

БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ЗЕМНАТА ПОВЪРХНОСТ

Валентина Цекова, Георги Сотиров

*Институт за космически изследвания – БАН, ул. Московска №6, 1000 София
vtsekova@mail.space.bas.bg, gsotirov@space.bas.bg*

Ключови думи: *безпилотни летателни апарати, наблюдение и мониторинг, оптико-електронна система, телевизионна камера*

Резюме: *Разгледан е един тип малки безпилотни летателни апарати за мониторинг на земната повърхност. Показани са съставът и възможностите му за осъществяване на въздушно наблюдение на райони от земната повърхност денем и нощем и предаване на полетната информация от борда му в реално време.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Работата по създаването на безпилотни летателни апарати (БЛА) започва още в годините на Първата световна война. През тридесетте години на миналия век са разработени първите дистанционно-пилотирани въздушни мишени. По време на втората световна война Германия използва и създава първите БЛА за поразяване на земни цели. В края на петдесетте години са разработени БЛА за разузнаване. Двадесет години по-късно се появяват и използват съвременните бойни (ударни) БЛА. В резултат на активна научно изследователска работа са разработени безпилотни самолети за продължително въздушно наблюдение, които стават основен елемент на съвременните разузнавателно-ударни комплекси. Следват години, през които се дава превес на голямата авиация. В края на миналия и в началото на днешния век ситуацията се променя радикално. Днес десетки компании, включително и такива със смесено участие, от страни като Русия, САЩ, Израел, Украйна, Франция, Великобритания, Швеция, Швейцария, Германия, Италия, Австрия, Чехия, ЮАР, Малайзия, Китай, Сингапур и др., се занимават с разработване и производство на БЛА. В България също има определен опит в тази насока. Разработени са десетина типа БЛА, които са използвани основно като мишени. Стотици от тях са продавани и в чужбина. Определени успехи има и при разработването на мини БЛА за въздушно разузнаване.

Съвременните безпилотни летателни апарати условно се разделят на няколко класа в зависимост от [2]:

- стартовата маса - на микро - (≤ 5 kg), мини - (≤ 200 kg), миди - (≤ 1000 kg), макси БЛА (> 1000 kg) и супермакси – десетки тонове;
- продължителността и времето на полет - на апарати с продължителност на полета по-малко от 1 час, от 3 часа, от 6 часа, от 12 часа, от 24 часа и т.н.;
- височината на полет - на летателни апарати с практически таван до 1, 3, 9 -12 km, и на повече от 20 km.

Главните достойнства на БЛА се състоят в ниската им цена и малката им маса, които са в пряка връзка с факта, че те нямат пилот и съответното оборудване за пилотиране, както и жизнеосигуряващите го системи.

ВАРИАНТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА БЛА

Възможните варианти за използване на БЛА могат да се обединят в няколко направления.

Военни приложения:

- охрана на граници;
- охрана на военни бази;
- наблюдение и предаване на информация в реално време, което позволява анализ на информацията още по време на полет - за разузнаване;
- патрулиране в приморски зони;
- търсене и спасяване на паднали самолети и вертолетите и на техните екипажи;
- разхвърляне в определени зони на апаратура за създаване на електромагнитни смущения;
- разпръскване на миниатюрни акустични системи за откриване на преместващи се бойни групи и подслушване на разговори в труднодостъпни места, като гъсти гори или джунгли;
- разпръскване и спускане с парашут на малки метеосонди за измерване на налягане, температура и скорост на вятъра - за корекция на огъня на артилерията и РВ.

Граждански приложения:

- ретранслация на сигнали в телекомуникационни системи;
- управление на въздушното движение;
- контрол на съдоходството;
- постановяване на акустични и метеорологични датчици;
- наблюдаване на състоянието на електромрежи, нефто и газопроводи, на движението по пътищата, включително и на ж.п. транспорта;
- мониторинг, откриване, локализиране и оценка на стихийни природни бедствия, наводнения, пожари и промишлени аварии и ликвидиране на техните последици;
- доставяне на различни малогабаритни товари в предварително зададен район.

По прогнози на американската агенция за маркетинг Forecast International за граждански цели в САЩ през следващите години ще се използват повече от 8000 броя БЛА.

Борба с тероризма:

- търсене и откриване на бази и формирования на терористи;
- наблюдение, търсене и откриване на опиумни, кокаинови и др. подобни плантации и търговия с наркотици;
- проследяване на маршрути за движение и бази на контрабандисти;
- борба с наркотрафиканти, браконieri и нелегалните емигранти.

