

UOT: 623.746.4-519

DOI: 10.34826/NAA.2022.24.1.002

KONVERTOPLAN TIPLİ PİLOTSUZ UÇUŞ APARATININ KONSTRUKTİV İŞLƏNMƏSİ

Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Abdullayev A.A.

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə konvertoplan tipli pilotsuz uçuş aparatının konstruktiv tərtibatı və dəstləyicilərinin təyinatı verilmiş, yerləşdirilmə yerindən asılı olaraq, seçilən elementlərin onun aerodinamik xüsusiyyətlərinə təsiri nəzəri və təcrübi biliklərlə əsaslandırılmışdır. Həmçinin, strateji obyektlərin müşahidəsi kontekstində konvertoplanın əsas parametrlərinin optimallaşdırılması aparılmış, visual, akustik və radar aşkarlama vasitələri ilə, onun aşkar edilməsi ehtimalı müəyyənləşdirilmişdir.

Açar sözlər: pilotsuz uçuş aparatı, konvertoplan, uçuş kontrolleri, uçan qanad, aerodinamik xüsusiyyətlər, akkumulyator batareyası.

Məlumdur ki, qloballaşan dünyada effektiv idarəetmə, rəşional planlaşdırma, resursların optimal istismarı və təhlükəsizliyin yüksək səviyyədə təmin olunması zamanı kritik riskləri qiymətləndirmək üçün keyfiyyətli informasiya təminatına malik olmaq lazımdır.

Neft-qaz ixrac boru kəmərlərinin təhlükəsizliyinə təhdidlərin vaxtında aşkarlanması, bu istiqamətdə qabaqlayıcı və adekvat tədbirlər görməklə bütün ölkə ərazisində hava, su və quru sərhədlərinin təhlükəsizliyinin təmin olunması dövlət əhəmiyyətli məsələdir. Quruda və dənizdə neft-qaz hasilatı obyektlərinin infrastrukturunun tədqiqini, inventarizasiyasını, planlaşdırılmasını, ekoloji monitorinqini və ya onlara operativ nəzarət işlərini PUA-lar vasitəsi ilə yerinə yetirmək mümkündür [1]. PUA-ların əsas tətbiqlərindən biri də, onların xəritəçəkmə və aerofotoçəkilişlərdə istifadə olunmasıdır. Ən təhlükəli yerlərdə xəritəçəkmə və aerofotoçəkilişləri yerinə yetirməklə insanların həyat və sağlamlığı üçün riskləri minimallaşdıran PUA-nın vasitəsi ilə topoqrafik xəritələr hazırlamaq, eləcə də strateji obyektləri müşahidə etmək mümkündür. Strateji obyektlərin müşahidəsində, eləcə də mühafizəsində vizual, akustik və radar aşkarlama vasitələri ilə aşkar olunma ehtimalı çox aşağı olan son nəsil PUA-ların tətbiqinin effektivliyi əvəzəlməzdir. PUA-nın verilmiş trayektoriya üzrə avtonom uçmaq funksiyası, qeyd edilən işlərə pilotlu aviasiyanın cəlb edilməsinə sərf olunan xərcləri və çəkilişlərə ayrılan vaxtı əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa, real vaxtda bortdan təsviri ötürmək funksiyası, yerin canlı görüntüsünü monitorda görməyə və yerində qərar qəbul etməyə imkan verir.

İşin məqsədi: xəritəçəkmə, neft-qaz sənayesi obyektlərinin monitorinqi, strateji obyektlərin müşahidəsi və havadan kəşfiyyatın aparılması məqsədi ilə hazırlanmış və həm helikopterin, həm də təyyarənin uçuş-texniki xüsusiyyətlərini özündə birləşdirən konvertoplan tipli pilotsuz uçuş aparatının (PUA) optimal konstruktiv tərtibatını müəyyənləşdirməkdən ibarətdir.

Konvertoplan tipli PUA-nın tərkib hissələrinin quruluşu və iş prinsipi. Tərəfimizdən layihələndirilərək hazırlanmış, lazımi texniki xarakteristikalara malik [2, 3] konvertoplanın tərkib hissələrini təşkil edən dəstləyicilərin təsviri və əsas parametrləri cədvəl 1-də verilmişdir.

Konvertoplanın konstruksiyası **“Skywalker X8 Flying Wing 2120mm”** növlü tərpənməz qanad planeri əsasında bilavasitə füzelyajın arxa tərəfində quraşdırılmış itələyici mühərrikdən, gövdəsinə yerləşdirilmiş elektron avadanlıqlardan və qanadların üst tərəfində bir-birinə nəzərən paralel yerləşdirilmiş karbon borulardan ibarət iki daşıyıcı qol vasitəsilə planərə bərkidilmiş qaldırıcı mühərriklərdən istifadə etməklə layihələndirilmişdir. Daşıyıcı qollar qismində diametri 20 mm, divarının qalınlığı 1 mm, uzunluğu 1 m olan karbon borulardan istifadə edilmişdir. Konvertoplanın ön və alt hissədən görünüşü şəkil 1(a, b) -də verilmişdir.

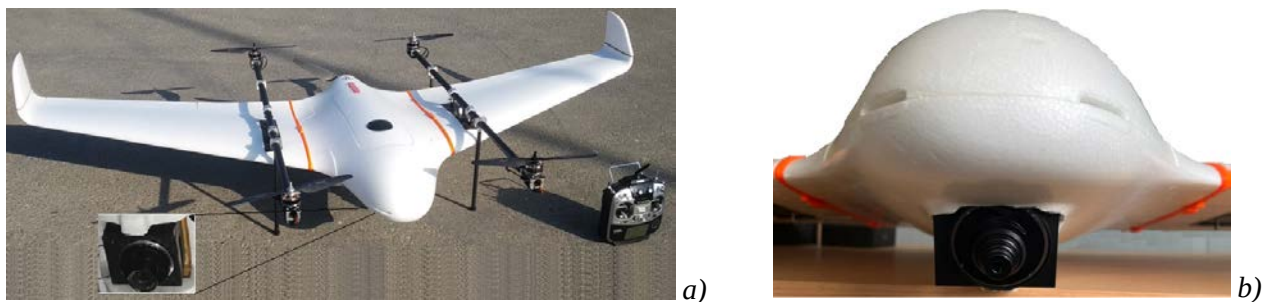
Qaldırıcı mühərriklərin yerləşdirilməsi zamanı: konstruktiv, aerodinamik və PUA-nın təyinatına görə aşağıda göstərilən müəyyən tələblər yerinə yetirilməlidir.

