ПОКАЗАТЕЛИ ЗА КАЧЕСТВОТО НА СРЕДСТВАТА ЗА РАДИОЕЛЕКТРОННО ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ

НИКОЛАЙ ГЕОРГИЕВ^{*}, АЛЕКСАНДЪР КОЛАРОВ,
ВЕНЦИСЛАВ ПЕХЛИВАНСКИ И ОГНЯН ТОДОРОВ

*Институт по металознание, съоръжения и технологии
с Център по хидро- и аеродинамика „Акад. Ангел Балевски“,
Българска академия на науките,
бул. Шипченски проход № 67, 1574 София, България,
e-mails: niki0611@abv.bg; aleksandar_kolarov@abv.bg;
venpeh@abv.bg; odt@technopol.biz*

Резюме. Промяната на съвременния характер на военните действия до голяма степен е обусловена от процесите на развитие на роботизирани и интелигентни оръжейни системи. Към настоящия момент, във водещите във военно отношение страни, са разработени и се създават нови образци безпилотни летателни апарати (БЛА) с широк спектър на летателно-технически характеристики и предназначение. Комплексното използване на средствата за радиоелектронно противодействие може да доведе до преустановяване на изпълнението на задачите, поставени пред БЛА, даже извън зоните за поразяване на зенитните системи, и да осигури защитата на важни обекти от критичната инфраструктура от разузнавателни и терористични действия, както и да прикрива военните формирования в хода на водене на бойни действия. Дефинирането на показатели за качеството на средствата за радиоелектронно противодействие (РЕП) на радиоелектронните системи на БЛА позволява оценка на тяхната ефективност.

Ключови думи: безпилотни летателни апарати, радиоелектронно противодействие, радиоелектронни средства, радио-техническо разузнаване, смущения.

1. УВОД

Бурното развитие в света на информационните технологии неизбежно води до преосмисляне на концепцията за предназначението на безпилотните летателни апарати (БЛА) и пътищата за тяхното развитие с основна цел многоцелево и многофункционално използване и усъвършенстване на

^{*} Corresponding author.

DOI: 10.7546/EngSci.LVI.19.01.01

полезния товар, който могат да носят на борда си. БЛА заемат достойно място в производствените програми на водещите световни производители на въздухоплавателни средства.

Предназначени първоначално за военни приложения, понастоящем БЛА се използват широко за научни, търговски, селскостопански, развлекателни и други цели като наблюдение, поддържане на реда и мироопазване. В последните години, правоприлагащите органи в редица страни използват БЛА за наблюдение на инфраструктура, граничен и пътен патрул, наблюдение и идентифициране на индивиди, криминални разследвания, операции по издирване и спасяване на хора и пр. Безпилотните летателни апарати осигуряват значителни тактически предимства, като съкращават значително времето за извършване на такива операции и предоставят важна информация в опасни ситуации. По тази причина, все повече полицейски служби по света използват БЛА, а няколко компании са разработили БЛА специално за нуждите на правоприлагането, оборудвани с несмъртоносни оръжия като гумени куршуми, сълзотворен газ, зловонни вещества, електро-шокови боеприпаси и други средства за контролиране на обществени безредици [1].

Технологичният напредък в разработването на БЛА, наред с ползите за обществото, крие и значителни рискове, като предоставя на терористични организации и престъпни групи улеснен достъп до такова оборудване. Доколкото заплахите по въздух с използване на БЛА са нови и сравнително недобре изучени, тези технологии биха могли да бъдат използвани за атакуване на различни видове гражданска и военна инфраструктура.

Използването на безпилотни летателни апарати за военни цели се превърна в едно от най-важните направления в развитието на съвременната авиация и дава възможност за автоматизиране на процеса на командване и контрол на силите, намаляване на загубата на личен състав в боя за сметка на оперативна разузнавателна информация за текущата обстановка. В тази връзка, актуална задача е създаването на мобилни, лесни за употреба и евтини средства за водене на въздушно разузнаване и нанасяне на изненадващи удари.

