



## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun  
Ümummilli Lider Heydər Əliyevin 100-illik  
yubileyinə həsr olunmuş  
“Əsas qrant müsabiqəsi-2023” ün  
(AEF-MCG-2023-1(43)) qalibi olmuş  
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq  
(rüblük olaraq 3-cü mərhələ)

### ELMI-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Oktokopter vasitəsilə ağır yüklərin (100 kq-a qədər) çatdırılması və xilasetmə işlərinin aparılması üçün proqram-texniki kompleksin işlənməsi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Rzayev Ramin Rza oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2023-1(43)-13/03/1-M-03**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **15 noyabr 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 dekabr 2023-cü il – 01 dekabr 2025-ci il**

*Layihənin III mərhələ üzrə (rüb) məbləği:*

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

<b>1</b>	<p>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş <b>elmi işlər</b></p> <p><b>«Oktokopterin mexanika və elektronikasının modelləşdirilməsi»</b> adlı tədqiqat mərhələsi aşağıdakı şərtlər daxilində icra olunub:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Oktokopterin sxemi onun dizayn mərhələsində tərtib edilir və uçuş mühiti, relyef, tələblər və dronun qarşısında duran vəzifələr nəzərə alınmaqla hazırlanır.</li><li>• Montaj dəqiqliyi və hissələrin ölçüləri üçün tələblər çox yüksəkdir, çünki kiçik hesablama səhvləri avadanlığa nəzarəti əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir və taktiki və texniki uçuş xüsusiyyətlərini azalda bilər.</li></ul> <p>Layihənin bu mərhələsində əsas məqsəd oktokopterin konstruksiyasını, dizaynını və sınaq proseduru öyrənməkdir. Təklif olunan prototipin konstruksiyası oktokopterin daşdığı təxmini faydalı yükə və onun ayrı-ayrı komponentlərinin çəkisinə əsaslanır və müvafiq elektron komponentlərin seçilməsinə imkan verir. Bu konstruksiya üçün materialların seçimi çəkiyə, quruluşa təsir edən qüvvələrə, mexaniki xüsusiyyətlərə və qiymətə əsaslanır.</p> <p>Mərhələnin icra müddətində oktokopterin mexaniki sxeminin işlənməsi aşağıdakı əsas məsələlərin həllidən asılı olmuşdur:</p>
----------	--

1. Oktokopterin qarşısında duran məqsəd və vəzifələrin müəyyənləşdirilməsi
2. Faydalı yüklərin və oktokopterin komplektasiyasının hesablanması
3. Sürət, hündürlük, uçuş məsafəsi üçün ilkin parametrlərin təyin edilməsi
4. Oktokopterin uçacağı mühitlərin nəzərə alınması (yağış, sıfırdan aşağı temperatur, yüksək temperatur, güclü küləyin əsməsi və s.)

Oktokopterin layihələndirilməsində onun əsas tərkib hissələrinə xüsusi diqqət yetirilmişdir. İstifadə olunan əsas hissələr və ehtiyat hissələri aşağıdakılardır:

- Konstruktiv elementlərin quraşdırılması üçün dayaq çərçivəsi;
- Detalların quraşdırılması və birləşdirilməsi üçün materiallar və alətlər;
- Pervane dəsti;
- Oktokopterin idarəetmə pultu, həmçinin siqnalları qəbul edən qurğu;
- Enerji bloku (güc aqreqatı);
- Uçuş zamanı video siqnalı qəbul etmək üçün kopterin çərçivəsinə quraşdırılmış stasionar kamera;
- Kontroller;
- Sürət tənzimləyicisi, eləcə də etibarlılığı, təhlükəsizliyi və idarəetmə asanlığını təmin edən müxtəlif növ sensorlar;
- Oktokopterin funksionallığına təsir edəcək köməkçi və ya əlavə hissələr və ehtiyat hissələri.

