

SABİT QANADLI PUA-LARIN ÜMUMİ ANALİZİ VƏ MODELİN SEÇİLMƏSİ

NAMİQ HEYDƏROV^{2,3}, RAMİN SƏTTAROV^{2,3}, İBRAHİM NURİYEV^{1,2},
MAQSUD NƏZƏROV^{1,3}

¹AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu

²AMEA Yüksək Texnologiya Parkı, Elm və Texnologiya Parkı

³AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

nmq.heydarov91@gmail.com

Son zamanlar pilotsuz uçuş aparatları (PUA) istər hərbi, istərsə də mülki məqsədlər üçün geniş tətbiq olunur. Hərbi məqsədlər üçün istifadə olunan PUA-ların dağlıq və şəraitərsiz ərazilərdə istifadəsi, eniş və qalxma məsafələrinin optimallaşmasını aktual edir. Qısa eniş və qalxma məsafəsini əldə etmək üçün PUA-ların dizaynı və seçilməsi zamanı bir çox parametrlərə diqqət olunmalıdır. Modelin uyğun komponentləri elə seçilməlidir ki, qısa qalxış məsafəsinə, daha çox faydalı yük qaldırma qabiliyyətinə, yüksək sürətlərdə kiçik müqavimət əmsalına və düzgün hava axını yaratmaq üçün uyğun olsun. Qeyd olunan tələbləri nəzərə alaraq My Twin Dream (1800 mm) model seçilmişdir. Məqsədımız bir model üzərində hazırlayacağımız stabilizasiya sxeminin və proqram təminatının yoxlanmasıdır. Modeli seçdikdən sonra, ilkin olaraq istehsalçının təklif etdiyi motor, pərvanə və akkumulyatordan istifadə edərək, yüksüz vəziyyətdə sınaq uçuşlarını həyata keçiririk. Sınaq uçuşları manual (əl ilə) olaraq həyata keçirilmişdir. Akselerometr, jiroskop, GPS və digər stabilizasiya qurğularından istifadə etmədən uçuş uğurla həyata keçirilmişdir. Təyyarənin dönmə, qalxma və enmə manevrləri test edilmişdir.

Açar sözlər: Pilotsuz uçuş aparatı; PUA, Dron, sabit qanadlı təyyarə; qanad profili; NASA 0010; airfoil; Reynolds ədədi.

PACS: 47.85.Gj

GİRİŞ

Son zamanlar pilotsuz uçuş aparatları (PUA) istər hərbi, istərsə də mülki məqsədlər üçün geniş tətbiq olunur. Hərbi məqsədlər üçün istifadə olunan PUA-ların dağlıq və şəraitərsiz ərazilərdə istifadəsi, eniş və qalxma məsafələrinin optimallaşmasını aktual edir. Modelin uyğun komponentləri elə seçilmişdir ki, qısa qalxış məsafəsinə, daha çox faydalı yük qaldırma qabiliyyətinə, yüksək sürətlərdə kiçik müqavimət əmsalına və düzgün hava axını yaratmaq üçün uyğun olsun. Bu zaman hazırlanan model, məhdud şəraitli yerlərdə də PUA-ların istifadəsini mümkün edəcəkdir. Böyük ölçülü təyyarə və gəmilərin hazırlanmasından öncə onların kiçik prototiplərinin hazırlanmasını nəzərə alsaq, PUA-lar da böyük təyyarələrin prototipləri hesab oluna bilər. PUA-lar insanlı təyyarələrdən daha çox özəlliklərə sahib olduğu üçün bir çox ölkələrdə bu istiqamətdə ciddi araşdırmalar aparılır. Bu tip kiçik ölçülü insansız təyyarələr əsasən avtomatik rejimdə (misiya ilə) və ya manual (əl ilə) olaraq idarə olunur. [3]

Fövqəladə vəziyyətlərdə PUA-lar qısa zaman ərzində önəmli tələblər yerinə yetirir:

1. Yol infrastrukturunu sıradan çıxmış, və ya ümumiyyətlə yol olmayan dağlıq, meşə və digər ərazilərə getmək.
2. Yanğın, fiziki və kimyəvi tullantılar olan, minəlanmış ərazilərdə müşahidə, və ya tədqiqat aparmaq.
3. Fiziki və bioloji xüsusiyyətləri araşdırmaq üçün ərazinin geotermal analizini həyata keçirmək.
4. Kameralar vasitəsi ilə hərəkət edən obyektləri izləmək və təyin etmək.

Buna görə də, sərhdələrin mühafizəsində, güvənlik xidmətlərində, heyvanlar aləmi çəkilişlərində, kənd təsərrüfatında və əsasən hərbi PUA-lardan geniş istifadə olunur. PUA-lar pilotlu təyyarələrin yerinə çirkli, təhlükəli, uzun və yorucu tapşırıqları az maliyyə tələbi

və risksiz olaraq həyata keçirir. Yalnız qısa zamanlı uçuş, PUA-ların tətbiqini müəyyən qədər məhdudlaşdırır. Problemin aradan qaldırılması üçün PUA-ların uçuş müddətini və sürətini artırmaq ən vacib məsələ hesab olunur. Bu keyfiyyətlərin artırılması üçün PUA-nın dizaynı, motor, profil və digər parametrlərinin optimallaşdırılması lazımdır.