Основните изисквания на съвременния характер на военните действия, свързани с използването на БЛА, са [2]:

- Повишаване значението на различните способности за дистанционно въздействие върху противника;
- Приоритет при използването на високотехнологични видове оръжия;
- Разширение на пространствения обхват на районите за водене на военни действия, а именно увеличаване на разсредоточеността на военните

формирования на бойното поле и на дълбочината на ешалониране на войсковите групировки, поради увеличената далечина на съвременните средства за поражение;

- Нарастване на активността на отбранителните действия;
- Повишаване на значимостта на разузнавателно-диверсионните действия в тила на противника;
- Осъществяване на „фокусирани“ доставки вместо създаване на разсредоточени запаси на оръжие и военна техника и други материални средства.

В днешно време се наблюдава бурно развитие и създаване на широка номенклатура на БЛА – от такива със стратегическо предназначение до микро БЛА, разработени за индивидуално приложение. Освен това редица държави предявяват изискване за създаване на бойни самолети от 6-то поколение в два варианта – пилотирани и безпилотни.

Военните експерти обръщат внимание на следните проблеми, свързани с използването на БЛА [3]:

- Сравнително висока цена при експлоатация и ниска степен на автоматизация – независимо от десетките разработени системи за автоматично управление, БЛА се нуждаят от операторски (ръчен) контрол при сложни режими на полет, включително излитане и кацане, баражиране над обекта и използване на оръжие;
- Непълен контрол – даже при ръчно управление, комуникационните канали могат да бъдат заглушени със средствата за радиоелектронна борба (РЕБ);
- Сравнително ниска надеждност – експерименталното и бойното използване на тези „летящи полуроботи“, в някои региони, не постигна значимо превъзходство над противника;
- Недостатъчна разузнавателна информация за назначения обект, защото като правило тя се добива непосредствено в района на операцията от оператор, намиращ се на стотици километри от мястото на изпълнението на бойната задача – основна причина за подаване на противоречиви съобщения и команди;
- Голямото разстояние между БЛА и оператора, което е свързано с ограничения върху съвременното отработване на команда;
- Възможностите за ефективно подаване на GPS канала от устройства за РЕБ с радиус на действие до 150 км;
- Изискване за висока психологическа и техническа подготовка на операторите, т.е. продължителен тренировъчен процес.

При проектите за създаване на мини и микро БЛА трябва да бъдат решени и следните допълнителни проблеми:

- Мултифункционалните възможности, наложени от ограниченията върху масогабаритните характеристики, могат да бъдат постигнати само с високо интегрирани конструкции с физически компоненти, изпълняващи много функции – подобна степен на синергетика не се изисква при традиционните летателни апарати;
- Устойчивост на полета – необходимо е да се отчита триизмерната аеродинамика на обтичане на фюзелажа при по-ниски числа на Рейнолдс, различни от двумерното обтичане на пластина. Стабилизацията и управлението на такива апарати изисква бързодействащи автономни системи за управление;
- Висок КПД на двигателната установка – изисква нетрадиционни горивни елементи и източници на захранване с висока енергийна интензивност;
- Навигация при полет – GPS системите са сравнително тежки и с висока консумация на енергия, което налага в БЛА, с голям радиус на действие, да се използват инерциални навигационни системи с вградени микрожироскопи с нисък дрейф и съответни акселерометри;
- Надеждна връзка с оператора – ограничените енергийни ресурси налагат ограничения в бързодействието на предаваното изображение, както и необходимост от тясна диаграма на насоченост на антените за комуникация, която в повечето случаи изисква клетъчна структура на системата за командване и управление;
- Необходимост от ограничаване и оптимизиране на полезния товар.

