



## Main Means of Remote Control of Unmanned Aerial Vehicles with a Small Radius of Action

Nickolay L. GEORGIEV, Venstislav I. PEHLIVANSKI, Ognyan G. TODOROV

Institute for Metal Science, Equipment and Technology  
with Hydro and Aerodynamic Centre “Acad. A. Balevski”,  
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria  
e-mails: [niki0611@abv.bg](mailto:niki0611@abv.bg), [venpeh@abv.bg](mailto:venpeh@abv.bg), [odt@technopol.biz](mailto:odt@technopol.biz)

### Abstract

Based on the analysis and summarization of certain classifications and tactical and technical characteristics of existing unmanned aerial vehicles UAV, the subject of the study are the devices and systems in UAV for remote control.

**Keywords:** Tactical and Technical Characteristics, Unmanned aerial vehicles (UAV), Remote Control, Frequency Channels

## Основни средства за дистанционно управление на безпилотни летателни апарати с малък радиус на действие

Николай Л. ГЕОРГИЕВ, Венцислав И. ПЕХЛИВАНСКИ, Огнян Г. ТОДОРОВ

### 1. Увод

Международната организация за гражданска авиация (ИКАО) в свое циркулярно писмо № 328 определя безпилотни летателни апарати (БЛА) като „*Летателен апарат и прилежащите му елементи, които летят без пилот на борда*“ [1].

Основни понятия, които се използват в международните регламентиращи документи са БЛА, са UAV (Unmanned Aerial Vehicle – безпилотен летателен апарат) и UAS (Unmanned Aerial System – безпилотна летателна система). За удобство в настоящия материал ще се използва понятието БЛА, като изследванията и анализите ще са валидни и за безпилотните летателни системи [1-6].

Съвременните БЛА са оборудвани със сложни радиоелектронни средства (РЕС), позволяващи им да изпълняват с висока ефективност широк кръг задачи – от наблюдение и разузнаване на земната повърхност до целеуказване и нанасяне на огневи удари. Системите за управление на БЛА са основна част от общата радиоелектронна апаратура намиращи се в тях, като те са главно два типа – с автономен режим на работа и с дистанционно управление.

Поради големият си брой и нараснала употреба в различни сфери на дейности, в настоящия материал ще се разгледат предимно БЛА с малък радиус на действие произведени и използвани за професионални нужди.

### 2. Изложение

Бурното развитие на БЛА предполага изработване на обща класификационна система, за единно разбиране при изследване на проблемите свързани с проектирането,

изработването, производството и експлоатацията на различните типове БЛА и на системите за борба с тях [7-11]. На основата на анализа на редица публикации, включително и на стандартите на ICAO и НАТО (STANAG) [1-3] в настоящия материал се предлага обобщена класификация на БЛА по най-важните, базови признаци, а именно:

- категория с отчитане на полетното тегло и максималния радиус на действие;
- максимална далечина на полета;
- височина на полета;
- функционално предназначение

По категории БЛА се разделят на: тактически, оперативно-тактически, стратегически, специални. Освен това категориите имат свои подкатегории: тактическите – нано (Nano, η), микро (Mikro, μ), мини (Mini), свръх леки (CR); оперативно тактически – леки (SR); оперативни – средни (MR), средно тежки (MRE), тежки маловисочинни (LADP); оперативно-стратегически – леки (нисковисочинни с голяма продължителност на полета LALE), тежки (средновисочинни с голяма продължителност на полета MALE); стратегически – тежки (височинни с голяма продължителност на полета HALE); специални – безпилотни бойни самолети (UCAV), камикадзе (Lethal/LETH), мираж (Decoy/DECO), стратосферни (STRATO), екзостратосферни (EXO), космически (SPACE).

По максималната далечина на полета в зависимост от категориите БЛА могат да се класифицират по следния начин: нано (Nano, η) – до 1 км, микро (Mikro, μ) – до 10 км, мини (Mini) – до 30 км, CR – от 10 – 30 км, SR – от 30 – 80 км, MR – от 80 – 200 км, MRE от 200 -500 км, LADP от 250 – 800 км, LALE и MALE от 500 – повече от 800 км, HALE – повече от 2000 км., специалните БЛА – не по-малко от 1500 км.

