.11	час розгортання (згортання) засобів РЕБ, крім розміщених на зразку	не більше 2 хв
4.12	вага засобів РЕБ	не більше 13 кг
4.13	діапазон робочих температур	– 40 ~ + 55°С
4.14	ширина головної пелюстки діаграми спрямованості антени	$45–90^0$
4.15	можливість встановлення поза зразка ОВТ	так
4.16	захист зразка ОВТ у кругову та у верхню напівсферу	так

Таблиця 2. Технічні характеристики до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного впливу

№ п/п	Назва	Характеристики
1	Вид захисту	активний
2	Тип захисту	кінетичне ураження FPV-дронів та дронів зі “скидами”
3	Об’єкт встановлення	танк, БМП, БТР
4	Стандартні тактико-технічні характеристики КАЗ:	

Продовження таблиці 2. Технічні характеристики до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного вплив

4.1	Система виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	оптична (лазерна), радіолокаційна станція міліметрового діапазону зі здатністю виявлення, розпізнавання цілі, вибору ефективного способу протидії в автоматичному режимі з виведенням результатів на апаратуру відображення інформації
	Склад комплекту системи виявлення: антенний пристрій; СВЧ прийомо-передавач; апаратура оброблення управління та відображення інформації; кабелі передавання даних та живлення; запасні частини, інструмент та приладдя; джерело автономного живлення, комплект; транспортувальна тара; технічна та експлуатаційна документація	 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки
	Здатність виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами” за активним випромінюванням, оптичними ознаками або/та ЕПР:	
	на польотній висоті;	не менше 1 км
	на дальності;	не менше 2 км
	при швидкості польоту	від 0 до 1800м/с
	Кут виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	360, град., (весь повітряний простір)
	Кількість FPV-дронів та дронів зі “скидами”, які одночасно можуть виявлятись та супроводжуватись	до 50 од.
	Тривалість безперервної роботи, год	не менше 1
	Сумісність роботи із засобами радіоелектронної боротьби з FPV-дронів та дронів зі “скидами”	так
	Маса обладнання системи виявлення	до 40 кг
	Діапазон робочих температур	від –30 до +50 ^{0}C
4.2	Система кінетичного ураження FPV-дронів та дронів зі “скидами”	
	Склад комплекту системи кінетичного ураження: пульт управління; автономні експлуатаційні модулі; бойові елементи автономного експлуатаційного модуля; кабелі передавання даних та живлення; запасні частини, інструмент та приладдя; джерело автономного живлення; транспортувальна тара, комплект; технічна та експлуатаційна документація	 1комплект від 4 до 10 од. (залежно від зразка ББМ) не менше 40 од. 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект
	Маса автономного експлуатаційного модуля з бойовими елементами ураження	50–130 кг
	Кількість бойових елементів в автономному експлуатаційному модулі	до 4 од.
	Сектор захисту одного модуля за азимутом	150 град.
	Сектор захисту одного модуля за кутом місця	150 град.
	Напрямок протидії комплексом	360 град. (весь повітряний простір)
	Ураження засобів, що атакують в горизонтальній проєкції з дистанції	до 20 v
	Ураження засобів, що атакують з гори на висоті	від 20 до 100 м
	Мінімальна відстань ураження засобів, що атакують в горизонтальній проєкції з дистанції	2,5 м
	Час реакції комплексу на загрозу	0,001–0,005 с

Продовження таблиці 2. Технічні характеристики до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою кінетичного вплив

	Споживана потужність	не більше 1кВт
	Електроживлення всіх систем	від бортової системи живлення або власних джерел живлення

Таблиця 3. Технічні вимоги до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою відстрілу антидронових сіток*

