

UOT 533.69.048: 004.942

DOI: 10.30546/EMNAA.2023.25.4.1

KİÇİK ÖLÇÜLÜ KONVERTOPLAN TIPLİ PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARI ÜÇÜN BORT NƏZARƏT- ÖLÇÜ SİSTEMİ

Nəbiyev R.N., Abdullayev A.A., Qarayev Q.İ., Abbasov V.A.
Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə, kiçik ölçülü (mini) konvertoplan tipli pilotsuz uçuş aparatının əsas uçuş parametrlərini qeydə almaq üçün hazırlanmış bort nəzarət-ölçü sistemi və bu məqsədlə istifadə olunan element bazası təsvir edilmişdir. Bu istiqamətdə nəşr olunmuş elmi ədəbiyyat və bort nəzarət-ölçü sistemi vasitəsilə stasionar rejimdə aparılmış sınaqların nəticələri təhlil edilmişdir. Bort nəzarət-ölçü sistemindən istifadə etməklə mühərriklərin diaqnostik yoxlanılması və vəziyyətinin qiymətləndirilməsi yerinə yetirilmişdir. Uçuşdan əvvəl və sonra kiçik ölçülü (mini) pilotsuz uçuş aparatının güc elementlərinin yerdə diaqnostikası, eləcə də uçuş zamanı havada baş verə biləcək uçuş hadisələrinə nəzarət etməyin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Açar sözlər: Konvertoplan, pilotsuz uçuş aparatları, bort nəzarət-ölçü sistemi, akselerometr, giroskop, diaqnoz, termometr, naviqasiya.

Aerodinamika, naviqasiya sistemləri, elektronika, robot texnikası, informasiya texnologiyaları və s. sahələrdə əldə edilmiş nailiyyətlər pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) inkişafını daha yüksək səviyyəyə qaldırmağa imkan vermişdir [1]. PUA-ların inkişaf istiqamətlərini əsasən hərbi, hüquq-mühafizə, ətraf mühitin monitorinqi, xəritəçəkmə, aero-fotoçəklişlər yük daşımaları, kino-TV təsərrüfatı və akademik tədqiqatlar təşkil edir.

Hazırda kiçik ölçülü PUA-ların laboratoriya və praktiki uçuş tədqiqatları zamanı uçuş, uçuş-texniki və telemetrik məlumatları qeydə almaq, eləcə də real vaxtda onları yerə ötürmək məsələlərinin həlli olduqca aktualdır. Bu istiqamətdə fəaliyyət göstərən elmi-tədqiqat, layihə-konstruktor və ixtisaslaşmış şirkətlər tərəfindən böyük həcmli işlərin yerinə yetirilməsinə baxmayaraq, uçuş zamanı dinamik rejimdə məsələnin kompleks həll yolu təqdim edilməmişdir.

Orta və böyük ölçülü PUA-larda bu məsələlərin həlli məqsədi ilə, tələb olunan sayda duyğalar və mərkəzləşdirilmiş bort qeydiyyat sistemi (FDR - Flight data recorder) çox asanlıqla bortda yerləşdirilir [2, 3]. Uçuş aparatının enerji, enerji paylama, inersial naviqasiya və güc sistemlərindən alınan məlumatlar mərkəzi kompüter vasitəsilə sinxron olaraq bort qeydiyyat sisteminin daimi yaddaşına həm yazılır, həm də uçuşdan sonra uçuşun qiymətləndirilməsi, eləcə də aviasiya texnikasının diaqnostikası zamanı istifadə olunur. Bəzi telemetrik məlumatlar (*Vüfqi*, *Vşaquli*, *Vkülək*, *H_{uçuş}*, *T_{hava}*, *T_{uçuş müddəti}*, *U_{AB}*, *I_{AB}*, *GPS_{sayı}*, *D_{uçuş uzaqlığı}*) kiçik ölçülü mövcud uçuş aparatlarında radioötürücü vasitəsi ilə real vaxtda bortdan yerə ötürülür. Bu məlumatlar həm yerüstü idarəetmə stansiyasında, həm də operatorun monitorunda qəbul edilir [4].

Lakin, dörd qaldırıcı mühərrikdən təşkil olunmuş konvertoplan tipli uçuş aparatında hər mühərrikin əsas uçuş, uçuş-texniki parametrlərinin uçuş zamanı qeydə alınması, uçuşdan sonra

uçuşun qiymətləndirilməsi və aviasiya texnikasının kompleks şəkildə diaqnostikası, baş vermiş fəvqəladə halın növbəti uçuşlarda təkrarlanmasının qarşısını almaq üçün görülməli işlərə kompleks şəkildə yanaşmanın həllinə dair tədqiqat işlərinə rast gəlinməmişdir [5, 6]. Burada uçuş-texniki parametrlərinə aiddir:

- $\dot{I}_1... \dot{I}_5$ – mühərriklərin sərf etdiyi cərəyan;
- $T_1...T_5$ – mühərriklərin uyğun temperaturları;
- $RPM_1...RPM_5$ – (revolution per minute) dəqiqədə dövrlər sayı;
- $A_1...A_3$ – akselerometrin göstərişi;
- $G_1...G_3$ – giroskopun göstərişi.

PUA-nın uçuş-texniki istismar xüsusiyyətlərinin əksəriyyətini laboratoriyada stasionar rejimdə müəyyən etmək mümkündür, lakin bunların bəzilərinin yalnız uçuş zamanı dinamik rejimdə müəyyən edilməlidir [7, 8].

İşin məqsədi - konvertoplan tipli kiçik ölçülü PUA-nın uçuş-texniki parametrləri haqqında məlumatları uçuş rejimində ("online") sistemli olaraq toplamaq üçün bort nəzarət-ölçü sistemi (BNÖS) yaradaraq real uçuş şəraitində sınaqlarının aparılması.