Независимо от типа на БЛА и неговото предназначение в неговия състав влизат редица радиоелектронни средства, най-често срещаните от които са [1,2,3]:

- приемник на сигналите на спътниковите навигационни системи (GPS/ГЛОНАСС;/GALILEO/BEJGOU);
- командно и навигационни радиoliniи;
- радиoliniи за предаване на видео, телеметрична и друга информация;
- устройства за видео, инфрачервено, лазерно и радиолокационно разузнаване
- бордова цифрова изчислителна машина или автопилот;
- устройство за архивиране на видеоинформация и др.

Обект на изследването са устройствата и системите в БЛА за дистанционно управление:

- средства за дистанционно управление на движението и навигацията на БЛА;
- средства за дистанционно управление на радиоелектронната апаратура в БЛА, която е предназначена да изпълнява основни задачи по предаване на видео и телеметрична информация, видео, инфрачервено, лазерно и радиолокационно разузнаване и други.

Дистанционното управление на БЛА може да се осъществява основно чрез радиокомуникация по два начина:

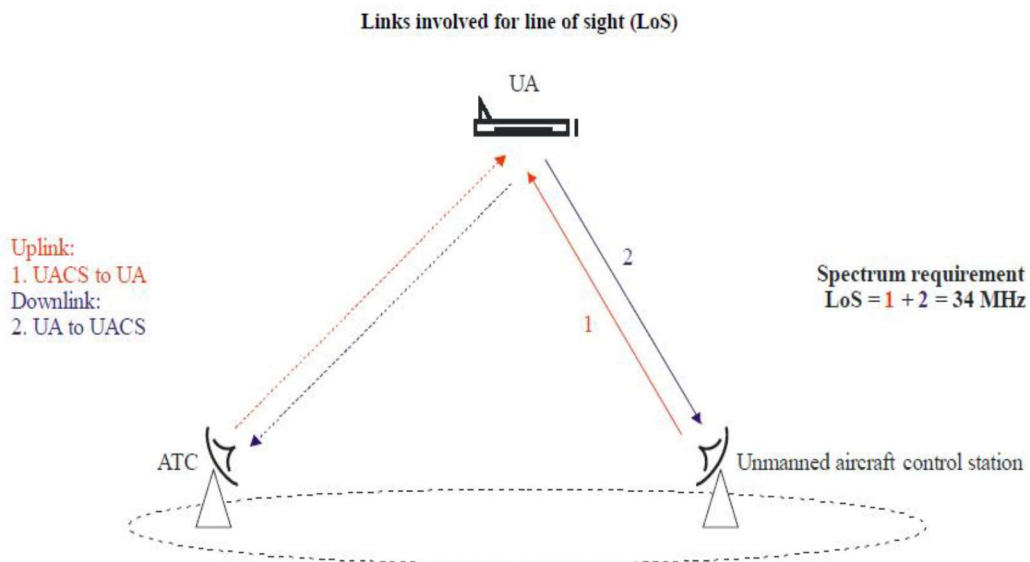
- директно от наземен (надводен) център за управление, стационарен или мобилен;
- индиректно, чрез сателитна комуникация, чрез наземен (надводен) ретранслатор или чрез ретранслатор намиращ се във въздуха (на борда на самолет, вертолет, друг БЛА, аеростат и пр.).

За БЛА с близък радиус на действие се използват основно методите за директно управление от наземен център или чрез наземна ретранслация. Другите два метода изискват по скъпо оборудване и се използват за БЛА с по-голям обсег на действие [2,3].