№ п/п	Назва	Характеристики
1.	Вид захисту	активний
2.	Тип захисту	механічне перехоплення
3.	Об’єкт встановлення	танк, БМП, БТР
4.	Стандартні тактико-технічні характеристики	
4.1	Система виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	оптична (лазерна), радіолокаційна станція міліметрового діапазону зі здатністю виявлення, розпізнавання цілі, вибору ефективного способу протидії в автоматичному режимі з виведенням результатів на апаратуру відображення інформації
	Склад комплекту системи виявлення: антенний пристрій; СВЧ прийомо-передавач; апаратура оброблення управління та відображення інформації; кабелі передавання даних та живлення; запасні частини, інструмент та приладдя; джерело автономного живлення, комплект; транспортувальна тара; технічна та експлуатаційна документація	 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки
	Здатність виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами” за активним випромінюванням, оптичними ознаками або/та ЕПР: на польотній висоті; на дальності; за швидкості польоту	 не менше 1 км не менше 2 км від 0 до 1800 м/с
	Кут виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	360, град., (весь повітряний простір)
	Кількість FPV-дронів та дронів зі “скидами”, які одночасно можуть виявлятись та супроводжуватись	до 50 од.
	Тривалість безперервної роботи	не менше 1 год
	Сумісність роботи із засобами радіоелектронної боротьби з FPV-дронів та дронів зі “скидами”	так
	Маса обладнання системи виявлення	до 40 кг
	Діапазон робочих температур	від –30 до +50 ^{0}C
4.2	Система відстрілу антидронових сіток	
	Склад: тубус-контейнер; сітка; пірозаряд для відстрілу; кришка тубус-контейнера	 1 комплект не менше 2 комплектів не менше 2 комплектів не менше 2 комплектів
	Розміри сітки: довжина; ширина	 не менше 3 м не менше 3 м
	Розмір вікна сітки	100×100 мм
	Щільність шнура (мононитка)	0,4 мм

Продовження таблиці 3. Технічні вимоги до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою відстрілу антидронових сіток*

	Дальність перехоплення загрози	не менше 40 м
	Можливість перезарядки сітки та пірозаряду	так
	Кількість пристроїв на одиниці техніки: за умови встановлення на башті 2×2; за умови встановлення в задній частині корпуса 2×4	 4 8
	Можливість використання тубуса-контейнера	не менше 20 разів
	розміри тубуса-контейнера	розміри мають вміщувати сітку та пірозаряд
	герметичність тубуса-контейнера	Так
5.	Кліматичні умови застосування: діапазон робочих температур; пора року; час доби; вологість	 – 25 + 50 без обмежень без обмежень 99%
6.	Розміщення тубуса-контейнера на зразку варіант 1 варіант 2	 V-подібно на задній частині башти під горизонтальним кутом (25º–45º) на кронштейні в задній частині корпуса під різними горизонтальними кутами (25º–45º)
7.	Спосіб застосування: варіант 1 варіант 2	 ручний (оператором) автоматичний (від бортової апаратури виявлення)

Примітка: Усі наведені в таблиці характеристики є наближеними і потребують практичних випробувань, оскільки раніше подібних розрахунків не проводилось.

Таблиця 4. Технічні вимоги до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою протидронових систем з автономними модулями

№ п/п	Назва	Характеристики
1	Вид захисту	активний
2	Тип захисту	кінетичне ураження FPV-дронів та дронів зі “скидами”
3	Об’єкт встановлення	танк, БМП, БТР
4	Склад комплекту КАЗ з автономним бойовим модулем:	
	силова рама бойового модуля з платформою для встановлення озброєння, ящика під боєкомплект, елементи кріплення рами до зразка ББМ та місця під обладнання комплексу; броньований корпус для захисту елементів та обладнання бойового модуля від куль, осколків, фугасного впливу; апаратура виявлення цілі; апаратура оброблення інформації та управління бойового модуля; кабелі передавання даних та живлення; оптичний приціл з елементами машинного зору; електроприводи для забезпечення руху гармати в горизонтальній та вертикальній площині; програмне забезпечення адаптації роботи комплексу під різні зразки озброєння; запасні частини, інструмент та приладдя; джерело автономного живлення, комплект; транспортувальна тара;	1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект 1 комплект згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки

Продовження таблиці 4. Технічні вимоги до системи активного захисту від FPV-дронів та дронів зі “скидами” за допомогою протидронових систем з автономними модулями

	технічна та експлуатаційна документація	згідно з комплектом поставки згідно з комплектом поставки
5	Вимоги до комплекту КАЗ із автономним бойовим модулем:	
	Зразок озброєння, що може використовуватись в бойовому модулі	кулемети калібром 5,45 мм, 5,56 мм, 7,62 мм, 12,7 мм, 14,5 мм; автоматичні гармати до 30 мм; автоматичні гранатомети до 40 мм( )
	Виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	оптична (лазерна), радіолокаційна станція міліметрового діапазону зі здатністю виявлення, розпізнавання цілі та цілевказання на оптичний приціл бойового модуля зі зразком озброєння
	Здатність виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	
	на польотній висоті	до 1 км
	на дальності	до 2 км
	за швидкості польоту	від 0 до 1800 м/с
	Кут виявлення FPV-дронів та дронів зі “скидами”	360, град., (весь повітряний простір)
	Кількість FPV-дронів та дронів зі “скидами”, які одночасно можуть виявляти та супроводжувати	до 50 од.
	Тривалість безперервної роботи, год	не менше 1
	Сумісність роботи із засобами радіоелектронної боротьби з FPV-дронів та дронів зі “скидами”	так
	Маса бойового модуля для кулеметного та гранатометного озброєння без боєкомплекту	до 200 кг
	Маса бойового модуля для гарматного озброєння без боєкомплекту	до 400 кг
	Діапазон робочих температур	від –30 до +50^0 С
	Сектор ураження FPV-дронів та дронів зі “скидами” за горизонталлю	360 град.
	Швидкодія за горизонталлю	не нижче 90 град/с
	Сектор ураження FPV-дронів та дронів зі “скидами” за вертикаллю	від –20 до +89 град.
	Швидкодія за вертикаллю	не нижче 70 град/с
	Здатність уражати FPV-дрони та дрони зі “скидами”	
	на висоті	до 0,8 км
	на дальності	до 1,2 км
	при швидкості польоту	від 0 до 1800 м/с
	Кількість боєкомплекту	250–300 снарядів (1000–1200 патронів)
	Тип снарядів	осколкові, осколково-фугасні снаряди з можливістю формування осколкової хмари, обладнані підривачем із програмованою дальністю підриву
	Час реакції комплексу на загрозу	0,001–0,005 с
	Споживана потужність	не більше 1кВт
	Електроживлення всіх систем	від бортової системи живлення або власних джерел живлення

Обговорення (Discussions)

Дослідники у [11] розглядають основні напрями захисту об’єктів та озброєння і військової техніки від роїв безпілотних літальних апаратів. Сучасні підходи до організації надійного завадостійкого та захищеного каналу супутникового зв’язку з безпілотними літальними апаратами досліджують автори у [12]. Автори у [13] зазначають, що сьогодні жодна

держава не готова повністю протистояти спланованим атакам БпЛА. Традиційні види озброєння протиповітряної оборони розраховані на великі та віддалені цілі, а "безпілотники" є мініапаратами, що літають на малих висотах. Уже багато дослідників займаються цим питанням. Автори у [14] розкривають особливості використання універсальних каркасних масок для комплексного захисту військової техніки та об'єктів від атак ударних дронів-"камікадзе" противника. Які БпЛА застосовує рф у війні проти України, аналізують дослідники у [15]. Системи радіоелектронної боротьби з БпЛА у районах ведення бойових дій досліджують автори у[16]. Свій погляд на те, як потрібно боротися з ударними БпЛА іранського та російського виробництва, пояснюють автори у [17]. Українські рішення проти ворожих БпЛА пропонують автори у [18]. Автор у [19] досліджує, яким чином в американському Корпусі морських піхотинців планують боротися із FPV-дронами на рівні рядового. Проблемні питання ройового застосування ударних безпілотних літальних апаратів порушують автори у [20]. Ідею створення єдиної системи для управління трафіком безпілотних авіаційних систем (UTM) розглядають автори у [21]. Можливості посилення спроможностей Військово-Морських Сил Збройних Сил України в Чорноморській морській зоні за допомогою застосування в бойових діях БпАК обговорюють автори у [22].