Toplanmış məlumat PUA-nın işinin etibarlılığının və səmərəliyinin artırılmasına, eləcə də uçuşların təhlükəsizliyinə xidmət edir. Hər mühərrikin enerji sərfi və temperaturu, təyyarə oxlarının və sürət vektorunun istiqaməti haqqında alınmış uçuş məlumatları əsasında texniki qurğuların, xüsusilə mühərriklərin və başqa güc elementlərinin diaqnostikasını aparmaq, uçuş zamanı PUA-nın bortunda baş verə biləcək hadisələri vaxtında aşkarlamaq, eləcə də onlara nəzarət etmək mümkündür.

1. Elmi ədəbiyyatların araşdırılması.

Ekspperimental aerodinamika sahəsinə aid tədqiqat işində mühərrikin itələyici vektorunun ixtiyari istiqamətini nəzərə almaqla verilmiş aerodinamik konfigurasiya üçün PUA-nın uçuş xüsusiyyətlərinin müəyyən edilmə etibarlılığının artırılması üsulu həll edilmişdir [9]. PUA-nın aerodinamik xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi üsulu, uçuş aparatının sürətlənməsi zamanı aparat və cihaz vasitələrindən istifadə etməklə uçuş sürətinin ədədi qiymətinin ölçülməsinə əsaslanır.

"Trikopter" tipli PUA-nın şaquli qalxma və enmə zamanı elektrik ötürücülərinin parametrləri və idarə edilən hərəkəti [10]-də təsvir edilmişdir. Çəki və qabarit ölçü tələbləri nəzərə alınmaqla, PUA-nın aerodinamik parametrlərinin hesablanması "XFLR5" proqram təminatı vasitəsi ilə icra edilmişdir. PUA-nın qaldırıcı və dartı əmsalları "burulğan" üsulu əsasında hücum bucağından asılı olaraq müəyyən edilmiş və qanad profilinin hesablanmış aerodinamik xüsusiyyətlərə təsiri təhlil edilmişdir.

PUA-nın yalnız sərbəst uçuşu zamanı mümkün olan aerodinamik xüsusiyyətlərini hesablamaq üçün bort məlumat toplama sisteminin layihələndirilməsi [11]-də təsvir edilmişdir. Uçuş parametrlərinin qeydiyyatı sisteminin funksional sxemi və iş alqoritmi təqdim edilmişdir. Təklif olunan həllər, seçmək və sıxmaq hesabına böyük həcmdə məlumatı toplamağa və sistemin səmərəliliyini artırmağa imkan verir.

Qeyd edilmişdir ki, toplanmış məlumatlar həm aerodinamik xüsusiyyətlərini müəyyən etmək üçün PUA modellərinin aerodinamik borularda sınaqdan keçirilməsi zərurətini aradan qaldırır, həm də yeni modellər hazırlamaq üçün sərf olunan vəsaitə, eləcə də vaxta qənaət etməyə imkan verir. Göstərilmişdir ki, sistemin elementləri arasında məlumat mübadiləsi zamanı məlumatların ötürülməsini sürətləndirmək və ölçmələrin dəqiqliyini artırmaq üçün sorğu - ölçü cihazlarının tezliyi artırılır. Təklif olunan üsul vasitəsilə PUA-nın aerodinamik xüsusiyyətlərini hesablamaq üçün uçuş aparatının hərəkət trayektoriyasının parametrlərinin, eləcə də hərəkət zamanı baş verən xətti

sürətlənmələrin və bucaq sürətlərinin ölçülməsinin yüksək dəqiqliklə aparılması qeyd edilmişdir. Məqalədə PUA-lar üçün təklif olunan sistemin aparat tətbiqi variantı nəzərdən keçirilmişdir.

PUA-lar üçün bort qeydiyyat cihazı [12]-də təsvir edilmişdir. Cihaz vasitəsilə PUA-nın normal iş rejimində bortda olan telemetriya məlumatları qəbul edilir, sıxılır, yaddaşa yazılır və yerüstü qurğuya ötürülür. Qeyd edilmişdir ki, fəvqəladə iş rejimində idarəetmə interfeysi vasitəsilə aktuatorları, məsələn, paraşüt buraxma sistemini idarə etmək mümkündür.

Təyyarə tipli PUA-nın konstruktiv, aerodinamik, energetik və çəki xüsusiyyətləri kompleks şəkildə [13]-də tədqiq edilmiş, onun aerodinamik xüsusiyyətlərini müəyyən etmək və hesablamaq üçün analitik üsullar təsvir edilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, planerin ən səmərəli konfigurasiyasını seçmək üçün vacib şərtlərdən biri, PUA-nın aerodinamik xüsusiyyətlərinin ilkin və layihələndirilmə mərhələsində müəyyən edilməsidir. Bu məsələni həll etmək üçün bahalı eksperimental tədqiqat metodları əvəzinə aerodinamikanın ədədi qiymətləndirmə metodlarından geniş istifadə olunduğu bildirilmişdir.

Hazırlanmış bort nəzarət-ölçü sistemi (BNÖS) vasitəsilə, uçuş aparatında hər mühərrikin enerji sərfi və temperaturu, təyyarə oxlarının və sürət vektorunun istiqaməti haqqında məlumatlar uçuş zamanı qeydə alınır.

2. BNÖS-ün texniki dəstləyiciləri:

Konvertoplan tipli PUA-da quraşdırılmış BNÖS-ün təsviri şəkil 1-də göstərilmişdir.