Към настоящия момент, във водещите във военно отношение страни, са разработени нови образци БЛА с широк спектър на летателно-технически характеристики и предназначение, като продължава с високи темпове тяхното усъвършенстване. Големите и средните по класификация БЛА, които се отличават със значителен топлинен контраст, поради използването на мощни двигатели с вътрешно горене, със стрелково и ракетно-бомбово въоръжение, както и с разположени на фюзелажа параболични спътникови антени с голяма ефективна отразяваща повърхност (ЕОП), представляват „добър“ обект за средствата на противовъздушната отбрана (ПВО). За разлика от тях, малките БЛА се характеризират с малка ЕОП, нисък топлинен контраст и висока маневреност, които не позволяват да се осигури достатъчна ефективност на поражаването им от зенитните артилерийски (ЗАК) и зенитните ракетни комплекси (ЗРК). Решение на проблема с неутрализацията на този клас БЛА се явяват средствата за радиоелектронно противодействие (РЕП) [4].

В тази връзка интерес представлява един опит за систематизиране и дефиниране на показателите за качеството на средствата за РЕП на радиоелектронните системи на БЛА.

2. ЕФЕКТИВНОСТ НА СРЕДСТВАТА ЗА РЕП

Анализът на публикациите и стандартите на ICAO и STANAGs UAV (UAV – Unmanned Air Vehicle) дава възможност БЛА да бъдат класифицирани по много базови признаци (около 15 броя), но за процеса на оценяване на ефективността на средствата за РЕП се предлага да се анализират само три от тях, а именно:

- а) Тип на системата за управление – по този признак БЛА се подразделят на дистанционно пилотирани (Direct – тип 0), дистанционно управляеми (Monitored – тип 1), автоматични (Autonomous & Non-Adaptive – тип 2), с дистанционно управляема авиационна система (Supervisory – тип 3). БЛА от тип 0 се управляват непосредствено от оператор в зоната на видимост чрез наземна станция. БЛА от тип 1 работят автономно, но могат потенциално да бъдат управлявани, ако е необходимо, от оператор с използване само на обратна връзка чрез други подсистеми за контрол. БЛА от тип 2 изпълняват предварително програмирани действия, без управление от оператор и възможност да бъде променен планът за действие по време на полета или да бъде адаптиран към външни изменения, но многократно могат да бъдат препрограмирани преди полета, съобразно настъпили изменения в обкръжаващата среда и натрупани данни от предходни полети. При БЛА от тип 3 се изпълнява управление на ниско ниво от вградени системи, а на високо ниво – например при тангиране и избор на обект от оператор;
- б) Масогабаритни характеристики и радиус на действие – по този признак БЛА се класифицират по начина, показан в *табл. 1*;
- с) Предназначение – по функционално предназначение БЛА могат да се класифицират както следва:

– за наблюдение,	– за радиоелектронна борба,
– за мониторинг на химическата,	– за свързка,
биологическата и друга обстановка,	– транспортни,
– разузнавателно-ударни,	– изстребителни,
– ударни,	– за мишени,
	– многоцелеви.

ТАБЛИЦА 1. Класификация на БЛА

TABLE 1. Classification of UAVs

Категория	Подкатегория	Тегло, kg	Радиус на действие, km
Тактически (за близко действие)	Нано (Nano, η); Микро (Micro, μ); Мини (Mini); Свърх леки (CR).	< 0.025 ; < 5.0 ; < 25 ; $25 \div 150$.	< 1 ; < 10 ; < 30 ; $10 \div 30$.
Оперативно-тактически (за близко действие)	Леки (SR)	$50 \div 250$	$30 \div 80$
Оперативни (за малка дистанция)	Средни (MR); Среднотежки (MRE); Тежки нисколетящи (LADP).	$150 \div 500$; $500 \div 1500$; $250 \div 2500$.	$80 \div 200$; $200 \div 500$; $250 \div 300$.
Оперативно-стратегически (за средна дистанция)	Леки, нисколетящи с голяма прод. на полета (LALe); Тежки, летящи на средни височини с голяма прод. на полета (MALe).	$150 \div 250$; $1000 \div 1500$.	$500 \div 800$; $500 \div 800$.
Стратегически (с голяма продължителност на полета)	Тежки, високолетящи с голяма прод. на полета (HALe)	$2500 \div 5000$	≥ 2000
Специални	Безпилотни бойни самолети (UKAV); Камикадзе (LETH); Мираж (Decoy/DEC); Стратосферни (STRATO); Екзосферни (EXO); Космически (SPACE).	≥ 1000	≥ 1500