Cədvəl 1.

Konvertoplanın struktruna daxil olan bort dəstləyiciləri

№	Məmulatın adı və (və ya) markası	Təsviri	İş prinsipləri və ya xüsusiyyətləri
2.	Here 2 GHSS		GPS modul
3.	PIXHAWK 2.1- Cube		Uçuş kontrolleri mikroprosessor, 3 oxlu giroskopdan, maqnitometrən, 2 barometrən ibarətdir. Tezlik: - 168 MHz; Operativ yaddaş: - 256 kB; EEPROM: - 2 MB.
4.	Karbon borular		Kompozit tərkibli karbon borular
5.	Akkumulyator batareyaları		LiPo batareya 6S 5000 mAh
6.	P15x5 Prop-2PCS/PAIR		- maksimal fırlanma sürəti - 3500 dövr/dəq; - yüngüldür, yüksək yüklənmə qabiliyyətinə və böyük uçuş müddətinə malikdir. - qanadların sayı - 2;
7.	Kollektorsuz elektrik mühərriki (qaldırıcı), T-Motor MT4008 KV600		- daxili müqavimət - 132 mΩ; - statorun diametri - 40 mm və uzunluğu - 8 mm; - valın diametri - 4 mm; - çəkisi - 100 q;
8.	ESC- elektron sürət tənzimləyicisi T-Motor 40A		- cərəyan - 40 A - tezlik - 400 Hz - batareya - 2-6S - çəkisi - 26 q - ölçüləri - 55.6×25.2×11.3 mm
9.	Master Airscrew 12×6 K-Series Propeller		Dartı (itələyici) pəri
10.	Kollektorsuz elektrik mühərriki (itələyici), U7-V2.0 KV490		İtələyici mühərrik
11.	ESC - elektron sürət tənzimləyicisi T-Motor 80A FLAME LV		400 Hz ESC 4-6S gərginliklə işləyir. - cərəyan - 80 A - ölçüləri: 30,6×72,2×17,3 mm - çəkisi - 110 q
12.	Foxtech Map-02		- piksel sayı (effektiv): 24.3 mp - çəkiliş sürəti: 30-1/4000 san. - şəkil formatı: jpeg, raw, - işçi gərginliyi - 8,4 V
13.	MinimOSD		- işçi gərginliyi - 5 V, - FTDİ giriş
14.	Radio telemetric modul CUAV SX Radio CUAV SX Radio		- 1mW-1W Switched - 900MHz Wireless Data Transmission Module TX RX - çəkisi - 39 q
15.	FPV 5,8 GHz Wireless Video Link 48CH Transmitter TS832		- güc - 600 mW; - çəkisi - 25 q

- 1) Fırlanma oxu üzrə mühərriklərin mərkəzləri arasındakı məsafə mümkün qədər az olmalıdır.
- 2) Pərlərin fırlanması zamanı onların cızdığı dairələrin sahəsi planerin tutduğu sahədən kənarda qalmalıdır.
- 3) Mühərriklərin yerləşməsi PUA-nın təyinatı üzrə istifadəsinə imkan yaratmalıdır.

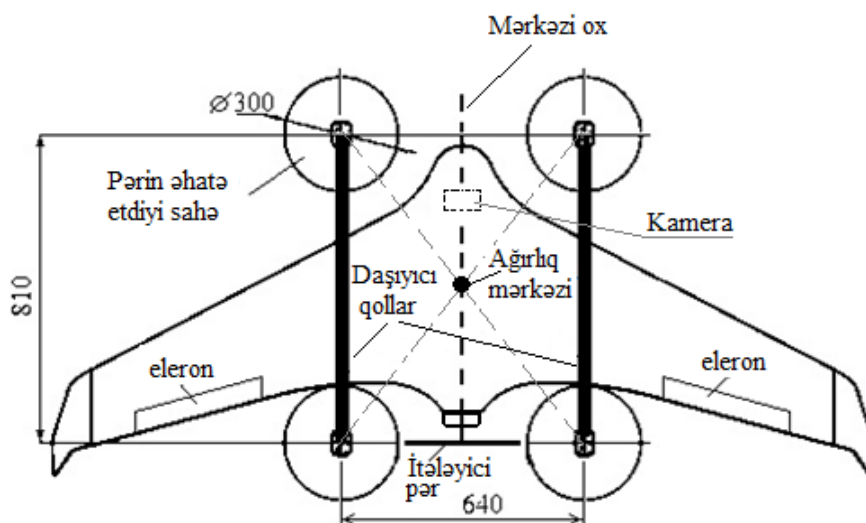


Şəkil 1. Konvertoplanın ön və alt hissədən görünüşü

Birinci tələb, daşıyıcı qollara düşən qüvvələr momentini, nəticədə onların yüklənməsini azaltmaq üçündür və konstruktiv tələbdir. Bu tələbin yerinə yetirilməsi zamanı nəzərə almaq lazımdır ki, şaquli qalxmaya xidmət edən arxa mühərriklərin fırlanma oxu üzrə mərkəzləri arasındakı məsafənin minimal ölçüsü itələyici mühərrikin pərinin uzunluğu ilə məhdudlanır.

İkinci, aerodinamik tələbin yerinə yetirilməsi zamanı mühərriklərin qaldırıcı qüvvəsindən maksimum istifadə olunması təmin edilir. Əks halda, fırlanması zamanı əhatə etdiyi dairə sahəsinin qanad ilə örtülmə dərəcəsinə mütənasib olaraq pərin şaquli istiqamətdə aşağı vurduğu hava axınının səpilməsi nəticəsində mühərrikin qaldırıcı qüvvəsi azalar.