Qeydiyyat qurğusunda istifadə olunan modul və elementlərin siyahısı aşağıda verilmişdir:

- ESP32 kontrolleri
- 5×ACS758 cərəyan duyğacı
- 5×FS-CPD02 duyğacı
- 5×DS18B20 rəqəmsal temperatur duyğacı
- İMU duyğacı
- TTGO T-Display modulu
- microSD kart modulu
- FS-i6 “Flysky” yerüstü idarəetmə pultu
- Gərginlik çeviricisi (12 V-u 5 V-a)
- 3S LiPo tipli akkumulyator batareyası



Şəkil 1. BNÖS quraşdırılmış konvertoplan tipli PUA

3. Statik rejimdə tədqiqat

Lazım olan ləvazimat və avadanlıqlar:

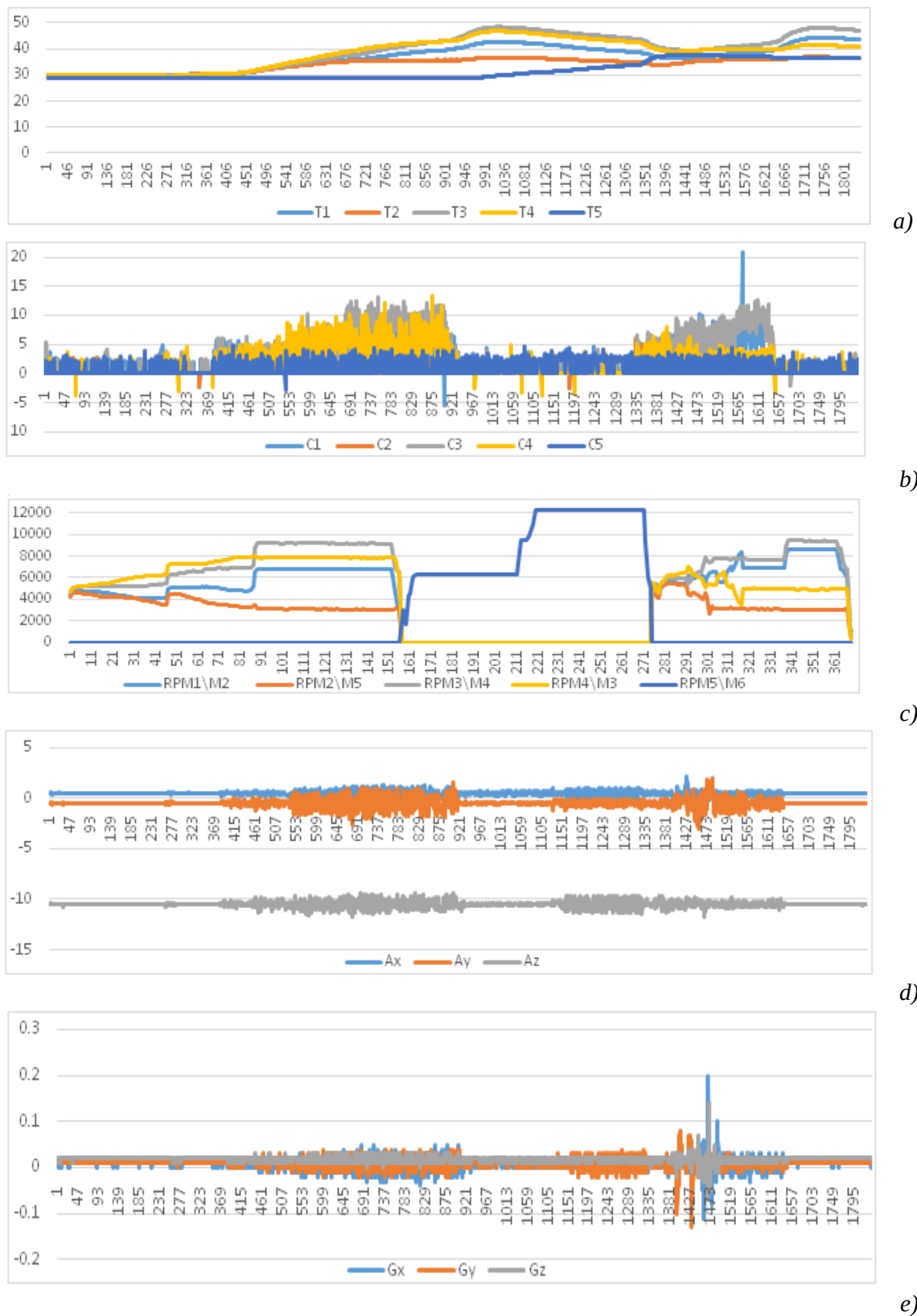
- konvertoplan tipli PUA;
- yerüstü idarəetmə pultu (“Futaba”);
- yerüstü monitor;
- BNÖS (ESP-32 kontrolleri əsasında);
- BNÖS-ün yerüstü idarəetmə pultu (“Flysky”);
- 3S və ya 4S tipli AB;
- 6S tipli akkumulyator batareyası (AB);
- 3 ədəd SD yaddaş kartı;
- video kamera və ya mobil telefon;
- vaxt ölçən cihaz (saniyəölçən və ya mobil telefon).