**Oktokopterin korpusu.** Oktokopterin ölçüləri, materialı, zərbəyə davamlı xüsusiyyətlərinə xüsusi diqqət yetirilmişdir. Məsələn, oktokopterin korpusun yaradılmasında karbon lifi gövdələrin istehsalı üçün istifadə olunur. Qurğunun gövdəsinin dizaynında 1-3 millimetr olsa belə səhv hesablamalar oktokopterin uçuş zamanı çökməsinə, daimi yuvarlanma almasına və tarazlığı itirməsinə səbəb ola bilər.

Yaradılan oktokopter prototipinin əsas hissəsi dörd qolu olan çərçivədir (rama). Batareyanı, dörd fırçasız mühərriki, kontroller lövhəsi, səkkiz pervane, video kamera və müxtəlif növ sensorlar yerləşdirmək üçün çərçivə yüngül və sərt olmalıdır. Mühərrikin sürəti Elektron Sürət Nəzarətçisi (ESC) tərəfindən idarə olunur. Daha çox sabitlik üçün mühərriklər əks tərəflərdə mərkəzdən bərabər məsafədə yerləşdirilir. Mühərriklər arasındakı məsafələr pervane kanatları arasında hər hansı aerodinamik təsirdən qaçmaq üçün tənzimlənir. Mühərriklər oktokopterin əsas çərçivəsinə quraşdırılır. Çərçivə faydalı yükü artırmaq və çəkisini azaltmaq üçün karbon kompozit materiallardan hazırlanmışdır.

Müəyyən bucaq altında gövdə səthinə geniş dayaqqların quraşdırılması. Bu, xüsusilə oktokopter üçün ən populyar üsuldür. Qeyd etmək lazımdır ki, oktokopterin gövdəsinə nisbətən dayaqqlar təxminən 30 dərəcə bir açı ilə yerləşdirilib. Bu dizayn yaxşı amortizasiya təmin edir. Bundan əlavə, ikitərəfli quraşdırma sayəsində ümumi çəki struktur üzərində bərabər paylanacaq, bunun sayəsində uçuş xüsusiyyətləri pisləşməyəcək.

**Oktokopterin idarəetmə sxemi** və ya onun mikrosxemləri. Yüngül sadə oktokopterlərin layihələndirilməsi və yaradılması zamanı tanınmış *Arduino* platformasından istifadə olunub. Layihə çərçivəsində layihələndirilən oktokopterin prototipi peşəkar drom olduğuna görə onun hazırlanmasında potensial istehsalçılardan lövhələr, mikrosxemlər və nəzarətçilər istifadə olunur. Qeyd olunmalıdır ki, mikroelektronikanın parametrləri və xüsusiyyətləri çox vaxt kommersiya sirridir.

Oktokopteri quraşdırarkən mühərrik sisteminin, sürət tənzimləyici sisteminin və birləşdiricilərin düzgün seçilməsinə xüsusi diqqət yetirilmişdir. Eyni zamanda, bıçaqların ölçüsü də mühüm rol oynadı. Məsələn, güclü bir mühərrik mövcud olarsa, lakin bıçaqların ölçüsü kiçikdirsə, mühərrik 30% və ya daha çox boşuna işləyəcək, gücünü boş yerə sərf edəcəkdir.

İdarə olunan və dayanıqlı, lakin ən əsası təhlükəsiz uçuşu təmin etmək üçün oktokopter sensor, eləcə də müxtəlif növ sensorlarla təchiz olunub. Onların mövcudluğu əlavə əməliyyat faydaları təmin edir.

**Uçuş kontrolleri** nəzarəti təmin edən xüsusi bir cihazdır. Qeyd etmək lazımdır ki, görünüşündə o, sensorların və əsas idarəetmə vasitələrinin yerləşəcəyi adi bir lövhəyə bənzəyir. Əsas funksiyaları yerinə yetirmək üçün əməllərin verilməsi onlardan gələn məlumatlara əsaslanır.