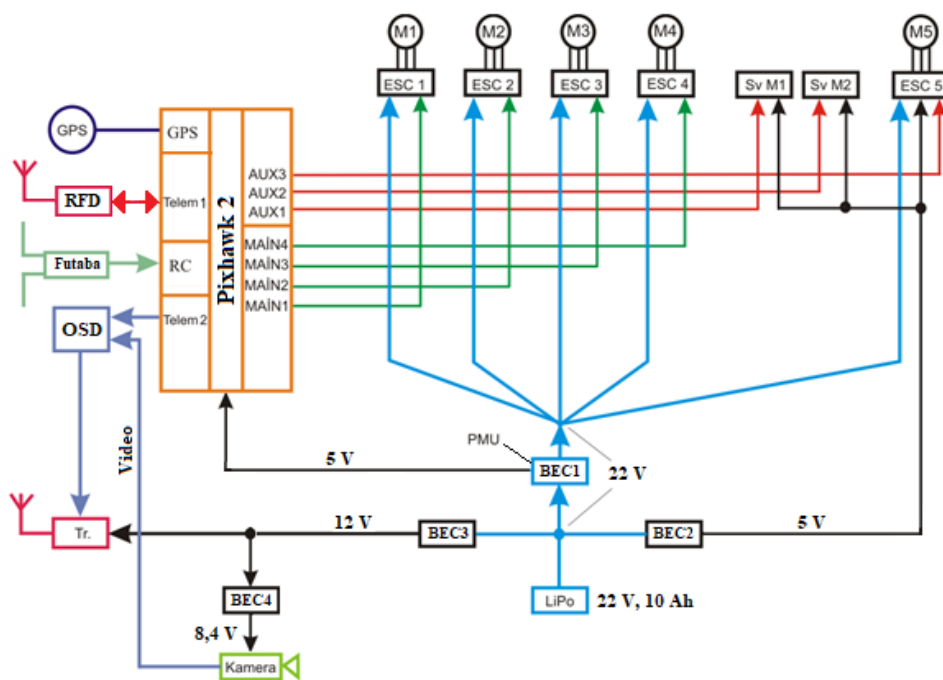
Xəritəçəkmə, eləcə də strateji obyektlərin elektron-optik kəşfiyyatının aparılması məqsədi ilə PUA ön hissədən füzelyajın alt tərəfinə tərپənməz bərkidilmiş videokamera ilə təchiz olunmuşdur. Fırlanma zamanı pərlərin videokameranın obyektivinin görmə sahəsinə düşməsi və təsvirin keyfiyyətinə mənfi təsir göstərməsi mümkündür. Beləliklə, üçüncü tələbi yerinə yetirmək, eləcə də PUA-nın havada dayanıqlı tarazlığını təmin etmək məqsədi ilə mühərriklər qanadların üst tərəfində bərkidilmişdir. Belə konstruksiyada PUA-nın ağırlıq mərkəzi qaldırıcı mühərriklərin yerləşdiyi müstəvidən aşağıda olur ki, bu da dayanıqlı tarazlıq şərtinin istənilən vəziyyətdə ödənilməsini təmin edilir.



Şəkil 2. Konvertoplanın üstədən görünüşü

Üfüqi uçuşu təmin edən itələyici mühərrikin planerə bərkidilməsi yeri, istehsalçı tərəfindən füzelyajın arxa hissəsində nəzərdə tutulmuşdur. Eyni şərtlər daxilində ön tərəfdə quraşdırılmış dartı mühərrikinin, arxa tərəfdə quraşdırılmış itələyici mühərrikə nəzərən iki məlum çatışmazlığı var. Birinci, planerin ön hissəsi ön tərəfdə quraşdırılmış pər vasitəsi ilə arxaya vurulan hava axınının sürətini kəskin azaldır, nəticədə təyyarənin sürəti də əhəmiyyətli azalmış olur. İkinci, ön tərəfdə quraşdırılmış pərin yaratdığı burulğanlı hava axını qanadlardan birinə aşağıdan, digərinə yuxarıdan təsir edərək təyyarəni əsas oxu ətrafında fırlatmağa və aviasiya terminləri ilə ifadə edilsə, kren üzrə onun üfüqi tarazlığını pozmağa çalışır. Üfüqi tarazlığı saxlamaq üçün qanadların arxa hissəsində kiçikölçülü hərəkətli hissələrin - elektronların vəziyyətini dəyişməklə qanadlarda fərqli qaldırıcı qüvvə yaratmaq lazım gəlir. Bu da, təyyarənin havaya qarşı müqavimətinin və enerji sərfinin artmasına, uçuş müddətinin azalmasına səbəb olur. Mühərriklərin planerdə yerləşmə sxeminin üstədən görünüşü şəkil 2-də verilmişdir.

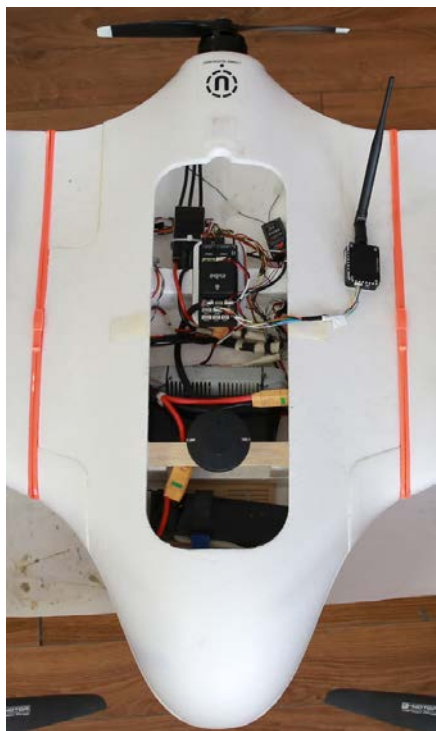
Güc sistemi. Konvertoplanın güc sisteminə beş kollektorsuz elektrik mühərriki və onların elektron sürət tənzimləyiciləri, iki servomexanizm daxildir. Məlum olduğu kimi, bir pər, kollektorsuz elektrik mühərriki və onun elektron sürət tənzimləyicisi birlikdə, pər-motor qrupunu (PMQ) təşkil edir. Konvertoplanın şaquli qalxıb-enməsinə dörd, üfüqi uçuşuna bir PMQ xidmət edir. Sağ və sol qanadlara hərəkətli bərkidilmiş iki elektronu idarə etmək üçün icraedici orqan qismində servomexanizmlərdən istifadə edilir. Elektronlar üfüqi uçuş rejimində yuxarı-aşağı, sağa-sola və dönmə hərəkətlərini tənzimləyərək konvertoplanın havada tarazlığını təmin edir. Uçuş aparatının güc sisteminin qurulması üsulları geniş şəkildə ədəbiyyat [2, 3]-də təhlil olunmuşdur. Konkret olan bu layihələndirmə üçün konvertoplanın elektrik dövrələrinin funksional blok-sxemi şəkil 3-də verilmişdir.