СЪСТАВ И ВЪЗМОЖНОСТ НА МИНИ БЛА ЗА ВЪЗДУШЕН МОНИТОРИНГ

Една от основните задачи в много от посочените приложения на БЛА е мониторингът (наблюдението) на земната повърхност в реално време денем и нощем. Постигането на тази задача е възможно чрез използване на мини БЛА, в състава на който влизат:

- система за навигация и управление;
- система за въздушен мониторинг;

- система за предаване на информацията от въздушното наблюдение към наземен пункт за приемане и обработка на информацията от въздушното наблюдение и за управление на БЛА.

Мощно средство за получаване на достоверна информация от въздушното наблюдение е оптико-електронната система, монтирана на борда на БЛА. Тази система функционира в условия на промени:

- във видимостта и осветеността на обектите за наблюдение вследствие измененията в метеорологичните условия и маневрите на самолета;

- във взаимното положение между оптико-електронната система и наблюдаваните обекти при големи относителни скорости на линейни и ъглови изменения.

В състава на оптико-електронната система влизат както оптични, така и много електрически и механични елементи и съединения.

Телевизионната (ТВ) камера е най-важният елемент на оптико-електронната система, тъй като тя преобразува светлинната информация от наблюдавания обект в електрически сигнали. ТВ камерата от своя страна се състои от ТВ оптика и ТВ датчик (сензор). С помощта на оптиката върху работната светочувствителна повърхност на сензора се формира изображение на наблюдавания обект. В съвременните оптико-електронни системи най-често като ТВ датчици се използват твърдотелни видикони на базата на прибори със зарядна връзка, които се характеризират с малка маса и габарити, ниско захранващо напрежение, малка консумация на електроенергия, висока разделителна способност и др.

За получаване на добри изображения при различни размери на зоната на наблюдение и при сложна конфигурация на обектите се поставят редица изисквания към ТВ оптиката като: голям диапазон на изменение (кратност) на фокусното разстояние; възможност за фокусиране на наблюдаваните обекти, разположени на различно разстояние; голям ъгъл на полезрение; малка маса и габарити; минимални механични премествания на отделни оптически елементи и др. Поради това като ТВ оптика се използват вариообективи, тъй като чрез тях се постига по-голяма оперативност и гъвкавост при наблюдението. Те позволяват плавни изменения в широки граници на фокусното разстояние и на мащаба на изображението.

Ефективността на въздушното наблюдение и достоверността на получената информация зависят съществено от избора на основните параметри на оптико-електронната система – фокусно разстояние, вид развивка и др.

Фокусното разстояние на вариообектива на ТВ камера се определя от следната зависимост [1,4]:

$$(1) \quad F = \frac{H}{L} L_d,$$

където: H е височина на полета на БЛА над района от земната повърхност, който се наблюдава;

- L е размерът на зоната на захват, чието изображение се проектира върху светочувствителната работна повърхност на ТВ датчика;

- L_d е дължина на работната повърхност на ТВ датчика.

Дължината на зоната на захват се определя от:

$$(2) \quad L = Z_{\text{акт.}} \delta,$$

където: $Z_{\text{акт.}}$ е броят на активните редове, разлагащи кадъра на ТВ изображение;

- δ е линейната разделителна способност на ТВ камера.

Експериментално е установено, че за да се открие даден обект, то трябва да бъде изпълнено следното условие [4]:

$$(3) \quad L_{\text{откр.}} \geq (3 - 4) \delta_{\text{откр.}},$$

а за да се разпознае обект със сложна конфигурация – съответно условието:

$$(4) \quad L_{\text{разп.}} \geq (10 - 20) \delta_{\text{разп.}},$$

където: $L_{\text{откр.}}$ е дължината на зоната на захват, при която се открива обекта, а

$L_{\text{разп.}}$ е дължината на зоната на захват, при която се разпознава обекта.

По-голямата част от съществуващите ТВ камери има 625 реда в кадър, като броят на активните редове е 580.

За целите на въздушното наблюдение може да бъде избран ТВ датчик с вариообектив J33a x 11 BIAS на фирмата Canon, който има достатъчно голяма кратност на изменение на фокусното разстояние $k = 33$ и е с променливо фокусно разстояние от 11 до 363 mm [3].

Той е разработен за работна повърхност със следните размери:

- дължина $L_d = 8,8$ mm;

- широчина $h_d = 6,6$ mm;

- диаметър $d_d = 18$ mm.

Като се използва такъв вариообектив в състава на ТВ камера за оптико-електронната система на БЛА могат да се определят максималните и минималните височини на полет, при които ще се разпознават или откриват различни обекти от райони на земната повърхност, над които прелита БЛА.