İşə hazırlıq

1. Həm yerüstü monitora, həm də BNÖS-ə sıfırlanmış yaddaş kartı daxil edilir.
2. PUA-nın üfüqi vəziyyəti təmin edilir.
3. Saat əqrəbi və əks istiqamətdə fırlanan 4 ədəd qaldırıcı pərin yeri dəyişdirilir. Bu zaman qaldırıcı pərlərin fırlanması PUA-nın planerini yerə sıxır (qaldırıcı qüvvə yaranmır).
4. Təhlükəsizlik məqsədi ilə dartı mühərrikinə pər bərkidilmir.
5. BNÖS-də 5 ədəd cərəyan, 5 ədəd temperatur, 5 ədəd RPM duyğacının, akselerometr və giroskopun həm mövcudluğu, həm də bərkidilmə möhkəmliyi yoxlanılır.
6. Yerüstü monitor işə salınır.
7. PUA-ya 6S tipli AB qoşulur. Bu andan başlayaraq uçuş kontrollerindən yerə ötürülən telemetrik məlumatlar yerüstü monitorda görünür və monitorda olan yaddaş kartına yazılır. Telemetrik məlumatlar bunlardır: bortda AB-nin gərginliyi, GPS sayı, uçuş hündürlüyü, uçuş uzaqlığı, üfüqi və şaquli uçuş sürətləri.
8. Əvvəl 4 ədəd qaldırıcı, sonra 1 ədəd dartı mühərriki pult vasitəsilə işə salınır.
9. BNÖS-ə 3S və ya 4S tipli AB qoşulur, bu andan başlayaraq uçuş parametrləri onda olan yaddaş kartına yazılır, sistemin yerüstü idarəetmə pultunun (“Flysky”) ekranında hər mühərrikin dövrlər sayı haqqında məlumat görünür.
10. BNÖS-in yerüstü idarəetmə pultunun ekranında görünən məlumat video formatda qeydə alınır. Bu məqsədlə video kamera və ya mobil telefon istifadə edilir, sonra mühərriklər dayandırılır.
11. Sistem tədqiqat üçün hazırdır.

Tədqiqatın gedişi

1. Qaldırıcı mühərriklər işə salınır və işə salınma anı qeydə alınır.
2. BNÖS-in yerüstü idarəetmə pultunun (“Flysky”) ekranında mühərriklərin dövrlər sayı haqqında görünən məlumat video kamera vasitəsilə qeydə alınır.
3. Tədqiqatın davam etmə müddətindən asılı olaraq mühərriklərin müxtəlif sürətlə fırlanması yerinə yetirilir.
4. Uçuş aparatı, onun bərkidilmiş olduğu laboratoriya stolu ilə birlikdə sağa-sola və yuxarı-aşağı istiqamətləndirməklə 3 oxlu koordinat sistemləri üzrə təcilləndirmələr icra edilir.
5. Planer rejiminə keçid yerinə yetirilir, bu zaman 5-ci mühərrik işə düşür, həmin andan başlayaraq qaldırıcı mühərriklər tədricən dayanır.
6. Tədqiqat zamanı zaman qrafikləri parametrlər üzrə ardıcılıqla qeyd edilmiş, qeydə alınmış bütün göstəricilər arxivləşdirilmiş və tədqiq edilmişdir.



Şəkil 2. Stasionar rejimdə aparılan sınaqlar zamanı BNÖS vasitəsilə qeydə alınan göstəricilər əsasında temperatur a), cərəyan b), mühərriklərin dövrlər sayı (RPM) c), akselerometrin d) və giroskopun e) “Excell 2016” proqram təminatının əsasında qurulmuş zaman qrafikləri

Alınmış məlumatlar əsasında “Excel 2016” proqramı vasitəsilə müvafiq zaman qrafikləri qurulmuşdur (şəkil 2). Qrafiklərdən müəyyən edilmişdir ki, mühərriklərin işinin başlanğıcında multikopter rejimində işləyən 4 mühərrikin temperaturu və cərəyan sərfi dövrlər sayına mütənəsb olaraq artmağa başlayır (5-ci mühərrik işləmir) (şəkil 2a və b). Bu zaman hər mühərrikin enerji sərfi və temperaturu, təyyarə oxlarının və sürət vektorunun istiqaməti haqqında alınmış uçuş məlumatlarına mütənəsb olaraq dəyişməyə başlayır. Yəni akselerometrin və giroskopun göstəricilərinin uçuş aparatının sağa-sola və yuxarı-aşağı istiqamətlə dönmə anlarına uyğun dəyişdiyi qrafikindən daha aydın görünür (şəkil 2d və e). Şəkil 2c - dən görünür ki, PUA “multikopter” uçuş rejimindən “planer” uçuş rejiminə keçid edildikdə, yəni dərzi mühərriki işə düşən andan 5-ci mühərrikin dövrlər sayı, temperatur və cərəyan sərfi zaman keçdikcə artmağa və uyğun olaraq qaldırıcı mühərriklərin temperatur və cərəyan sərfinin göstəriciləri azalmağa başlayır, həmçinin mühərriklərin dövrlər sayı “sıfır” göstəriciyə sahib olur. Paralel olaraq akselerometrin və giroskopun göstəriciləri PUA-nın hərəkət dinamikasına uyğun olaraq dəyişir. Qrafikdən görsənir ki, təcrübənin sonuna az qalmış uçuş aparatı “multikopter” uçuş rejiminə keçid edir və göstəricilər uçuşun əvvəlində olduğu kimi bu rejimə uyğun olaraq təkrarlanır.

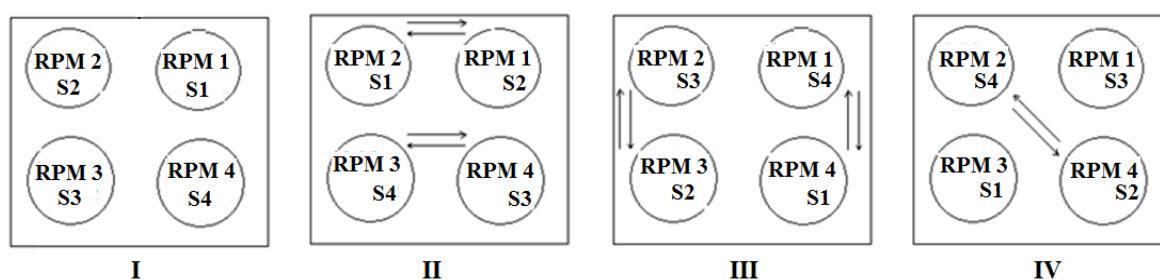
Mühərriklərin dövrlər sayının zamandan asılılıq qrafiki, sınaqlar zamanı video kamera vasitəsilə BNÖS-in yerüstü idarəetmə pultunun (“Flysky”) ekranından qeydə alınan məlumatlar əsasında qurulmuşdur.