Şəkil 3. Konvertoplanın elektrik dövrələrinin funksional blok-sxemi

ESC (Elektron speed controller-elektron sürət tənzimləyicisi) güc dövrəsini təşkil edir, sxematik olaraq, akkumulyator və mühərrik arasında yerləşir, uyğun olaraq iki və üç naqıl vasitəsi ilə onlara qoşulur. Bu, beş güc naqilinin ən kəskin sahəsinin böyüklüyü onlardan axan cərəyanın qiymətinə mütənəib olur və böyük cərəyanlar axması səbəbindən diametrləri də, siqnal naqillərinə nisbətən böyük olur.

ESC-lərin yerləşdirilməsi zamanı bir-birinə zidd məsələləri həll etmək lazım gəlir. Məsələn, güc naqillərinin ətrafında yaranan elektromaqnit sahələri həssas, əsasən MEMS tipli ətalətli naviqasiya qurğularının və GPS qəbuledicisinin, eləcə də uçuş kontrollerinin normal işinə maneə yarada bilər. Elektromaqnit maneələrinin təsirini və itkiləri azaltmaq üçün güc naqillərinin uzunluğunun az olması məqsədəuyğundur. Digər tərəfdən temperaturlarını azaltmaq məqsədi ilə ESC-ləri pərlərin yaratdığı hava axınında, məsələn, qaldırıcı mühərriklərin mərkəzindən pərin radiusunun yarısına bərabər məsafədə yerləşdirmək məqsədəuyğundur.



Şəkil 4. Konvertoplanın füzelyajının görünüşü

Beləliklə, optimal həll qismində, ESC-ləri mühərriklərin alt tərəfində yerləşdirmək qərara alınmışdır. Bu halda, akkumulyator ilə ESC-i birləşdirən iki güc naqili karbon borunun içindən keçir və aşağıda qeyd edilən üstünlüklər əldə edilir. Birinci, karbon elektrik keçiriciliyinə malik olduğuna görə, naqillərdə yaranan elektromaqnit maneələrinin ətraf qurğulara təsiri əhəmiyyətli azalır. İkinci, mühərrik ilə ESC-i birləşdirən güc naqillərinin uzunluqları ən az olur. Nəhayət, bərkidilmiş olduqları altlıqların ölçülərini eyni seçməklə mühərriki və onun ESC-ni karbon borunun uc hissəsində mərtəbəli şəkildə quraşdırmaq mümkün olur, nəticədə konstruksiya nisbətən sadələşir [4].

İtələyici mühərrikin planerə bərkidilməsi yeri və istiqaməti tələb edir ki, onun ESC-i füzelyajın içində yerləşsin. Bu halda, temperatur rejimini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə ESC-in gücə görə ehtiyat əmsalını nisbətən böyük seçmək və ya füzelyajın içindən keçməklə istiliyin daşınmasına xidmət edən hava axınıni təmin etmək məqsədəuyğundur [5-7].

Enerji sistemi. Konvertoplanın enerji sistemi, paralel birləşdirilmiş iki LiPo akkumulyator batareyasından (AB) və çıxış gərginlikləri stabilizə edilmiş dörd gərginlik çeviricisindən ibarətdir. Enerji mənbəyi qis-

mində istifadə edilən AB- lərin hər birinin işçi gərginliyinin qiyməti 22.2 V, enerji tutumu 5000 mAh-dır. Gərginlik çeviriciləri AB-lərin nisbətən yüksək gərginliyini tələb olunan, aşağı qiymətli və stabil gərginliklərə çevirir. Onlardan birincisi dəstləyicilərinə daxil olmaqla uçuş kontrollerini 5 V, ikincisi servomexanizmləri və dartı mühərrikinin elektron sürət tənzimləyicisinin aşağı gərginlikli dövrəsini 5 V, üçüncüsü videoötürücünü 12 V, dördüncüsü kameranı 8,4 V gərginlikli enerji ilə təchiz edir. UK-nın dəstləyicilərinə daxil olan gərginlik çeviriciləri istisna olmaqla, digər gərginlik çeviriciləri bir blokda yığılmış, füzelyajın içində, mərkəzi oxla nəzərən simmetrik, AB və UK-nın arasında yerləşdirilmişdir.

Konvertoplanın güc sistemi AB-dən enerji ilə birbaşa təchiz edilir. Tələb olunan gücü və uçuş müddətini təmin etmək üçün , çəkisi 20 kq-a qədər olan uçan aparatlarında bir qayda olaraq, bir və ya bir neçə Li-Po tipli AB-dən istifadə edilir. AB konvertoplada istifadə edilən elektrik qurğularına nisbətən daha ağır çəkiyə malikdir və mühərriklərə düşən yüklənmənin bərabər paylanmasına əhəmiyyətli təsir edir. Uçuş aparatının (UA) eninə tarazlığını saxlamaq üçün AB-lər planerin mərkəzi oxuna nəzərən sağ və sol tərəflərdə simmetrik yerləşdirilmişdir. Uçuş aparatının uzununa tarazlığını əldə etmək üçün nəzərə almaq lazımdır ki, itələyici mühərrik planerin arxa tərəfinə tərپənməz bərkidilmişdir. Bu səbəbdən, mərkəzi ox istiqamətində AB-lərin yerləşdirilmə yerini sürüşdürməklə UA-nın AM-nin yerini dəyişdirmək, bununla da mühərriklərə düşən yüklənmənin bərabər paylanmasına nail olmaq mümkündür. Bu halda, uçuş aparatının AM-i diaqonal üzrə qaldırıcı mühərrikləri birləşdirən çarpaz xətlər kəsişən nöqtəyə düşür (şəkil 2).