Едно от най-големите предизвикателства на системите за противодействие на съвременните БЛА е възможността за използването на тактически и оперативно тактически БЛА за действие срещу важни военни обекти и елементи от държавната критична инфраструктура. В повечето случаи тези БЛА се използват за оперативно въздушно разузнаване в реално време. Тяхната навигация се осъществява с помощта на сигнали от GPS и/или по данни от инерциална система. Полетът се осъществява под управлението

на оператор или автономно по затворен маршрут с възможност за намеса от оператор. Двигателната система се осъществява от електродвигател (електродвигатели) с акумулаторно захранване или от бутални двигатели с малък разход на гориво. Широко се използват композитни радиопрозрачни материали в конструкцията.

В зависимост от предназначението, БЛА може да бъде комплектован с разнообразни комбинации въоръжение и радиоелектронно оборудване – мултиспектрална система за насочване, фото-, видео- и инфрачервена камера, топовизионна станция, телевизионна система и лазерен далекоммер за целеуказване на бордовото въоръжение. В комплекса могат да влизат също така радиолокационна станция с антена със синтезирана апертура, сензор за опознаване на обектите, който може да работи в режим на картографиране на местността, сензори за гама-излъчване, комплекс за радиотехническо разузнаване (РТР), комплекс за РЕП и др.

Изискванията за многофункционалност, които предполагат голям и разнообразен брой сензори и радиоелектронни средства, често влизат в противоречие с други взаимосвързани изисквания – за оперативен радиус на действие, размери, тегло, време на полета и др. Това води до създаване на съвременни БЛА от модулен тип, които могат да решават ефективно разнообразни задачи.

В същото време към недостатъците на тактическите БЛА могат да бъдат отнесени следните фактори [5]:

- Голяма зависимост от качеството на управление, комуникационните канали и ограничения брой варианти на действие, които се определят от програмното осигуряване, при полет в автономен режим;
- Слаба защита от въздействието на смущения на каналите за свръзка и управление и тяхната ниска пропускна способност при управление на голямо количество апаратура, действаща в единно информационно пространство, и оттук необходимост от криптографска защита на предаваната информация, която води до необходимост от ново оборудване за сметка на полезния товар;
- Зависимост от спътниковата навигационна система GPS за определяне на собствените координати;
- Необходимост от създаване и поддържане в актуално състояние на база данни за територията на противника, включваща гео-физически характеристики, като природни обекти, релеф на района, съоръжения и др.

Наличието на борда на БЛА на комплекс от радиоелектронни средства (РЕС), който осигурява изпълнението на техните функции и задачи, дава възможност за ефективно въздействие върху тях с предназначени ра-

диоелектронни смущения, създавани от комплексите за радиоелектронно заглушаване, *фиг. 1* [6].

Фиг. 1. Комплекс от РЕС на борда на БЛА
Fig. 1. Complex of radio-electronic devices on board UAVs

Анализът на общата структура на безпилотния комплекс и на информационния обмен между неговите елементи, в обектите на защита от БЛА, показва, че може да се въздейства със смущения по, *фиг. 2*:

- каналите за управление и предаване на информация,
- бордовата и наземна апаратура на потребителите на спътниковите радионавигационни системи,
- целевите товари – различни функционални радиоелектронни модули, осигуряващи изпълнението на поставените задачи.

Практическата възможност и реализуемост на РЕП срещу безпилотни комплекси много пъти е потвърдена от факти и военно-технически експерименти. Ясно е, че създаването на „чадър“ от радиоелектронни смущения за навигационните системи, системите за управление на полета, комуникационните канали и радиолиниите за приемане-предаване на информация над района на интерес (за бойни действия) може да доведе до значително

Фиг. 2. Информационни канали на БЛА
Fig. 2. UAVs information channels

намаляване на ефективността на бойното използване или до унищожаването на БЛА.