4. Mühərriklərin diaqnostikası

Mühərriklərin diaqnostikası məqsədi ilə ($S_1...S_4$) və ($RPM_1...RPM_4$) parametrlərindən istifadə edilmişdir. Burada:

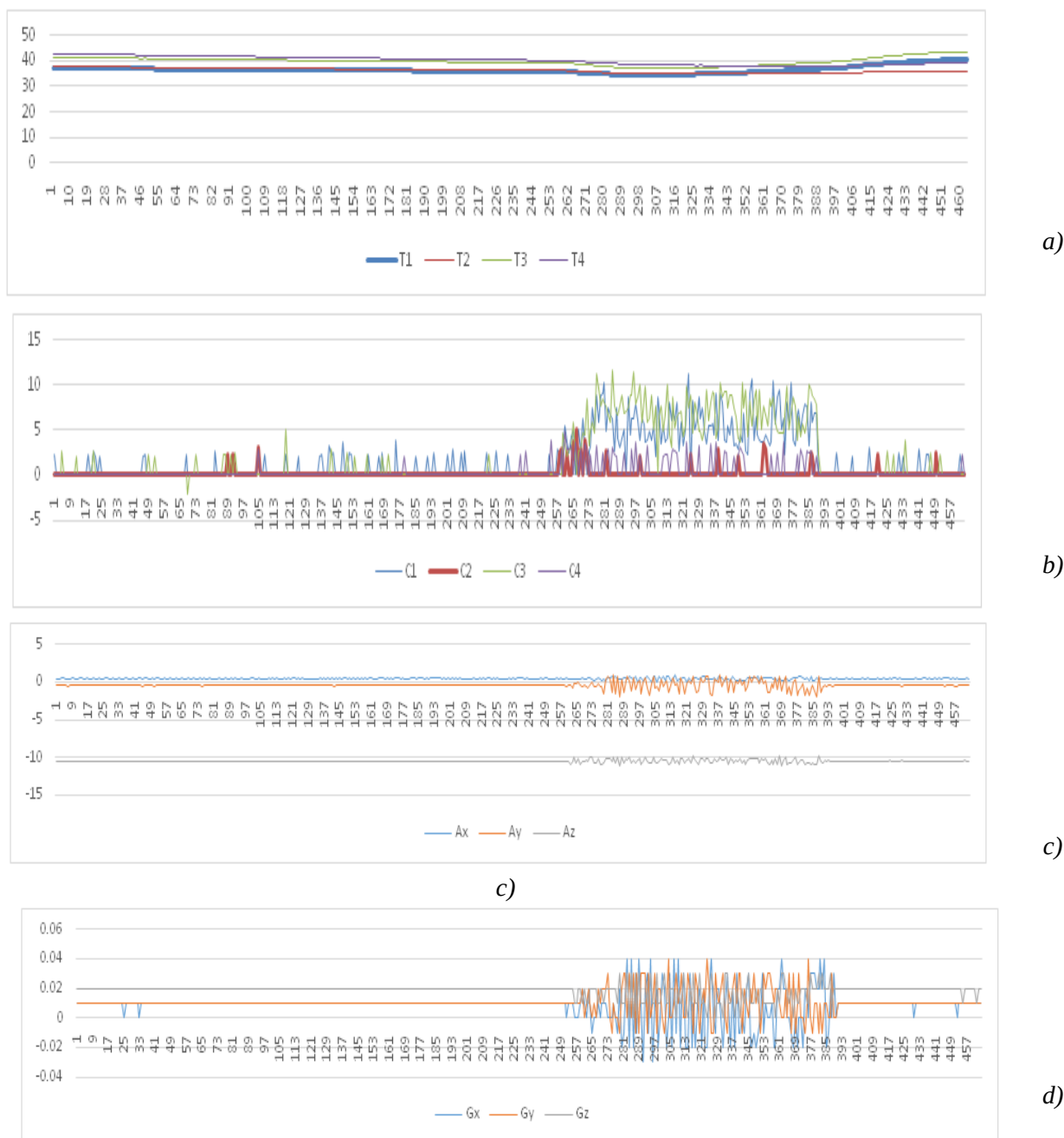
$S_1...S_4$ - uçuş kontrolleri tərəfindən formalaşdırılan və uyğun olaraq dörd qaldırıcı mühərrikin fırlanma sürətini idarə edən idarəetmə signalıdır;

$RPM_1...RPM_4$ - hər mühərrik üçün verilmiş anda qeydə alınmış real dövrlər sayıdır.



Şəkil 3. Uçuş kontrollerində qaldırıcı mühərriklərin idarəetmə signalının mümkün yerdəyişməsinə uyğun konfigurasiyaları

Diaqnostika üçün planerin konstruksiyasında mühərriklərin yerləşmə yerini saxlamaqla onlara tətbiq edilən idarəetmə signalının uyğun dəyişmə kombinasiyalardan alınan konfigurasiyalardan istifadə edilmişdir (şəkil 3). Bütün konfigurasiyalarda (I-IV), üç oxlu akselerometrən və giroskopdan təşkil olunmuş ətalətli duyğacın (İMU) yerləşmə vəziyyəti və uyğun signalın qiyməti dəyişməz qalmışdır.