Kontroller eyni vaxtda bir neçə faydalı və vacib funksiyaları yerinə yetirir, lakin onun əsas vəzifələri arasında aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- Fəzada mövqeyin hesablanması;
- İstifadə olunan sensorlardan məlumatların toplanması;
- Nəzarət siqnallarının ötürülməsi;
- İdarəetmə pultdan əməllərin qəbulu.

Kontrollerin işləməsi sürət tənzimləyicisinə bir impuls göndərməklə təmin edilən sürət rejimini idarə etməyə imkan verir. Uçuşun gedişinə və onun istiqamətinə gəlincə, göstəricilər tənzimləyici qolundan istifadə edərək bucağı üç müstəqil müstəvi (pitch, roll, yaw) boyunca fırlatmaqla müəyyən edilir. Bu vəziyyətdə, hər bir mühərrikin fırlanmasında bir fərqi görünüşünə görə istiqamət dəyişikliyi həyata keçiriləcəkdir. Qeyd etmək lazımdır ki, uçuş kontrolleri əsas nöqtədir, oktokopterin bütün əlavə və əsas perforasiyaları ona qoşulur. İstifadə olunan kontrollerin əlavə funksiyaları da var, məsələn:

- Bir maneə ətrafında uçmaq və ya dayanmaq;
- Verilmiş hündürlüyü tutmaq;
- Siqnal itkisi zamanı avtomatik eniş;
- Müəyyən edilmiş koordinatlara avtomatik rejimdə uçuş.

Oktokopter prototipinin layihələndirilməsində istifadə olunan əsas sensor növləri aşağıdakılardır:

- **GPS modulu**, cihaz oktokopterin coğrafi mövqeyi ilə bağlı lazımı verilənləri və məlumatları ötürəcək, əlavə olaraq, yalnız yüksəklik deyil, həm də uçuş sürəti ilə bağlı məlumat verəcəkdir. Modul tərəfindən ötürülən məlumatlar fəzada cihazın istiqamətləndirilməsi və naviqasiyası üçün lazımdır;
- **Akselerometrlər**. Xətti sürətlənmə göstəricisini dəyişdirməyə kömək edən cihazlardır. Onların vasitəsilə verilənlərlə eyni vaxtda üç ölçmə müstəvisində təmin edilir. Daxil olan verilənlər hesabına sürətlənmə vektorunu müəyyən etmək, həmçinin hərəkətin cari trayektoriyasını əhatə etmək mümkün olur;
- **Barometrlər**. Bu cihazlar dəniz səviyyəsinə nisbətən hündürlüyün dəyişməsindən asılı olaraq atmosfer təzyiqinin real vaxt rejimində ölçülməsinə imkan verir. Verilənlər uçuş hündürlüyünü saxlamağa yönəlmiş əməliyyat parametrlərini tənzimləməyə imkan verir, lakin ən əsası, müxtəlif maneələrlə toqquşma ehtimalı aradan qaldırırlar;

- **Giroskop.** Oktokopterin üç oxa nisbətən (yaw, roll, pitch) fırlanma bucaq sürətini ölçmək üçün istifadə olunur. Xarici təsirləri kompensasiya etmək və aradan qaldırmaq, uçuşun təşkili zamanı sabitliyi və təhlükəsizliyi təmin etmək üçün koqterlərdə oxşar qurğu quraşdırılır;
- **Maqnitometrələr.** Oktokoptərə quraşdırıldıqdan sonra müəyyən bir azimut bucağında işləyən cihazın meydana gələn maqnit vektoru ilə bağlı verilənləri əldə etmək mümkün olur və uçuş zamanı cihazın yerin maqnit sahəsinə nisbətən istiqaməti də həyata keçirilir;
- **Axin optik sensorları.** Onlar səth toxumalarının və obyektlərin hərəkətini təhlil edirlər. Bu verilənlər əsasında oktokopterin yer səthinə nisbətən bucaq və xətti sürəti müəyyən edilir. Bu cihaz ilk növbədə hamar trayektoriya saxlamaq və uçuşu sabitləşdirmək üçün istifadə olunur;
- **Radar, lidar və ultrasəs məsafə sensoru.** Bu qurğular oktokopterdən ən yaxın obyektə qədər olan məsafəni tez müəyyən etməyə imkan verir və bununla da onun maneələrlə toqquşması ehtimalını aradan qaldırır.