Борбата с БЛА, особено с малоразмерните, днес се води основно с наземни комплекси за РЕП, които реализират „традиционните“ (силови) способности за радиоелектронно подавяне със заградително или прицелно смущаване на каналите за управление, навигация и предаване на данни. Тези способности, обаче, са показали на практика трудностите за осигуряване на електромагнитна съвместимост с други РЕС – военни или граждански, които са разположени в близост до зоната на действие. Използването на тези способности за РЕП е ограничено още и от необходимостта за реализирането на висока спектрална мощност на излъчване, в достатъчно широк пространствен сектор, при спазване на съответната маскировка. Освен това възможностите на наземните комплекси за РЕП, които са ефективни само в долната полусфера (спрямо БЛА), съществено намаляват, когато РЕС на БЛА ползват канали с псевдослучайна пренастройка на работната честота, насочени антени към комуникационните спътници и устойчиви на смущения адаптивни антени за приемане на сигнали от спътникови радионавигационни системи (СРНС). Един от вариантите за решаване на този

проблем е монтирането на средствата за РЕП на собствени БЛА. Освен това е възможно използването на „интелигентни“ смущения, които нарушават непрограмираното функциониране на РЕС на БЛА, логиката на неговата работа по пътя на въвеждане, в неговите управляващи системи, на недопустими или лъжливи данни. Този способ на въздействие може да доведе до блокиране на командите за управление на полета на БЛА, прихващане на предаваната от апарата видео- и друга информация, също – на управлението на БЛА с възможност за кацане на избрано място.

По мнение на водещи специалисти, днес основно и най-ефективно средство за борба с БЛА е създаването на смущения в канала за получаване на информация от СРНС. Това е така, защото повечето от съвременните БЛА са сравнително малки, оборудвани с миниатюрни жироскопи и акселометри на базата на микро електромеханични системи, и при загуба на сигнал от СРНС загубват ориентация и изпълняват принудително кацане или самоунищожение. По-съвършенните технически, съответно по-големите, БЛА могат да продължат полета си под управлението на оператор с използване на видеоизображение от повърхността или да бъдат управлявани от комплексна система на бордови сензори и магнитометър (компас) за изход от зоната на РЕП. Видеокамерите и бордовият компютър, обработващ видеоизображението за ориентация в местността, не могат да осигурят навигация при сложни метеорологични условия и през нощта. Още повече, че за предотвратяване на този метод за автономен полет, в допълнение към заглушаването на сигналите от СРНС, средствата за РЕП използват и въздействие със смущения по командната линия – канала за предаване на данни от борда на БЛА.

За противодействие на това въздействие, предаващите и приемащите модеми на съвременните БЛА работят на принципа на псевдослучайно пренастройване на работната честота. Съвременните средства за РЕП преодоляват успешно подобна защита, защото модемите на малките апарати имат малка мощност и прости алгоритми за управление на честотата.

Ефективно могат да изпълняват своите задачи, в условията на масирано използване на РЕП, само единици от малките (до 50 kg) БЛА. В тях се използват или оптовлакнести безплатформени инерциални навигационни системи, или алгоритми за комплексно използване на бордовите сензори за коригиране показанията на бордовите акселометри и жироскопи. Използването на подобни технологии прави този тип БЛА практически неуязвими за класическите системи на РЕП и осигурява полет по предварителни разузнавателни данни, записани на бордовите носители, достатъчно дълго време. Натрупаната грешка може да е в границите на 1–2 km за час полет.

За нейното коригиране БЛА трябва да напусне зоната на РЕП и временно да включи системата за спътникова навигация.