Висновок (Conclusion)

Отже, у статті обґрунтовано технічні характеристики до систем активного захисту броньованої техніки від FPV-дронів та дронів зі "скидами". У процесі дослідження було визначено, що однією з головних проблем збереження особового складу та озброєння на полі бою є відсутність засобів захисту від FPV-дронів та дронів зі "скидами", які противник масово застосовує проти сил оборони України. За результатами роботи було визначено декілька способів протидії FPV-дронам та дронам зі "скидами", а саме: за допомогою постановки радіоелектронних перешкод, кінетичного впливу, відстрілу антидронових сіток та протидронових систем з автономними модулями. Для подальшої реалізації підприємствами України обраних способів протидії було розроблено відповідні технічні вимоги.

Перспектива подальших досліджень вбачається у розробленні технічних вимог до систем активного захисту за допомогою інших можливих засобів протидії ударним БпЛА.

Рекомендації (Recommendations)

Матеріали статті становлять практичну цінність для виробників, які мають досвід розроблення такої зброї, а саме: для визначення можливості модернізації своїх спецзасобів та адаптування їх для встановлення на бронетанкове озброєння як активний захист від FPV-дронів та дронів зі "скидами".

Використані джерела (References)

1. Коршець, О., & Горбенко, В. (2023). Уроки застосування безпілотних літальних апаратів у російсько-українській війні. *Повітряна міць України, 1* (4), 9–17. URL: http://sap.nuou.org.ua/article/view/276026.
2. Лупандін, В. А., Сотніков, О. М., Мегельбей, Г. В., Танцюра, & О. Б. (2022). Модель захисту об'єктів і військової техніки від роїв безпілотних літальних апаратів. *ХУПС, 4* (171), 41–47. URL: https://journal-hnups.com.ua/index.php/soi/article/view/1327.
3. Еремин, Г. В., & Черный, С. Н. (2022). Система борьбы с беспилотными летательными аппаратами – новый технический уровень и комплексный подход. *Военная мысль, 7,* 32–40. URL: https://cyberleninka.ru/article/.