Директното управление от наземен център се осъществява чрез два вида комуникация с БЛА :

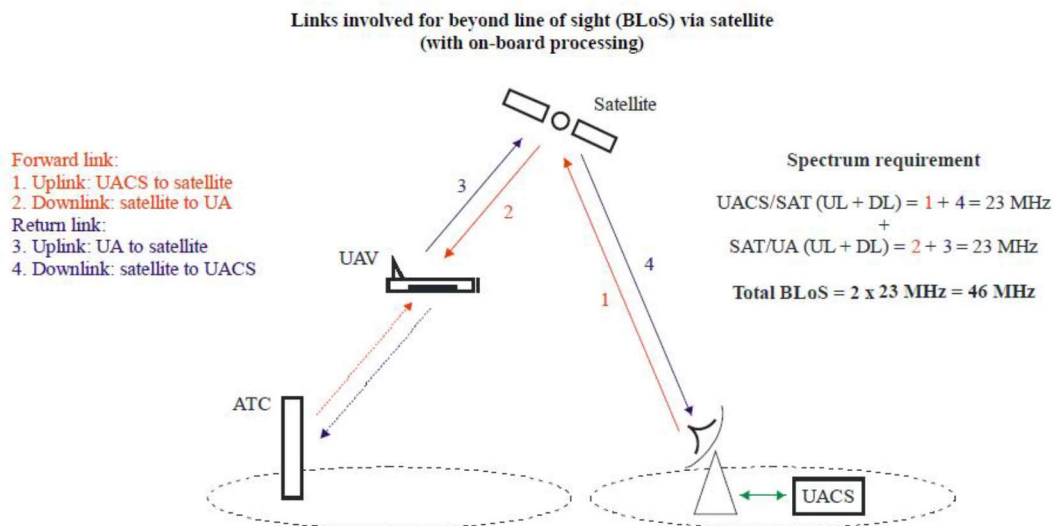
- с пряка видимост с БЛА (VLoS – Visual Line of Sight);
- без пряка видимост с БЛА (BLoS – Beyond Line of Sight).

На Фигура 1 е показан принципът за работа на БЛА в режим на пряка видимост с командния център VLoS, а Фигура 2 представя принципът за работа на БЛА в режим на непряка видимост с командния център BLoS.



Report M.2171-02

**Фиг. 1. Принцип на работа на БЛА в режим на пряка видимост с командния център VLoS [1]**



Report M.2171-03

**Фиг. 2. Принцип на работа на БЛА в режим на непряка видимост с командния център BLoS [1]**

Радиокомуникацията осъществявана за средствата за дистанционно управление на движението и навигацията на БЛА и за средствата за дистанционно управление на радиоелектронната апаратура в БЛА може да бъде осъществявана по един или по

различни радиоканали. Комуникацията с БЛА с малък радиус на действие и за професионално използване е предимно двупосочна.

В някои БЛА се използват различни канали за управление на полета и за управление на редиоелектронната апаратура за изпълнение на специфичните задачи. Командите за управление са по-кратки и по-рядко, за разлика от командите и информацията която се предава предимно от БЛА към наземния център[1,2,3].

В повечето БЛА с малък радиус на действие се използва предимно един комуникационен канал. Когато се предвижда предаване на видео информация от БЛА в реално време тогава задължително се използват различни канали за управление и за предаване на видеоинформацията. Например в по-високия клас БЛА с малък радиус на действие, като Phantom 4 Pro честотен канал за оперативни цели е 2.4 GHz и 5.8 GHz.

Управлението може да ползва и двата честотни канали, а предаването на видеоинформация в реално време е в честотни канали на 5.8GHz.

По-малките БЛА от спектъра с малък радиус на действие, като например моделът на FLANKER W606-5 се управлява само на честоти от 2.4GHz, а видеоинформацията се предава само на честота 5.8GHz.

Радиокомуникацията осъществявана за средствата за дистанционно управление на движението и навигацията на БЛА и за средствата за дистанционно управление на радиоелектронната апаратура в БЛА основно се регламентира от ICAO – Международната организация за гражданска авиация и WRC – Световната радио конференция [1,2,3].

Тези две световни организации са ангажирани основно със създаване на регламенти и правила за БЛА и БЛС, които да бъдат максимално общоприемливи в международен мащаб, така че производители и ползватели на БЛА да бъдат улеснени в производство и ползване и в същото време да не се ограничава свободата на инициативите за различни приложения на БЛА и свободата на отделните държави да имат свои аспекти в локалните регулации.

За радиокомуникацията осъществявана за средствата за дистанционно управление на движението и навигацията на БЛА и за средствата за дистанционно управление на радиоелектронната апаратура в БЛА основно се използват безлицензионните честотни ленти 2.4 MHz и 5.8 MHz, както и 433MHz, 868 MHz и 915 MHz.