**Radio idarəetmə sistemləri.** Peyklərdən GPS siqnallarını qəbul edən radio idarəetmə sistemləri bir qayda olaraq artıq lövhələrdə (platalarda) quraşdırılmışdır, onlar yalnız oktokopter əməliyyat sistemi vasitəsilə konfigurasiya edilmişdir. Demək olar ki, bütün mikrosxem plataları GPS siqnalları ilə işləyir.

Oktokopter üçün platalar – texniki xassələr. Oktokopterin əsas tərkib elementi kimi plata xüsusi sensorlarla, yəni məlumatların emalı və hərəkət qavrayışı ilə təchiz edilmişdir. Onlardan alınan məlumatlara görə, oktokopter sürət həddini düzgün tənzimləyə və mövqeyə nəzarət edə bilir.

Radio idarəetmə sistemi - bu uzaqdan idarəetmə ilə qəbuledici və ötürücüdür. Qeyd etmək lazımdır ki, onlar bir-birindən tezliyə və kanalların sayına görə fərqlənəcəklər. Burada 433 GHz və ya 2.4 GHz kimi bir neçə seçim var.

**Batareya bloku.** Bu blok müxtəlif güc və tutumlu litium batareyalardan istifadə edir. Layihələndirilən oktokopter modeli çoxsaylı üstünlüklərə malik LiPo batareyaları ilə təchiz edilmişdir. Belə akkumulyatorlar yükləri saxlamağa qadirdir və tez bir zamanda böyük miqdarda enerji təmin edə bilir.

Litium polimer (LiPo) batareyaları yüksək enerji sıxlığına və aşağı çəkiyə malikdir. Batareya oktokopterin mühərriklərini və bütün elektron komponentlərinin işlənməsi üçün istifadə olunur. Milliampere-saat (mAh) nominal tutumu bir batareyanın bir saat ərzində nə qədər cərəyan verə biləcəyini göstərir. Boşaltma dərəcəsi batareyanın nə qədər tez boşalda biləcəyini göstərir. Elementlər adətən ardıcıl olaraq bağlanır, bu da gərginliyi artırır, lakin saatda eyni sayda amper istehsal edir.

**Motorlar.** EMAX RS2205 2300KV CCW (əks fırlanma) və ya EMAX RS2205 2300KV CCW (irəli fırlanma) elektrik mühərriki, prinsipə, bu gün oktokopter üçün ən əlverişlidir. Belə modellər aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- Kifayət qədər güc;
- Fərdi soyutmanın mövcudluğu;
- Düşmə halında bloklanmadan qaçınılır;
- Sürət dəyişikliklərinə həssaslıq;

**Akselerometrlər (giroskoplər).** Onun üçün müxtəlif lövhələr var. Layihə çərçivəsində layihələndirilən oktokoqterin prototipi üçün MPU-6050 quraşdırılmışdır.