Ümumiyyətlə, planerin ağırlıq mərkəzinin (AM) koordinatlarını aşağıdakı məlum düsturlarla hesablamaq mümkündür:

$$X_t = \frac{\sum G_i x_i}{G}, \quad Y_t = \frac{\sum G_i y_i}{G} \quad (1)$$

burada:

- X_t və Y_t - uçuş aparatının ağırlıq mərkəzinin koordinatları;
- x_i və y_i - uçuş aparatının ayrı-ayrı hissələrinin AM-lərinin koordinatları;
- G_i - uçuş aparatının ayrı-ayrı hissələrinin çəkisi;
- G - uçuş aparatının ümumi çəkisidir.

Şəkil 4-də üst görünüşdən PUA-nın ele-mentlərinin füzelyajda yerləşməsi göstərilmişdir.

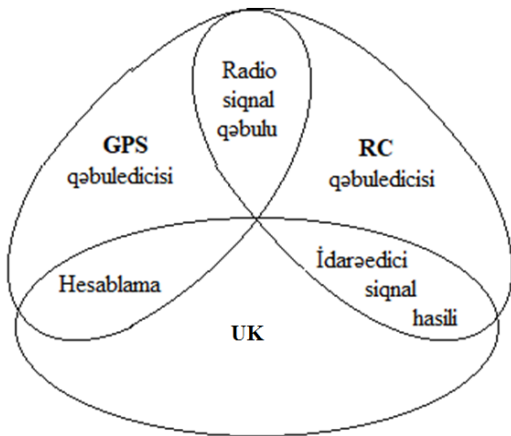
Eyni zamanda konvertoplan tipli PUA-nın ağırlıq mərkəzi [8-10] ədəbiyyatlarda verilmiş metod əsasında hesablanmışdır.

İdarəetmə və naviqasiya sistemi. Konvertoplanın naviqasiya sistemini, tərkibində GPS qəbuledicisi, 3 oxlu giroskop, 3 oxlu akselerometr, maqnitometr və barometr olan naviqasiya qurğuları təşkil edir. GPS-qlobal mövqemüəyyənətmə sistemidir, giroskop və akselerometr ətalətli naviqasiya qurğularıdır, maqnitometr elektron kompas qismində tətbiq olunur, barometr – atmosfer təzyiqinə əsasən nisbi uçuş hündürlüyünü təyin etmək üçün istifadə olunur. Bu sistemlərdən kombinə olunmuş şəkildə istifadə edilməsi uçuşun keyfiyyətini artırır.

Yuxarıda (şəkil2) qeyd etdiyimiz kimi, AM uçuş aparatının dayanıqlığına təsir edir. Üfüqi dayanıqlığını artırmaq üçün çoxrotorlu UA-nın AM-ni pərlərin fırlanma müstəvisindən aşağıda, məsələn, mühərriklər səviyyəsində yerləşdirmək məqsədəuyğundur [11].

UA-nın AM-nə nəzərən çəkirlərin bərabər paylanmasında konvertoplanı idarə etmək üçün istifadə edilən uçuş kontrollerinin (UK), GPS və radiokontrol (RC) qəbuledicilərinin çəkisini nəzərə almamaq mümkündür. Planerdə yerləşdirilmə yerini müəyyən etmək məqsədi ilə, funksiyalarında olan oxşar və fərqli cəhətlərə görə, hər üç elektron qurğu arasındakı əlaqəni göstərən diaqrama baxaq (şəkil 5).

Şəkil 5-dən göründüyü kimi hesablanmış əməliyyatını yerinə yetirmək UK-nın və GPS qəbuledicisinin oxşar funksiyalarıdır.



Şəkil 5. FC, RC və GPS qurğularının funksiyaları

müşahidə olunmamışdır [6].

GPS qəbuledicisi, qəbul edilən naviqasiya məlumatlarını emal edən, antenası və qəbuledicisi adətən, bir korpusda quraşdırılan naviqasiya qurğusudur. GPS qəbuledicisinin UA-da yerləşdirilməsi zamanı nəzərə almaq lazımdır:

- 1) naviqasiya məlumatlarını daşıyan peyk siqnallarını maneəsiz qəbul etmək üçün GPS qəbuledicisinin antenası açıq səmaya istiqamətlənməli, UA-nın üst tərəfində yerləşdirilməlidir;
- 2) GPS qəbuledicisinin antenası UA-nın elektromaqnit maneələri yaradan güc qurğularından və naqillərindən mümkün qədər uzaq olmalıdır.

GPS qəbuledicisini, çoxrotorlu UA-nın AM-də quraşdırılmış UK-nın üzərində yerləşdirmək mümkündür. Lakin, konvertoplarda füzelyajın hündürlüyü məhdud olduğundan, GPS qəbuledicisi-

ni, mərkəzlərini şaquli ox üzrə üst-üstə saxlamaqla UK-nın üzərində müəyyən hündürlükdə quraşdırmaq həm konstruktiv baxımdan çətinlik yaradır, həm də planerin aerodinamik keyfiyyətini aşağı salır. Bu səbəbdən, GPS qəbuledicisini füzelyajın yuxarısında quraşdırmaq məqsədəuyğun deyildir.

Qeyd edilən məsələləri həll etmək məqsədi ilə GPS qəbuledicisi, işlənmiş konvertoplanın mərkəzi oxu istiqamətində ön tərəfə sürüşdürülmüş, qəbuledicinin və füzelyajın üst səthləri eyni müstəvidə yerləşdirilmişdir. Eyni zamanda x , y , z oxları üzrə GPS qəbuledicisinin mərkəzinin UK-nın mərkəzinə nəzərən sürüşdürülmüş məsafə ölçüləri UK-nın proqramında nəzərdə tutulmuş koordinatlar bölməsinə daxil edilmişdir. Bu zaman sürüşdürülmə istiqamətindən asılı olaraq, ölçü qiymətlərinin qarşısında, istismar təlimatına uyğun olaraq, müsbət və ya mənfi işarəsi yazılır.