Особено ефективни съвременни системи за РЕП са тези, които предават на бордовата система на БЛА лъжливи координати, включително чрез временно изключване на всички спътници в дадена зона и последващо включване на неголяма група малък брой „лъжливи“ спътници и т.н. При тази ситуация бордовата система прави пространствен анализ, предприема реакция и изключва СРНС.

Анализът на възможните варианти за ефективно въздействие на средствата за РЕП върху РЕС на БЛА, при оперативно противодействие от заглушаваната страна, дава възможност за определяне на показатели за качеството на средствата за радиоелектронно противодействие на безпилотни летателни апарати, а именно [7]:

1. Откриване на БЛА в пределите на зоната на действие на станцията за РЕП;
2. Определяне на вектора на скоростта на БЛА и разкриване на траекторията на неговото движение;
3. По данни от РТР откриване и определяне параметрите на каналите за управление на БЛА от наземен (въздушен, морски) пункт за управление;
4. Заглушаване на каналите за управление на БЛА;
5. По данни от РТР откриване и определяне параметрите на каналите за данни и телеметрия;
6. Заглушаване на каналите за данни и телеметрия;
7. По данни от РТР откриване и определяне параметрите на функционалните елементи от „целевия“ товар на борда на БЛА – радар, сензори, средства за РТР и др.;
8. Заглушаване работата на функционални елементи от „целевия“ товар;
9. Ефективно подавяне на бордовите системи за спътникова навигация във възможните ѝ варианти:
 - GPS;
 - GLONASS;
 - GALILEO;
 - BeiDou;
10. Подмяна на навигационните данни с „лъжливи“;
11. Отклоняване на БЛА от програмирания маршрут и/или принуждаване да извърши аварийно кацане.

За успешното радиоелектронно противодействие, е необходимо да се осъществят посочените 11 задачи преди момента, в който БЛА достига

определен район. Това предопределя въвеждането на радиуса на действие на средствата за РЕП по всяка една от посочените 11 задачи, като основен показател за тяхното качество.

От анализа на най-използваните системи за бордово въоръжение на съвременните оперативни БЛА, могат да бъдат предложени стойностите на изискванията към радиуса на действие на средствата за РЕП, както следва:

- По т.1 и т. 2 – ≥ 12 km;
- По т. 3 – ≥ 50 km;
- По т. 4 – ≥ 30 km;
- По т. 5 – ≥ 50 km;
- По т. 6 – ≥ 30 km;
- По т. 7 и т. 8 – ≥ 20 km;
- По т. 9 – ≥ 50 km;
- По т. 10 – ≥ 20 km;
- По т. 11 – ≥ 10 km.

На базата на горните въвеждания, е възможно използването на различни показатели за качеството на системите за РЕП на БЛА – например поне едно от изискванията на показателите от 1 до 11 да е изпълнено, да са изпълнени определен набор от изискванията от 1 до 11 и пр. В общия случай е възможно въвеждането на комплексен показател за качеството на системите за РЕП на БЛА Θ :

$$\Theta = \left[\sum_{n=1}^{11} \frac{\Delta_n}{\Delta_{n0}} \right] / 11, \quad (1)$$

където Δ_{n0} е стойността на изисквания радиус за действие на средството за РЕП по съответния параметър (от 1 до 11), а Δ_n е реалната стойност на този параметър.

За нормиране на Θ в границите от нула до единица е целесъобразно да се приеме, че ако:

$$\Delta_{n0} \leq \Delta_n, \quad \text{то} \quad \Delta_n = \Delta_{n0}.$$

Предложеният показател за качеството на средствата за РЕП, методиката за избор на възможни варианти за тяхното ефективно въздействие върху РЕС на БЛА и подходът за избор на изискванията към 11-те показателя са приложими и към други компоненти на РЕС на БЛА.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ефективността на методите за противодействие на противника се определя от показателите за качеството на оръжията за унищожаване, разузнаване, комуникации и автоматизираните системи за контрол. Отсъствието на съвременни системи за разузнаване и управление не позволява да бъдат реализирани в пълен обем потенциалните възможности на средствата за противодействие и/или унищожаване. Възможностите на съществуващите в момента средства за радиолокационно и оптикоелектронно разузнаване са ограничени от линията на пряка видимост и не осигуряват откриване на вражески обекти зад естествени укрития.