**Tel ölçüləri.** Oktokoqterin layihələndirilməsi zamanı AWG naqıl kəsik standartından istifadə edilmişdir. Telləri seçərkən tez-tez AWG (American Wire Gauge) abbreviaturası ilə rastlaşmaq mümkündür. Qeyd etmək lazımdır ki, bu, Amerika təyinat sisteminə uyğun olaraq tel kəsişməsinin təyinatıdır. Və burada daha kiçik bir göstərici daha böyük diametrlili telə uyğun olacaq. Bunun səbəbi, naqillərin ilk növbədə rəsm texnologiyasından istifadə etməklə istehsal edilməsi, yəni tədrisən daha böyük diametrdən daha kiçik diametrə keçməsi və AWG göstəricisi kəsikli bir telin istehsalı üçün həyata keçirilən emal əməliyyatlarının sayını göstərir.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)  
100%

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

Layihənin bu mərhələsində oktokoqterin mexaniki strukturu nəzərdən keçirilib, onun komponentləri təqdim edilib və təsvir edilib. Oktokoqterin mühərrikinin gücü və fırlanma anı hesablanıb. Oktokoqterin hərəkətinin müxtəlif mexanizmləri nəzərdən keçirilmişdir. Oktokoqterin üstünlükləri və çatışmazlıqları, eləcə də onun tətbiqi sahələri müəyyən edilmişdir.

Oktokoqterin fiziki prototipi hazırlanmışdır. Onun tərkibinə aşağıdakılar daxildir:

- Standart pervanelər
- İtəliyən pervanelər
- Fırçasız müərriklər
- Eniş çərçivəsi
- Elektron sürət tənzimləyiciləri (Electronic Speed Controllers – ESC)
- Uçuş controlləri
- Qəbuledici (resiver)
- Ötürücü
- Peyk naviqasiya modulu (GPS)
- Batareya bloku
- Foto kamera

Xüsusilə, mühərrikin nominal gücü (kV ilə ölçülür) sürət və gərginlik arasındakı əlaqə kimi hesablanır. Güc göstəricisi mühərrikin 1 V-da nə qədər sürətlə fırlanacağını göstərir. Nominal cərəyan mühərrikin etibarlı şəkildə çəkə biləcəyi maksimum cərəyanı göstərir. Elektromexaniki əlaqəni ölçməklə bu nominal qiymətdən  $K_v$  fırlanma anı sabitini  $K_t$  təyin etmək oldu.

Fırlanma momenti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$T = I \times K_t.$$

Nominal güc  $K_v$  mühərriklərin seçilməsi üçün meyardır və  $K_t$  aşağıdakı kimi hesablanır:

$$K_t = 0.01794 \cdot K_v.$$

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar



	Oktokopterin fiziki prototipinin hazırlanması prosesində 100 kq və ya daha çox çəkiddə olan yükləri daşıya bilən multikopterlərin konfigurasiyası ilə bağlı beynəlxalq təcrübə və məlumat bazasından istifadə edilmişdir.
5	Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) <i>(surətlərini əlavə etməli!)</i> <b>Əliyev E.R., Əhmədov İ.M., Qurbanlı Ü.Q., Almasov Ə.Ş., Salmanlı F.M.</b> Об одной задаче автоматического ориентирования мультикоптера в пространстве с использованием средств компьютерного зрения // Proceedings of IAM, V.13, N.1, 2024, pp.60-79 DOI: 10.30546/2225-0530.13.1.2024.017 <a href="https://www.iamj.az/Current.aspx">https://www.iamj.az/Current.aspx</a> <a href="https://www.iamj.az/Files/Contents%20V.13,%20N.1,%202024/4Multicopter%20pilot2.pdf">https://www.iamj.az/Files/Contents%20V.13,%20N.1,%202024/4Multicopter%20pilot2.pdf</a>
6	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər –
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər –
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak –
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak –
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) Məqalələrin nəticələri AR Elm və Təhsil Nazirliyinin İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun laboratoriyasının genişləndirilmiş seminarında həm layihə iştirakçıları, həm də dəvət olunan profil mütəxəssisləri tərəfindən müzakirə edilmişdir.
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar –
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr –
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr –
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı –
15	Sərgilərdə iştirak –
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi –
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. –

Layihə rəhbərinin imzası \_\_\_\_\_ Rzayev Ramin Rza oğlu

Tarix 20.08.2024

QEYD: bütin hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.