RC qəbuledicisi. Hesablanma əməliyyatlarını yerinə yetirmədiyinə və yüklənmənin bərabər paylanması çəkisinin əhəmiyyətli təsiri olmadığına görə, RC qəbuledicisinin yerləşmə yeri, məsələn, UA-nın AM-nə nəzərən həlledici olmur. RC qəbuledicisinin yerləşdirilməsi zamanı çalışırlar ki, UA-nın konstruksiyasının elektrik keçirici elementləri yer istiqamətində onun antenasının qarşısını kəsməsin. Eləcə də, signal qəbulunun etibarlılığını artırmaq üçün, bir-biri ilə 90° bucaq altında quraşdırılan iki şüalı antenadan istifadə edirlər. Beləliklə, həndəsi ölçülərinin kiçik, çəkisinin kifayət qədər yüngül olmasını və planerin radioşəffaf materialdan hazırlandığını nəzərə alaraq, RC qəbuledicisini füzelyajın içində yaradılmış bölmədə yerləşdirmək qərara alınmışdır. KP-nin sınaq uçuşları zamanı 500 m məsafədə radio idarəetmə etibarlı yerinə yetirilmişdir [12].

Kamera. Əvvəldə qeyd edildiyi kimi, KP xəritəçəkmə üçün təyin olunmuşdur və bu məqsədlə istifadə olunan videokamera ön hissədən füzelyajın alt tərəfinə tərpnəməz bərkidilmişdir. UA-nın AM-nə nəzərən çəkirlərin bərabər paylanmasını təmin etmək və planerin aerodinamik keyfiyyətinə təsirini azaltmaq məqsədi ilə videokameranın gövdəsi füzelyajın içində yerləşdirilmişdir. Bu halda, onun obyektivi füzelyajdan kənara çıxır və üfüqi uçuş zamanı yerə istiqamətlənir.

OSD (on-screen display - ekran görüntüsü) – ekranda təsvirin üzərində telemetriya məlumatlarının görüntüsünü təmin edir. OSD-nin çəkisi çox azdır və UA-nın tarazlıq şərtlərinə təsir etmir. Videokameraya, UK-ya və video ötürücüyə qoşulan giriş və çıxış kablərinin qısa olması üçün onu füzelyajın içində, hər üç qurğuya yaxın yerləşdirmək məqsədəuyğundur.

VideoLink - (video transmitter - video ötürücü). Video ötürücü, təsvirin və telemetriya məlumatlarının yerə ötürülməsinə xidmət edir, işçi rejimdə temperaturu nisbətən yüksək olur, bu səbəbdən onu füzelyajın xaricində yerləşdirmək məqsədəuyğundur. Beləliklə, video ötürücü, kameranın arxa tərəfində yerləşdirilməklə füzelyajın alt tərəfinə bərkidilmişdir.

DataLink – rəqəmsal məlumatları uzaq məsafəyə ötürmək üçün telemetriya qurğusudur. İki istiqamətli “yer-hava” rabitəsi yaratmaq üçün iki eyni qurğudan istifadə edilir. İşçi rejimləri oxşar olduğu üçün video ötürücünün yerləşməsinə qoyulan tələbləri bortda quraşdırılan telemetriya qurğusuna da aid etmək mümkündür. Video ötürücü və GPS qəbuledicisinə nisbətən daha uzun dalğalı (aşağı tezlikli) radio siqnallar ilə işlədiyinə görə telemetriya qurğusunun füzelyajın alt və ya üst tərəfində yerləşməsi həlledici olmur. Çəkisinin tarazlıq şərtlərinə təsirini və yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq, telemetriya qurğusu planerin mərkəzi oxuna yaxın yerləşdirilmiş və füzelyajın üst tərəfində bərkidilmişdir.

Dəstləyicilərinin seçilməsi və hazırlanması zamanı qarşıya qoyulan əsas tələblərdən biri də, konvertoplan tipli PUA-nın əsas parametrlərinin strateji obyektlərin müşahidəsi kontekstində optimallaşdırılması olmuşdur. Bu məqsədlə vizual, akustik və radar tipli aşkarlama vasitələri tərəfindən hazırlanmış konvertoplan tipli PUA-nın qeydə alınma xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmişdir.

Səthi əksetdirmə. Uçuş zamanı müxtəlif texniki vasitələr ilə uçuş aparatının aşkarlanması ehtimalı müasir dövrdə aktual məsələ olaraq qalmaqdadır. Texniki və gizlilik göstəricisi qismində istifadə olunan aşkarlanma ehtimalını xarakterizə edən əsas parametr – səthi əksetdirmə əmsalıdır. Səthi əksetdirmə uçuş aparatının qabarit ölçülərindən və ona istiqamətlənən elektromaqnit dalğaları generasiya edən radarın (generatorun) parametrlərindən asılıdır. Hesabat və sorğu kitablarına əsasən kiçikölçülü uçuş aparatlarının səthi əksetdirmə əmsalının qiyməti $0.1-0.01 \text{ m}^2 (-10...-20 \text{ dB})$ bərabər olur. Ortaölçülü uçuş aparatlarında səthi əksetdirmə 30 m^2 -dən və daha yüksək olur. PUA-nın

dielektrik əsaslı polimer-kompozit materialdan hazırlandığını nəzərə alsaq, radar tərəfindən generasiya olunan elektromaqnit dalğaları UA-nın səthi tərəfindən udulur və əks olunmur. Bu xüsusiyyət UA-nın radarlar tərəfindən aşkarlanma ehtimalını aşağı edir [13-14].

Akustik aşkarlanma. UA-da istifadə edilən kollektorsuz elektrik mühərriklərində səsini yüksəkliyi aşağı olduğu üçün PUA-nın akustik aşkaretmə vasitələri ilə aşkarlanma ehtimalı çox aşağı olur [15].

Vizual aşkarlanma əmsalı UA-nın işıqlanma səviyyəsindən asılı olub, (2) düsturu ilə hesablanır.

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_0} \quad (2)$$

burada: Φ_r - səthdən əks olunan işıq seli; Φ_0 - səthə düşən işıq selidir.