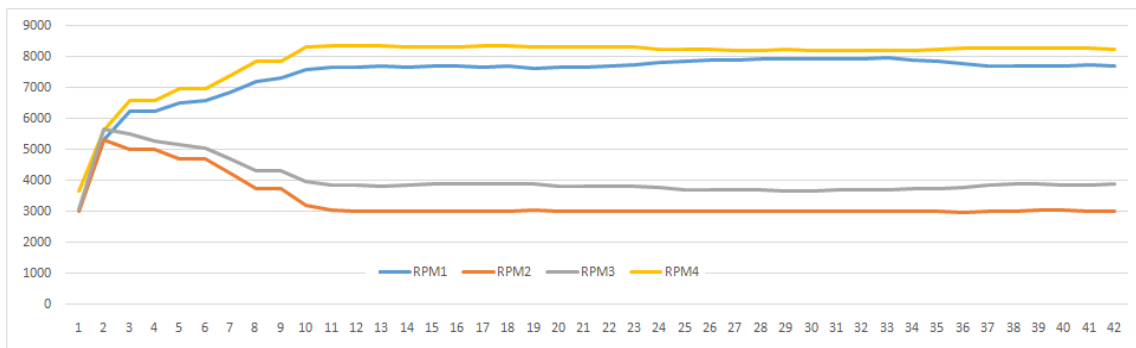


Şəkil 4. BNÖS vasitəsilə I konfigurasiyada qeydə alınan göstəricilər əsasında: a) temperaturun, b) cərəyanın, c) təcilin, d) bucaq dəyişməsinin zaman qrafikləri

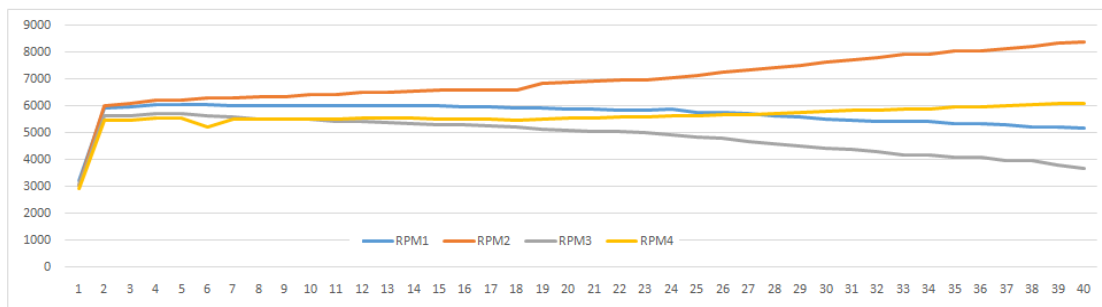
Şəkil 3-də göstərilmiş I konfigurasiyada, verilmiş uçuş aparatı üçün mühərriklərin planerdə yerləşmə yerini və buna uyğun idarəetmə siqnallarının uçuş kontrollerində paylanması ardıcılığını istehsalçı (proqramçı) müəyyən edir.

Digər üç konfigurasiyadan (II-IV) diaqnostik qiymətləndirmək məqsədlə istifadə edilmişdir. I konfigurasiyada, öndə yerləşən mühərriklərdən 1-ci mühərrikin fırlanma sürəti 2-cidən böyük olmuşdur. Lakin, uçuş kontrollerindən mühərriklərə verilən siqnallarının yerini dəyişdirdikdə 1-ci mühərrikin fırlanma sürəti 2-cidən kiçik olmuşdur. I konfigurasiyada 4-cü mühərrikin dövrlər sayı digər hallar ilə müqayisədə çox olmuşdur (şəkil 5 a). Paralel olaraq cərəyan sərfinin ($I_1...I_4$) və

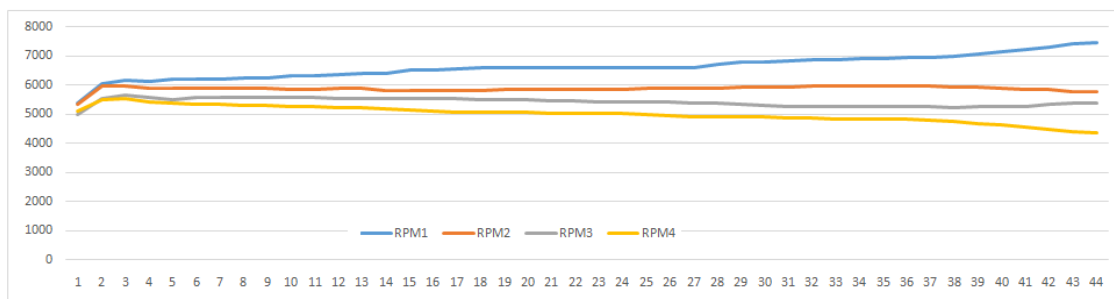
temperatur göstəricilərinin ($T_1...T_4$), eləcə də akselerometrin və giroskopun göstəriciləri də mühərrikin dövrlər sayına uyğun olaraq dəyişdiyi müşahidə edilmişdir (şəkil 4, a, b, c və d).



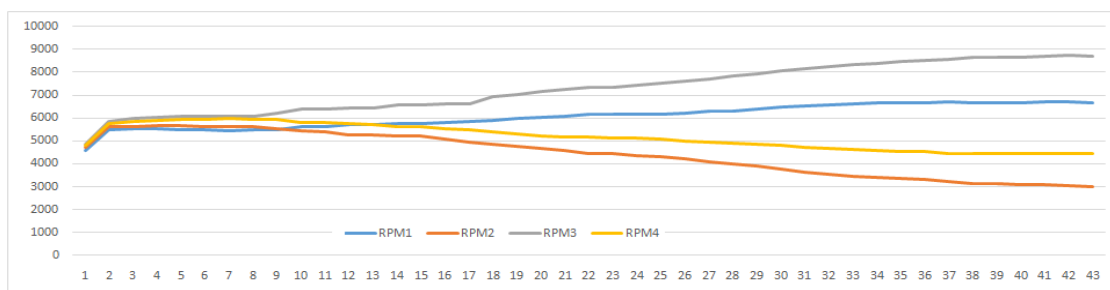
a)



b)



c)



d)