С отчитане на тактико-техническите характеристики на БЛА и възможностите на съществуващите средства за тяхното откриване може да се направи изводът, че най-ефективни за борба с малките по размери БЛА са средствата за радиотехническо разузнаване, радиоелектронно противодействие на каналите за управление, предаване на информация и спътникова навигация. Комплексното използване на тези средства може да доведе до сриване на изпълнението на задачите, поставени пред БЛА, даже зад зоните за поражение на зенитните системи, да осигури защитата на важни обекти от критичната инфраструктура от разузнавателни и терористични действия, също да осигури прикриване на военните формирования в хода на водене на бойни действия.

REFERENCES

- [1] A. TUMBARSKA, Remotely Controlled Non-lethal Weapon Systems in the Context of Law Enforcement, *International Scientific Journal Security & Future, Scientific Technical Union of Mechanical Engineering – Bulgaria* (2018) **2** (3) 102–105, ISSN: 2535-082X.
- [2] A. TUMBARSKA, The Non-Lethal Technologies against the Terrorism, *European Journal of Engineering Research and Science* (2018) **3** (5) 41–46, ISSN: 2506-8016, DOI: 10.240818/ejers.2018.3.5.729.
- [3] MAZIAR ARJOMANDI, *Classification of Unmanned Aerial Vehicles*, MECH ENG 3016 Aeronautical Engineering – The University of Adelaide Australia (2011) 35–42.
- [4] A. I. NACHEV, *Reliability of the Armaments, Methods for Determining the Reliability of the Example of Electronic Devices and Systems of Arming*, IMS-BAS, Sofia (2016) 23–26, ISBN: 978-619-90310-5-6 (in Bulgarian).
- [5] Unmanned Aerial Vehicles Systems Airworthiness Requirements (USAR) STANAG 4671, NSA/0976 (2009)-JAIS/4671, Edition 1 – NSA – 2007.

- [6] Unmanned Aircraft System Operations in UK, Airspace CAP 722 Document: UAVS/001, Version 01 – Civil Aviation Authority – 7 April 2011.
- [7] A. I. NACHEV, Applied methods for control tests of reliability of armaments and military equipment, IMS-BAS, Sofia (2014), ISBN: 978-619-903-3-2 (in Bulgarian).

INDICATORS FOR THE QUALITY OF FUNDS FOR RADIOELECTRONIC COUNTERMEASURE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

NIKOLAY GUEORGUIEV*, ALEKSANDAR KOLAROV,
VENCISLAV PEHLIVANSKI AND OGNIAN TODOROV

*Institute of Metal Science, Equipment and Technologies,
with Hydro- and Aerodynamics Centre "Acad. A. Balevski",
Bulgarian Academy of Sciences,
67, Shipchenski Prohod Blvd, 1574 Sofia, Bulgaria,
e-mails: niki0611@abv.bg; aleksandar_kolarov@abv.bg;
venpeh@abv.bg; odt@technopol.biz*

Abstract. The change of modern character of military actions requires special attention to the processes for the development of robotic and intelligent weapon systems. At present, in militarily-led countries new models of unmanned aerial vehicles (UAVs) are developed and created with a wide range of flying-technical characteristics and purpose. The complex use of radioelectronic countermeasure can lead to stalling implementation of the tasks assigned to the UAVs, even behind the damage zones of the zenith systems, and to ensure the protection of important sites of critical infrastructure from intelligence and terrorism, and to conceal the military formations in the course of warfare. Defining indicators of the quality of funds for countermeasure of radio systems of UAVs allows an assessment of their effectiveness.

Keywords: unmanned aerial vehicles, radio-electronic countermeasure, radio-electronic means, radio-technical intelligence, interference.

Received January 28, 2019