От формула (1) можем да намерим:

- минималната височина на полет за откриване на обекти за наблюдение:

$$(5) \quad H_{\text{откр. min}} = \frac{F_{\text{min}}}{L_d} L_{\text{откр.}};$$

- максималната височина на полет за откриване на обекти за наблюдение:

$$(6) \quad H_{\text{откр. max}} = \frac{F_{\text{max}}}{L_d} L_{\text{откр.}};$$

- минималната височина на полет за разпознаване на обекти за наблюдение:

$$(7) \quad H_{\text{разп. min}} = \frac{F_{\text{min}}}{L_d} L_{\text{разп.}} ;$$

- максималната височина на полет за разпознаване на обекти за наблюдение:

$$(8) \quad H_{\text{разп. max}} = \frac{F_{\text{max}}}{L_d} L_{\text{разп.}} .$$

С помощта на дадените по-горе зависимости – формули (1) – (8) са направени разчети за обекти с различни линейни размери – от 3 m до 100 m, които са показани в таблица 1. Пресметнати са минималните и максималните височини на полет, при които наблюдаваните обекти се откриват и разпознават. Резултатите показват, че разглежданата оптика е многофункционална. Тя позволява осъществяване на наблюдения в широк диапазон на височини на полет на БЛА както на малогабаритни обекти, така и на обекти със значителни размери.

Таблица 1

$L_{\text{обект}}$ [m]	$\delta_{\text{откр.}}$ [m]	$\delta_{\text{разп.}}$ [m]	$L_{\text{откр.}}$ [m]	$L_{\text{разп.}}$ [m]	$H_{\text{откр. min}}$ [m]	$H_{\text{откр. max}}$ [m]	$H_{\text{разп. min}}$ [m]	$H_{\text{разп. max}}$ [m]
3	1	0,3	580	174	725	23925	217,5	7177,5
5	1,6	0,5	962,8	290	1203,5	39715,5	362,5	11962,5
10	3,3	1	1914	580	2392,5	78952,5	725	23925
15	5	1,5	2900	870	3625	119625	1087,5	35887,5
20	6,6	2	3828	1160	4785	157905	1450	47850
30	10	3	5800	1740	7250	239250	2175	71775
50	16,6	5	9628	2900	12035	397155	3625	119625
100	33	10	19140	5800	23925	789525	7250	239250

Широките възможности за наблюдение с мини БЛА при така избраната оптика позволяват включването му в авиационен комплекс, който да изпълнява редица задачи, свързани с мониторинг на обекти върху земната повърхност. Основен елемент на комплекса се явява мини БЛА. В наземен пункт (НП) за управление на БЛА и за приемане и обработка на информацията се осъществява дистанционно управление и навигация на БЛА по зададена траектория и определяне на неговото местоположение. Полетната информацията се приема в реално време и се анализира от оператори. Управлението на БЛА се извършва по програма или от оператор. При необходимост

управлението на БЛА може да премине от автономен в ръчен режим и обратно или да бъде коригирана програмата за автоматичния му режим.

За по-голяма оперативност и достоверност в НП може да се приема и обработка информацията от няколко БЛА, което ще позволи извършването на непрекъснато наблюдение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концепцията за използване на авиационния комплекс ще се формира на базата на конкретните задачи, които той ще изпълнява. Обединяването в единна структура на високоточни средства за наблюдение - сензори и оптика ще позволи постигане на висока ефективност при осъществяване на мониторинг на земната повърхност, свързан с операции за наблюдаване на развитието - ранно откриване, локализиране и оповестяване на бедствия и аварии, в това число на възникване на горски и полски пожари, наводнения и др.

Авиационният комплекс освен това може да бъде успешно използван и от армията, гранична полиция и други организации и ведомства за решаване на задачи от национално значение, но с изразходване на много по-малко ресурси. Опитът, натрупан в нашата страна при разработването на мини БЛА, позволява производството на такива средства на ново, по-високо технологично ниво.

Литература:

- [1]. Бабенко, В. С. Оптика телевизионных устройств. М. Радио и связь, 1982.
- [2]. Киримов, А., В. Ильин. В России задумались над беспилотниками. Независимое военное обозрение, 14.12.2001.
- [3]. Объективы вещательного телевидения фирмы Canon. Сп. Техника кино и телевидения, 1993, №6.
- [4]. Цекова, В. Избор на телевизионен датчик и оптика за оптико-електронни системи за въздушно разузнаване. Научно-тематичен сборник ЮНС, 1995, стр.151 – 158.

UNMANNED AIR VEHICLES FOR LAND MONITORING

Valentina Tsekova, Georgi Sotirov

*Space Research Institute, 6 Moskovska Str.
vtsekova@mail.space.bas.bg, gsotirov@space.bas.bg*

Key words: *unmanned air vehicles, land observation and monitoring, optical electronic system, TV camera*

Abstract: *One kind of small unmanned air vehicles for land monitoring are considered. The structure and the possibilities of airborne observation of land areas in the day and the night conditions and transmission of the flight information in real time are presented.*