Şəkil 5. BNÖS vasitəsilə I-IV konfigurasiyalara uyğun dəyişilmələr zamanı dövrlər sayının zaman qrafikləri

Sonra, 2-ci, 3-cü və 4-cü konfigurasiyaya uyğun yerdəyişmə yerinə yetirilmişdir (şəkil 3). Tədqiqat zamanı hər konfigurasiya üçün akselerometrin və giroskopun qeydə alınan (A_x, A_y, A_z və G_x, G_y, G_z) göstəricilərinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, PUA-nın üfüqi vəziyyəti təmin olunmayıb. Bu səbəbdən, I konfigurasiyaya uyğun birləşmədə 4-cü mühərrikin idarəetmə signalı nisbətən yüksək dövrlər sayına uyğundur. Həmin signalı ardıcıl olaraq 2-ci, 3-cü və 4-cü konfigurasiyaya uyğun 2-ci, 1-ci və 3-cü mühərrikə tətbiq etdikdə uyğun mühərrikin fırlanma sürətinin ən yüksək olması, PUA-nın üfüqi vəziyyətinin təmin olunmaması müddəasını bir daha təsdiq etmişdir (şəkil 5, b, c və d).

Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, verilmiş hal üçün dövrlər sayının fərqli olması mühərriklərin nasazlığının göstəricisi deyil.

Nəticə. İlk dəfə olaraq kiçik ölçülü (mini) konvertoplan tipli pilotsuz uçuş aparatının əsas uçuş-texniki parametrlərini ($\dot{I}_1...I_5, T_1...T_5, RPM_1...RPM_5, A_1...A_3, G_1...G_3$) kompleks şəkildə qeydə almaq məqsədilə bort nəzarət-ölçü sistemi yaradılmışdır.

Hazırlanmış bort nəzarət-ölçü sistemi vasitəsilə, uçuş aparatında hər mühərrikin enerji sərfi və temperaturu, təyyarə oxlarının və sürət vektorunun istiqaməti haqqında məlumatlar stasionar rejimdə qeydə alınmışdır.

Sınaqlar zamanı alınmış qiymətlər əsasında uyğun parametrlərin zamandan asılılıq qrafikləri müqayisəli şəkildə qurulmuşdur.

Kiçik ölçülü (mini) dronlar üçün yaradılmış bort nəzarət-ölçü sistemi ("online") online rejimdə tam olaraq texniki parametrlərə nəzarət etməyə imkan verir ki, bu da uçuş zamanı borda baş verə biləcək vəziyyət dəyişikliklərini qeyd edərək operativ qərar vermə imkanını yaradır.

Uçuşdan əvvəl və uçuş zamanı kiçik ölçülü (mini) pilotsuz uçuş aparatının mühərrik çalışmalarının diaqnostikası üçün metodologiya hazırlanmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Набиев Р.Н., Абдуллаев А.А., Гараев Г.И., Аббасов В.А. Определение центра тяжести беспилотного летательного аппарата конвертопланового типа // Известия ЮФУ-Технические науки, № 5 (229), 2022, с.258-268.
DOI: 10.18522/2311-3103-2022-5-258-268.
2. Nəbiyev R.N., Abdullayev A.A. Structural emplacement and layout of elements of the developed convertiplane type unmanned aerial vehicle // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. Concepts for the development of society's scientific potential. Prague, Czech Republic, 19-20.05.2022 p.325-330.
DOI: 10.51582/interconf. 19-20.05.2022.041.
3. Набиев Р.Н., Абдуллаев А.А. Исследование основных аэродинамических параметров планера беспилотного летательного аппарата конвертопланового типа // Авиакосмическое приборостроение, Москва, 2022 г. № 4. с 17-33.
DOI:10.25791/aviakosmos. 4.2022.1274.
4. Nəbiyev R.N., Garayev G.I., Abdullayev A.A. 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.
5. Paşayev A.M., Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Abdullayev A.A. Akkumulyatorun doldurulması zamanı qütbləri özü təyin edən qurğu. Patent - İxtira İ 2022 0034.

6. Nəbiyev R.N., Abdullayev A.A., Qarayev Q.İ. Enerji mənbəyi qismində hidrogenin xüsusiyyətlərinin təhlili // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. Cild 21, №4, oktyabr-dekabr 2019. s. 16-30. DOI: 10.34826/ NAA.2020.21.4.001.
7. Nəbiyev R.N., Abdullayev A.A., Qarayev Q.İ. Litium əsaslı akkumulyator batareyalarının inkişaf mərhələləri // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. Cild 11. №4, 2019, s. 70-81.
8. Nabiyev R.N., Abdullayev A.A. Creation of convertible-type unmanned aerial vehicles / 4th International New York conference on evolving trends in interdisciplinary research & practices. May 2-4, 2021, Manhattan, New York City. p. 504-513.
9. С.А. Михайлов, М.А.Х. Хамза, А.А. Маханько. Способ определения аэродинамических характеристик летательного аппарата по результатам летного эксперимента. Патент-изобретение, RU 2790358 C1 // Описание изобретения к патенту Федеральная Служба по интеллектуальной собственности Российская Федерация. № 5, 17.02.2023.
10. О.В. Емельянова и др. Синтез параметров электроприводов БПЛА типа «конвертоплан - трикоптер» // Cloud of Science. 2017. Т. 4. № 2, с. 249-263. <http://cloudofscience.ru>
11. М.А.Х. Хамза. Проектирование системы сбора полетной информации для расчета аэродинамических характеристик БПЛА. Онтология проектирования. №1, том 13, 2023, с. 93-98, DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-1-90-98.
12. С.А. Клешина и др. Устройство регистрации и передачи телеметрической информации беспилотного летательного аппарата. Патент-изобретение, RU 182090 C1 // Описание изобретения к патенту Федеральная Служба по интеллектуальной собственности Российская Федерация. № 22, 03.08.2018.
13. К.И. Куат. Определение аэродинамических характеристик беспилотного летательного аппарата самолетного типа аналитическими методами. Вестник Томского Государственного Университета, №78, 2022, с. 112-124. DOI: 10.17223/1998821/78/9.