4. Галкин, Д. В., Степанов, А. В. (2021). Борьба с беспилотными летательными аппаратами: методы и средства иностранных армий. *Военная мысль, 6,* 142–151. https://cyberleninka.ru/article/n/borba-s-bespilotnymi-letatelnymi-apparatami.
5. Кальниш, В. В., Швець, А. В., & Пашковський, С. М. (2021). Характеристика діяльності зовнішніх пілотів безпілотних авіаційних комплексів та їх професійно важливі якості: теоретико-практичні аспекти. *Український журнал військової медицини, 1* (2), 38–51.
6. Janes C4ISR & Mission Systems: Land 20/21. Jane's yearbook. (2020). URL: https://shop.janes.com; Janes Land Warfare Platforms. Artillery & Air Defence 20/21 yearbook. URL: https://shop.janes.com.
7. Kelsey, D. Atherton. (2019). *The Pentagon's new drone budget is less drone filler, more drone killer*. URL: https://www.defensenews.com.
8. Arthur, Holland Michel. (2019). *Counter-Drone Systems, 2nd Edition* (p. 45). Center for the Study of the Drone at Bard College. URL: https://dronecenter.bard.edu.
9. Соломатін, Д. О., Седляр, А. А., Пасічник, В. М., & Луцевят, О. І. (2024). Обґрунтування оперативно-тактичних вимог до основного танку Збройних Сил України, важкої бойової машини піхоти, бойової машини піхоти. Звіт за результатами виконання оперативного завдання. *ЦНДІ ЗС України*. 53 с. Інв. № 18631.
10. Соломатін, Д. О., Седляр, А. А., Пасічник, В. М., & Луцевят, О. І. (2024). Розроблення технічних вимог до систем активного захисту від FPV-дронів та дронів зі «скидами». Звіт за результатами виконання оперативного завдання. *ЦНДІ ЗС України*. 53 с. Інв. № 20059.
11. Лупандін, В. А., Мегельбей, Г. В., Самойленко, В. М., & Тюріна, В. Ю. (2021). Обґрунтування напрямків захисту об'єктів та озброєння і військової техніки від роїв безпілотних літальних апаратів. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 4* (45), 58–64.
12. Соболєв, В. В., Геращенко, М. М., & Рудніченко, С. В. (2021). Сучасні підходи до організації надійного завадостійкого та захищеного каналу супутникового зв'язку з безпілотними літальними апаратами. Держ. НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. *Зб. наук. пр., 1* (7), 78–87. URL: https://dndisovt.com.
13. Бондар, Д. В., Гурник, А. В., Литовченко, А. О., & Хижняк, В. В. (2022). *Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту.* Ін-т держ. упр. та наук. досліджень з цивільного захисту. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/0/7/9/0/0/2/ljQ2PLY10IvuTptkblpjCibdMBdVh3TutyE5LM9Z.pdf.
14. Матвєєв, Л. І., Руснак, В. М., & Роженков, А. М., Ляшенко, В. А. (2023). Антидроновий захист з використанням універсальних каркасних масок. Держ. НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. *Зб. наук. пр., 3* (17), 54–62. URL: https://dndisovt.com.
15. Олексенко, О. О., Авраменко, О. В., Федоров, А. В., Сніцаренко, В. В., & Чернавіна, О. Є. (2022). Застосування безпілотних літальних апаратів збройними силами російської федерації у війні проти України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 4* (49), 37–42. URL: https://doi.org/10.30748/nitps.
16. Олійник, Р. М., Цілина, С. В., Живець, Ю. М., & Єрмоленко, О. В. (2020). Системи радіоелектронної боротьби з безпілотними апаратами мультироторного типу в районах ведення бойових дій. *Зб. наук. пр. Житомирського військового ін-ту, 18*, 44–53. URL: https://doi.org/10.46972/2076-1546.

17. Таран, О., Котляренко, Я., Грищук, В. (2023). Методичні рекомендації загальновійськовим підрозділам щодо боротьби з ударними БпЛА іранського виробництва “Shahed-136” (“Герань-2”) та рф “Ланцет-2” (за досвідом російсько-української війни 2022–2023 років). Центр оперативних стандартів і методики підготовки Збройних Сил України спільно з головним управлінням доктрин та підготовки Генерального штабу Збройних Сил України (с. 80). 03. 2023. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Zbroini_syly_Ukrainy/Metodychni_rekomendatsii_zahalnoviiskovym_pidrozdilam_schodo_borotby_z_udarnymy_BpLA_iranskoho_vyrob.pdf?PHPSESSID=v1i6bb170idaok2tgjo3ofju67.
18. *Українські рішення проти дронів ворога: у Kvertus розповіли, як розвивали свої розробки*. (2023, 1 грудня). Defense Express. URL: https://defence-ua.com/people_and_company/ukrajinski_rishennja_proti_droniv_voroga_u_kvertus_rozpovili_jak_rozvivali_svoji_rozrobki-13672.html.
19. Тейлор Берфут. *Без антидронових рушниць*. 22.07.2024. URL: https://defence-ua.com/army_and_war/bez_antidronovih_rushnits_amerikanski_morpihi_rozkazali_jak_hochut_borotisja_iz_fpv_dronami_na_rivni_rjadovogo-16102.html.
20. Шовкошитний, І., Василенко, О. & (2023). Проблемні питання ройового застосування ударних безпілотних літальних апаратів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, *48* (3), 27–34. URL: https://sit.nuou.org.ua/article/view/288134.
21. Дружинін, Є. А., Ковалевський, М. І., Погудіна, О. К., & Чарновський, В. О. (2021). Методи та інформаційні технології впровадження безпілотних літальних апаратів в повітряний простір України. *Системи озброєння та військова техніка*, *4* (68), 84–90. URL: https://journal-hnups.com.ua/index.php/soivt/article/view/953.
22. Самойленко, С. В., Волотівський, П. Б., Богославець, С. О., & Стешенко, П. М. (2022) Пропозиції щодо технічних обрисів перспективних безпілотних авіаційних комплексів, призначених для дій на морі. *Наука і оборона, 3–4,* 52–57. URL: http://nio.nuou.org.ua/article/view/278452.