На световния радиоконгрес през 2012 г. WRC-12 е определен за ползване за БЛА честотен спектър 5030-5091 MHz за наземен контрол.

На тази база в Таблица 1 са показани основните честоти, които на този етап се използват от БЛА с малък радиус на действие.

**Таблица 1. Основни честоти за дистанционно управление на малки БЛА**

Основна честота, MHz	433	868	925	2400	5050	5400
Управление на полета	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Предаване на видео информация					ДА	ДА
Предаване на други данни от БЛА		ДА	ДА	ДА	ДА	ДА

Скоростта на създаване на правила и регламенти в световен мащаб е висока и е функция на скоростта на развитие на БЛА и приложенията им.

Крайната цел е създаване на ясни правила и зони за ползване на БЛА в градски и извънградски региони. Това означава че трябва да бъдат създадени защитни механизми – административни и най-вече технически за недопускане на БЛА в забранени за това зони.

Това са вътрешно и външно държавни механизми, които трябва да се подчиняват на общи регламентации от ICAO и други световни организации занимаващи се с проблемите в тази област, като:

- EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment) Европейска организация за гражданско авиационно оборудване;
- ITU (International Telecommunication Union) Международен телекомуникационен съюз;
- WRC (World Radiocommunication Conference) Световна радиоконференция.

В доклад ECCRep268 – „Технически и регулаторни аспекти и нуждата от регулация на спектъра за беспилотни летателни системи“ издаден от Комитета по електронни комуникации по повод Европейска конференция на пощенската и телекомуникационната администрация [3], са представени въпроси и отговори отнасящи се до БЛА и по-специално до честотните спектри, разпределени за тях, в различните държави. Наличието на национални изисквания и специфичните работни честоти, определени за БЛА, са публикувани в т.нар. Национална таблица за разпределение на честотите на държавата (NTFA – National Table of Frequency Allocations) [3], основните данни от която са показани в Таблица 2.

**Таблица 2. Национални изисквания и честоти за работа на БЛА**

Албания	Да
Австрия	Не Към момента те използват SDR и RLAN оборудване. Има специални честоти, планирани за CNPC-Link в зависимост от мерките за хармонизация
Белгия	Да
Босна и Херцеговина	Не
Хърватия	Не
Кипър	Не
Чешка република	Не
Финландия	Да Има честоти за телекомандно оборудване за ползване в честота 34.995–35.225 MHz. Освен това на разположение са колективни лицензи за широко лентово оборудване (WAS/RLAN) на 2,4 GHz и 5,8 GHz. Нито една от тези честоти не е специално определена за дроне. В NTFA честотата 5031-5090 MHz е дадена за контрол и нетоварни комуникации за авиационен маршрутен трафик (пътнически и товарен)
Франция	Не – Няма специални честоти за БЛА. Такива са определени за модели свързани с Решение на ЕС 2006/771/CE изменено по-късно в Решение ERC/DEC/(01)11 и ERC/DEC/(01)12 и въведено от Френския регулатор за честотите с решение № 2014-1263.
Грузия	Не
Германия	Не

Гърция	Да Следните честотни диапазони са на разположение за контрол: 26.995 MHz, 27.045 MHz, 27.095 MHz, 27.145 MHz, 27.195 MHz (according to 2013/752/EU and ERC REC 70-03) 40.665 MHz, 40.675 MHz, 40.685 MHz, 40.695 MHz (according to ERC/DEC/(01)12 and ERC REC 70-03) 34.995–35.225 MHz (само за летящи модели)
Унгария	Не – Няма специални честоти за БЛА. Стартирало е проучване за възможни нови регулации относно използването на честоти за такива цели.
Ирландия	Да Към момента в Ирландия дроните работят в спектър 2.4 GHz и 5.8 GHz
Италия	Да – 5030-5091MHz
Латвия	Да – 34,995-35,225 MHz 100mW е само за летателни апарати
Литва	Не
Черна гора	Не – В процес на проучване
Нидерландия	Да – 5030-5091 MHz, 2300-2495 MHz и спектър без лиценз (2,4 и 5 GHz)
Португалия	Не
Руска федерация	Да – 26.957-27.283 MHz, 28.0-28.2 MHz, 40.66-40.7 MHz и 2400-2483.5 MHz
Сърбия	Не
Словакия	Не
Словения	Не
Norway	Не
Испания	Не
Швеция	Не – Няма специални честоти за БЛА, но се използват основно лицензирани честоти 2.4 GHz и 5 GHz
Швейцария	Да – 34,995-35,225 MHz – ISM 2,4 GHz и Band ISM 5 GHz
Обединено Кралство	Не