İnsanın görmə mexanizminin mənimsəyə bildiyi işığın parlaqlıq diapazonu çox böyükdür ($10^{-6} \dots 10^6$ kd·m²). Hazırlanmış PUA-nın açıq mavi (səma) rəngdə hazırlanması onun aşağı hündürlüklərdə (200-300 m) vizual aşkar olunma ehtimalını azaldır [16-17].

Şaquli qalxma və enmə, uzun müddətli havada qalma və sadə konstruksiyaya sahib olma kimi müsbət xüsusiyyətlərə malik, eləcə də xəritəçəkmə, neft-qaz sənayesi obyektlərinin monitorinqi və müşahidə aparmaqla strateji obyektlərin təhlükəsizliyinə nəzarətin təmin olunması məqsədi ilə hazırlanmış konvertoplan tipli pilotsuz uçuş aparatı "ARAN-4" Azərbaycan Respublikasının Milli Aviasiya Akademiyasında layihələndirilərək hazırlanmışdır.

Nəticə. Konvertoplan tipli PUA-da elementlərin konstruktiv yerləşdirilməsi zamanı tarazlıq şərtləri yerinə yetirilmiş, aerodinamik və elektromaqnit uyğunluğu tələbləri ödənilmişdir. Statik və dinamik tarazlıq şərtləri planerin ağırlıq mərkəzinə nəzərən kütlə və qüvvələrin bərabər paylanması ilə yerinə yetirilmişdir. Aerodinamik tələblərin ödənilməsi üçün planerin səthində əks aerodinamik qüvvələr yaradan çıxıntılar mümkün qədər azaldılmış, elektromaqnit uyğunluq tələblərinin ödənilməsi üçün, həm işıq tezlikləri kəskin fərqlənən radioelektron qurğulardan istifadə edilmiş, həm də həssas və güc qurğuları müəyyən məsafədə və vəziyyətdə yerləşdirilmişdir. İzolyasiya qatı həm yüksək temperatura, həm də mexaniki təsirlərə dayanıqlı olan elektrik naqillərindən istifadə edilmişdir.

Uçuş aparatının ağırlıq mərkəzinə nəzərən idarəetmə və naviqasiya qurğularının yerləşmə koordinatları idarəetmə qurğusuna yazılmış proqramda nəzərə alınmışdır. Radioelektron qurğuların antenalarının istiqamətlənmə diaqramları mümkün qədər rabitə kanalı istiqamətində yönəldilmişdir. RC qəbuledicisinin radioşəffaf kompozit materialdan hazırlanması onu füzelyajın daxilində yerləşdirməyə imkan vermişdir.

Kompozit materialdan hazırlanması konvertoplan tipli PUA-nın səthi əksətdirmə əmsalının və çəkisinin aşağı olmasına səbəb olmuş, onun radiolokasiya qurğuları vasitəsi ilə aşkar olunma ehtimalını, eləcə də, kollektorsuz elektrik mühərriklərindən istifadə edilməsi və planerin hava rəngində hazırlanması akustik və vizual aşkaretmə vasitələri ilə aşkar olunma ehtimalını olduqca azaltmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев. БПЛА конвертопланового типа: Текущее состояние и перспективы. Естественные и технические науки. Москва, 2021. №3 (154), с 146-162.
2. R.N.Nabiyev, G.I. Garayev, A.A. Abdullayev. Conceptual functional design of hybrid energy source of unmanned convertiplane. IOP Conference Series: Conference Scopis. Materials Science and Engineering. 862 (2020) 022043, doi:10.1088/1757-899X/862/2/022043.
3. Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев, Г.И. Гараев. Разработка концептуальной функциональной схемы беспилотного конвертоплана с гибридным источником энергии. Авиакосмическое приборостроение. Москва, 2021 г. № 5. с 1-16.
4. Л.М. Савельев, И.С. Ахмедьянов. Прочность летательных аппаратов. Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. унт им. С. П. Королева. Самара, 2012. 274 с.
5. Ф.П. Курочкин. Проектирование и конструирование самолётов с вертикальным взлётом и посадкой. М. Машиностроение, 1977. 224 с.

6. Е.Д. Крылов. Методика проектирования конструкций беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки. Москва, с 96-97.
7. Н.В. Чистяков, А.А. Силкин, Ю.А. Павлов. Разработка беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки и мониторинга местности. Доклад на симпозиуме «Неделя Горняка – 98» М., МГГУ. с 1-4.
8. А.М. Пашаев, А.Р. Гасанов, Р.Н. Набиев, И.А. Искендеров. Структурная модель системы бесконтактного определения веса и центра тяжести воздушных судов. Известия ЮФУ. Технические науки. 2018. С. 156-167. <https://doi.org/10.23683/2311-3103-2018-3-156-167>
9. И.А. Искендеров. Аналитико-имитационная модель системы бесконтактного определения массы и центра тяжести самолётов. Измерительная техника. М. 2021. № 12. С. 35-41. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-12-35-41>
10. А.М. Пашаев, А.Р. Гасанов, И.А. Искендеров, Э.А. Агаев. Способ бесконтактного определения степени загрузки и центровки воздушных судов. Патент-изобретение, İ2016 0003/Промышленная собственность. Офиц. бюлл. комит. по стандартиз., метрологии и патентам. Азербайджанская Республика. № 5, 2016.С.51. URL: http://patent.copat.gov.az/_files/Ixtira_2016_05.pdf (дата обращения: 28.11.2021).
11. <https://ardupilot.org/copter/docs/common-mounting-the-flight-controller.html>
12. http://www.eagletreesystems.com/Manuals/vector_new_rus.pdf
13. Е.Д. Филин, Р.В. Киричек. Методы обнаружения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов на основе анализа электромагнитного спектра. Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 2. с 87-93.
14. С.А. Арбузов, Е.В. Грицкевич и т.д. Измерение спектральных коэффициентов отражения поверхностей при мультиспектральной воздушной съемке цифровой камерой.
15. В.М. Карташов, С.А. Шейко и т.д. Особенности обнаружения и распознавания малых беспилотных летательных аппаратов. ISSN 0485-8972 Радиотехника. Москва, 2018 г. № 1995. с 235-243.
16. А.А. Белов, Е.Н. Жидков и т.д., «Способ и устройство акустического обнаружения и распознавания летательных аппаратов». 10.07.2016 Бюл. № 19.
17. С.О. Козерук, О.В. Коржик. Обнаружение малых летательных аппаратов по акустическому излучению. Visnyk NTUU KPI Seriya-Radiotekhnika Radio aparat obuduvannia, 2019, Iss. 76, pp. 15-20.