Substantiation of technical specifications for the system of active protection of armored vehicles from FPV drones and drones with dumps

Dmytro Solomatin
Candidate of Military Science, Senior Researcher
Head of the Division
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: dmit73@ukr.net
ORCID: 0009-0009-6864-173X

Andrii Sedliar
Candidate of Military Science, Senior Researcher
Leading Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: saa66ua@ukr.net
ORCID: 0009-0008-6816-2459

Vadim Pasichnyk
Candidate of Military Science
Leading Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: wws1@ukr.net
ORCID: 0009-0007-6183-2731

Oleksandr Lutsevyat
Senior Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: lucevyat@i.ua
ORCID: 0009-0001-2435-5434

Maryna Sliusarenko
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Senior Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: slusarenko.gmail.com
ORCID: 0000-0003-4165-3908

Serhii Popkov
Junior Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: popkov3151@ gmail.com
ORCID: 0009-0003-3152-8246

Abstract. Modern warfare is characterized by a wealth of weapons and weapon systems that have different meanings and purposes at all stages of an armed conflict. This war is often referred to as the war of drones. With the widespread introduction of unmanned aerial systems into the military, they have begun to perform important tactical tasks on the battlefield. The logic of war determines that after the emergence of new means of attack, there are necessarily means to counteract them. To maximize the effectiveness of the task of countering unmanned aerial systems, it is necessary to use a combination of different means: radar, radio, optoelectronic, thermal imaging, destruction and electronic suppression. During the years of war, the complexity and variety of control systems for unmanned aerial systems has increased many times over. In this regard, it was necessary to increase the number of means of detecting and suppressing unmanned aerial systems, which are tuned to different frequencies of control signals. Therefore, it is important to address the issue of active protection of armored vehicles from unmanned aerial systems.

In view of the above, it should be noted that this article is aimed at substantiating the technical specifications for systems of active protection of armored vehicles from FPV drones (First Person View) and drones with “dumps”.

The leading method for studying this issue is the method of analysis, which allows to

comprehensively consider and substantiate all technical characteristics of active armored vehicle protection systems. The experience of modern wars and armed conflicts shows that the effectiveness of troops (forces) in performing their assigned tasks depends entirely on the availability of modern weapons and military equipment capable of ensuring reliable defeat of the enemy and protection of their personnel in combat. At the same time, the experience of the large-scale Russian-Ukrainian war clearly confirms a significant change in the forms and methods of using troops (forces) under the influence of unmanned aerial systems, namely FPV drones and drones with “dumps”.

The article substantiates the technical requirements for a system of active protection of armored vehicles against FPV drones and drones with “dumps” by means of electronic interference, kinetic impact, firing of anti-drone nets and anti-drone systems with autonomous modules.

The materials of the article are of practical value for manufacturers who have experience in developing such weapons, namely, to determine the possibility of modernizing their special vehicles and adapting them for installation on armored weapons as active protection against FPV drones and drones with “dumps”.

Keywords: active defense system, unmanned aerial vehicles, electronic interference, drones, kinetic impact, armored combat vehicles, anti-drone nets, anti-drone systems, autonomous modules.