REFERENCES

1. Nabiyev R.N., Abdullayev A.A., Garayev G.İ., Abbasov V.A. Opredelenie tsentra tyajesti bespilotnogo letatel'nogo apparata konvertoplanovogo tipa // İzvestiya YUFU-Tekhnicheskie nauki, № 5 (229), 2022, s.258-268, DOI: 10.18522/2311-3103-2022-5-258-268.
2. Nabiyev R.N., Abdullayev A.A. Structural emplacement and layout of elements of the developed convertiplane type unmanned aerial vehicle // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. Concepts for the development of society's scientific potential. Prague, Czech Republic, 19-20.05.2022 p.325-330. DOI: 10.51582/ interconf. 19-20.05.2022.041.
3. Nabiev R.N., Abdullayev A.A. İssledovanie osnovnikh aerodinamicheskikh parametrov planera bespilotnogo letatel'nogo apparata konvertoplanovogo tipa// Aviakosmicheskoe priborostroenie, Moskva, 2022g. № 4. s. 17-33. DOI:10.25791/ aviakosmos. 4.2022.1274.

4. Nabiyeu R.N., Garayev G.I., Abdullayev A.A. 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.
5. Pashayev A.M., Nebiyev R.N., Garayev G.I., Abdullayev A.A. Akkumulyatorun doldurulması zamanı gutbləri ozu teyin eden gurgu. Patent - İxtira İ 2022 0034.
6. Nabiyeu R.N., Abdullayev A.A., Garayev G.I. Enerji menbeyi gisminde hidrogenin xususiyetlerinin tehlili// Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. Jild 21, №4, oktyabr-dekabr 2019. s.16-30, DOI: 10.34826/ NAA.2020.21.4.001.
7. Nabiyeu R.N., Abdullayev A.A., Garayev G.I. Litium esasli akkumulyator batareyalarının inkishaf merheleləri // Azərbaycan Muhendislik Akademiyasının Kheberləri. Jild 11. №4, 2019, s.70-81.
8. Nabiyeu R.N., Abdullayev A.A. Creation of convertible-type unmanned aerial vehicles / 4th International New York conference on evolving trends in interdisciplinary research & practices. May 2-4, 2021, Manhattan, New York City. p.504-513.
9. S.A. Mikhaylov, M.A.Kh. Khamza., A.A. Makhan'ko. Sposob opredeleniya aerodinamicheskikh kharakteristik letatel'nogo apparata po rezul'tatam letnogo eksperimenta. Patent-izobretenie, RU 2790358 S1// Opisanie izobreteniya k patentu Federal'naya Slujba po intellektual'noy sobstvennosti Rossiyskaya Federatsiya. № 5, 17.02.2023.
10. O.V. Emel'yanova i dr. Sintez parametrov elektroprivodov BPLA tipa «konvertoplan-trikopter»// Cloud of Science. 2017. T. 4. № 2, c.249–263. <http://cloudofscience.ru>
11. M.A.Kh. Khamza. Proektirovanie sistemi sbora poletnoy informatsii dlya rascheta aerodinamicheskikh kharakteristik BPLA. Ontologiya proektirovaniya. №1, tom 13, 2023, s.93-98, DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-1-90-98.
12. S.A. Kleshnina i dr. Ustroystvo registratsii i peredachi telemetricheskoy informatsii bespilotnogo letatel'nogo apparata. Patent-izobretenie, RU 182090 C1 // Opisanie izobreteniya k patentu Federal'naya Sluzhba po intellektual'noy sobstvennosti Rossiyskaya Federatsiya. № 22, 03.08.2018.
13. K.I. Kuat. Opredelenie aerodinamicheskikh kharakteristik bespilotnogo letatel'nogo apparata samoletnogo tipa analiticheskimi metodami. Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta, №78, 2022, s.112-124, DOI: 10.17223/1998821/78/9.

**ON-BOARD CONTROL AND MEASURING COMPLEX FOR SMALL-SIZED CONVERTIPLANE
UNMANNED AERIAL VEHICLES TYPE**

**Nabiyeu R.N., Abdullayev A.A., Garayev G.I., Abbasov V.A.
National Aviation Academy**

The article describes an on-board control and measuring system designed to record the main flight parameters of a small-sized (mini) convertiplane type unmanned aerial vehicle and the element base used for this. The scientific literature published in this direction and the results of tests carried out in a stationary mode

through an on-board control and measurement system are analyzed. Using the on-board control and measuring system, a diagnostic check and assessment of the engine condition were carried out.

Ground-based diagnostics of the power elements of a small-sized (mini) unmanned aerial vehicle before and after flight are shown, as well as the ability to control flight events that can occur in the air during flight.

Keywords: Convertiplane, unmanned aerial vehicles, on-board control and measuring system, accelerometer, gyroscope, diagnostics, thermometer, navigation.

Rəyçi: t.e.d., prof. Abdullayev X.İ.

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Nəbiyev Rasim Nəsib oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Aviasiya Elektronikasi şöbəsinin rəisi, t.e.d., prof.	nabiyevrasim@gmail.com mob: +994 55 754 76 46
Abdullayev Anar Arif oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Milli Aviasiya Akademiyasının doktorantı, f-r.f.d.	anarcafarov09@mail.ru mob: +994 77 756 48 75
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
Abbasov Vüsal Arashlı oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Aviasiya Elektronikasi şöbəsinin mühəndis-konstruktoru, doktorant	vusal9820@gmail.com mob: +994 70 729 22 58