REFERENCES

1. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev. BpLA konvertoplanovoqo tipa: Tekushee sostoyanie I perspektivi. *Estestvennie i texniceskie nauki*. Moskva, 2021. №3 (154). p 146-162. doi: 10.25633/ETN.2021.03.13
2. R.N. Nabiyev, G.I. Garayev, A.A. Abdullayev. Conceptual functional design of hybrid energy source of unmanned convertiplane. *IOP Conference Series: Conference Scopus. Materials Science and Engineering*. 862 (2020) 022043, doi:10.1088/1757-899X/862/2/022043.
3. Nebiyev R.N., Aabdullayev A.A., Qaraev Q.İ. Razrabotka konceptualnoy funktsionalnoy sxemi bespilotnoqo konnvertoplan s qibridnim istocnikom energii. *Aviakosmicheskoe priborostroenie*. Moskva, 2021 q. № 5. s 1-16. doi: 10.25791/aviakosmos.5.2021.1217
4. L.M. Savelev, İ.S. Axmedyanov. Procnost letatelnix apparatov. *Minobrnauki Possi, Samar. Qos. Aerokosm. Unt im. S.P.Koroleva*. Samara, 2012. 274 p.
5. F.P. Kurockin. Proektrivovanie i konstruirivovanie samoletov s vertikalnim vzletom i posadkoy. *M. Mashinistroyeniye*, 1977. 224 p.
6. E.D. Kırlov. Metodika proektirovaniy konstruksiy BpLA iz kompozitsionnix materialo. Aktualnie problemi aviatsii i kosmonavtiki. *Texniceskoye nauke*. Moskva, p 96-97.
7. N.V. Cistiyaikov, A.A. Silkin, i t.d., Razrabotka BpLA dlya aerofotosiyomki i monitoringa mestnosti. *Doklad na simpoziuma "Nedelya Qornyaka – 98"* M., MQQU. p 1-4.

8. A.M. Pashayev, A.R. Hasanov, R.N. Nabiyev, I.A. Isgandarov. Izvestiya SFedU, Engineering Sciences, 2018, pp156–167.(In Russ.) <https://doi.org/10.23683/2311-3103-2018-3-156-16>
9. İ.A. İskenderov. An analytical and simulation model of a system for non-contact determination of the mass and center of gravity of airplanes. İzmeritelnaya texnika. M. 2021. № 12. C. 35–41. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-12-35-41>
10. A.M. Pashayev, A.R. Hasanov, I.A. Isgandarov, E.A. Agaev. Method for non-contact determination of the degree of congestion and balance of aircraft. Patent-invention i 2016 0003, Industrial property. Officer bull. of Committee on standardization, metrology and patents, Azerb. Republic, no.5, 2016, p.51 (In Russ.), available at: http://patent.copat.gov.az/_files/Ixtira_2016_05.pdf (accessed: 28.11.2021).
11. <https://ardupilot.org/copter/docs/common-mounting-the-flight-controller.html>
12. http://www.eagletreesystems.com/Manuals/vector_new_rus.pdf
13. E.D. Filin, R.V. Kiricek. Metodı obnarujeniya molarazmernix BpLA na ocnove analiza elektro-magnitnoqo spektra. *Informacionnie texnologii i telekommunikacii*. 2018. Vol. 6. № 2. p 87-93.
14. S.A. Arbuzov, E.V. Qrickevic i t.d. *İzmerenie spektralnix koefficientov otrojeniya poverxnostey pri multispektirialnoy vozdushnoy semke cifrovoy kamerey*.
15. V.M. Kartashev, S.A. Sheyko i t.d. Osobennosti obnorujeniya i raspoznavaniya malix BpLA. ISSN 0485-8972 *Radiotexnika*. Moskva, 2018 q. № 1995. p 235-243.
16. A.A. Belov, E.N. Jidkov i t.d., “Sposob i ustroystva akusticeskoqo obnorujeniya i raspoznavaniya letatelnix apparatov“. 10.07.2016 *Byul. № 19*.
17. S.O. Kozeluk, O.V. Korjik. Obnorujeniya malix letatelnix apparatov po akusticeskomu izluceniyu. *Visnyk NTUU KPI Seriya-Radiotekhnika Radio aparat obuduvannia*, 2019, Iss. 76, p.15-20.

CONSTRUCTIVE DEVELOPMENT OF AN UNMANNED AIRCRAFT OF TILTROTOR TYPE

Nabiyev R.N., Garayev G.I., Abdullayev A.A.
National Aviation Academy

A constructive design of a convertible-type unmanned aerial vehicle and the purpose of its components, the effect of the selected elements on its aerodynamic properties depending on the location has been studied on theoretical and practical knowledge in the article. Also, in the context of strategic objects observation the main parameters of the convertible were optimized, and the probability of its detection by visual, acoustic and radar detection means was determined.

Key words: *unmanned aerial vehicles, convertiplane, flight controllers, flying wing, aerodynamic features, accumulator batteries.*

Rəyçi: *t.e.d., prof. P.Ş. Abdullayev*

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Nəbiyev Rasim Nəsim oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Aviasiya elektronikasi şöbəsinin rəisi, t.e.d., prof.	nabiyevrasim@gmail.com mob: (+994) 55 754 76 46
Qarayev Qədir İsxan oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Aviasiya elektronikasi şöbəsinin böyük elmi işçisi, t.f.d.	qedir71@mail.ru mob: (+994) 70 321 81 15
Abdullayev Anar Arif oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Milli Aviasiya Akademiyasının doktorantı, f.-r.f.d.	anarcafarov09@mail.ru mob. (+994) 77 756 48 75