От Таблица 2 се вижда, че не всички държави имат изисквания към честотните диапазони на използваните в БЛА радиоелектронни средства. Там където такива изисквания съществуват те са разнообразни, а в някои държави процесът на регламентиране на използваните от БЛА честоти е стартирал, но не е завършил.

Съществува тенденция в различни формати, в частност – в Европейския съюз, да се разработят общи регламенти в тази насока, които да се свържат и с регистриране на всички притежатели на БЛА от определен тип [1-3].

### 3. Заключение

Към настоящия момент за радиокомуникация осъществявана за средствата за дистанционно управление на движението и навигацията на БЛА и за средствата за дистанционно управление на радиоелектронната апаратура в БЛА основно се използват безлицензионните честотни ленти 2.4 MHz и 5.8 MHz. В относително недалечно бъдеще

може да се очаква за тези нужди да се премине към използването и на честотната лента 5030-5091 MHz.

В системите за сигурност и защита на различни обекти от нерегламентирано наблюдение и/или въздействие чрез средства пренасяни от БЛА се е появил нов сектор, което изисква както нови технически решения, така и редица нови по характер организационно-административни действия [4-8].

## Литература

1. Communication aspects of Unmanned Aircraft System (UAS), Radio Division, TEC, 2009.
2. Report ITU-R M.2171 Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace, 12/2009.
3. Technical and Regulatory Aspects and the Needs for Spectrum Regulation for Unmanned Aircraft Systems (UAS), ECC REPORT 268, approved 9 February 2018.
4. Tumbarska A., P. Petkov. Non-lethal Weapons in the Context of the Required by International Law. Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“, Том 4, НБУ "В.Левски", 2017, ISSN:2367-7465, pp.148-158.
5. Тумбарска, А. Методология за оценяване потенциалните възможности на нелетални средства. Сб. Докл. Пета национална конференция с международно участие „Металознание, хидро- и аеродинамика, национална сигурност 2015“, София, 22-23 октомври 2015, ISSN 1313-8303, с. 334-338.
6. Tumbarska, A. Criteria for Evaluating the Capabilities of Groups of Similar Non-lethal Weapons. International Scientific Journal “Security & Future”, No.1, 2017, ISSN 2535-0668, pp. 30-33.
7. Stoichev K., V. Panevski, D. Dimitrov, N. Obreshkov. Methodology for assessment of the level of security and protection of critical infrastructure. International Journal of Economics, Commerce and Management, 6, 2016, ISSN:2348 0386, pp.173-192.
8. Stoichev K., V. Panevski, D. Dimitrov. Contemporary approach for complex analysis and evaluation of hazardous environments (CAEHE). International Journal of Economics, Commerce and Management, IV, 4, 2016, ISSN:2348 0386, pp.500-516.
9. Stoichev K., D. Dimitrov, V. Panevski. Critical infrastructure integrated security and protection. ИМСТЦХА-БАН, 2018, ISBN:978-619-90310-8-7
10. Димитров Д., В. Николова, П. Василева, М. Асенов. Технически и организационни аспекти на подходите, прилагани за осигуряване на ефективна сигурност и защита на критичната инфраструктура. Шеста национална конференция с международно участие „Металознание, хидро-и аеродинамика, национална сигурност 2017“, ИМСТЦХ-БАН, 2017, ISSN:1313-8308
11. Николова, В., Ст. Петков. Основни направления за развитието на защитни устройства от динамичен тип. проблеми и перспективи. Годишна университетска научна конференция – НБУ "В.Левски", В. Търново, том 4, 2016