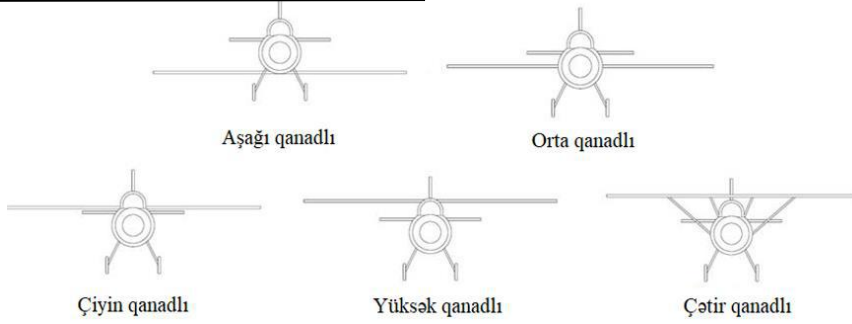
PUA-ların gövdə və qanadları əsas aerodinamik hissələr olduğu üçün onların quruluşu çox vacibdir və bu hissələrin ölçülərində məhdudiyyət olmadığından lazımi qabiliyyəti formalaşdırmaq üçün istənilən optimal ölçünü və dizaynı vermək mümkündür. PUA-lar əsasən iki tip quruluşa malikdir: Dönmə qanadlı PUA-lar (drone və ya kvadrakopter). Bu tip PUA-ların ən böyük üstünlüyü yerindən qalxa bilməsi, havada təyin olunmuş nöqtədə asılı halda qalması və istənilən yerə eniş edə bilməsidir. Lakin, aşağı sürətlə uçması və havada az müddət qalması dronların imkanlarını məhdudlaşdırır. Bu tip PUA-lar əsasən axtarış əməliyyatlarında, qısa müddətli və qısa mənzilli hərbi əməliyyatlarda, dar sahələrdə manevr edərək inşaat mühəndisliyi planlaşdırmasında, xəritə çəkmədə, neft-qaz kəmərlərinin monitorinqində, radioekoloji monitorinqlərdə və digər problemlərin izlənilməsi üçün istifadə olunur.

Sabit qanadlı PUA-lar daha sadə formaya, uzun və sürətli uçuş avantajı qazandıran faydalı aerodinamikliyə malikdir. Bu məqalədə seçiləcək sabit qanadlı PUA-ların üstünlüklərini artırmaq üçün yeni dizayn parametrləri nəzərdən keçirilmişdir. Xüsusi olaraq burada qısa qalxma və enmə məsafəsinin əldə edilməsi üçün dizayn və detallar seçilmişdir ki, bu da sabit qanadlı PUA-ların əsasən də hərbi sahədə istifadə dairəsinin genişlənməsinə səbəb olacaqdır.

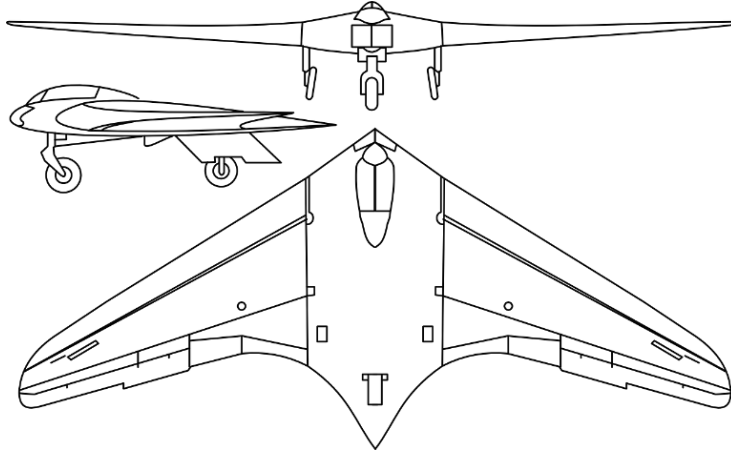
SABİT QANADLI TƏYYARƏLƏR

Sabit qanadlı təyyarələr bir neçə fərqli qanad tipinə sahib ola bilər. İlk və ən çox yayılmış konfigurasiya

siya monoplane və ya bir qanadlı təyyarə tipidir. Aşağı qanad, orta qanad, çiyin qanad, yüksək qanad və çətir qanad ənənəvi təyyarələrdə istifadə olunan qanad növləridir (şəkil 1). Çiyin qanadlı və yüksək qanadlı PUA növləri daha çox istifadə olunur. Buna səbəb bu təyyarə tiplərinin daha stabil olması, istehsalın rahat aparılması, aerodinamik performansın yüksək olmasıdır. Biplane və triplane isə misiya təhlili üçün faydalı modellər hesab edilmir. [1]



Şəkil 1. Ənənəvi, monoplane tipli təyyarələrin qanadlarının yerləşmə yerinə görə növləri.

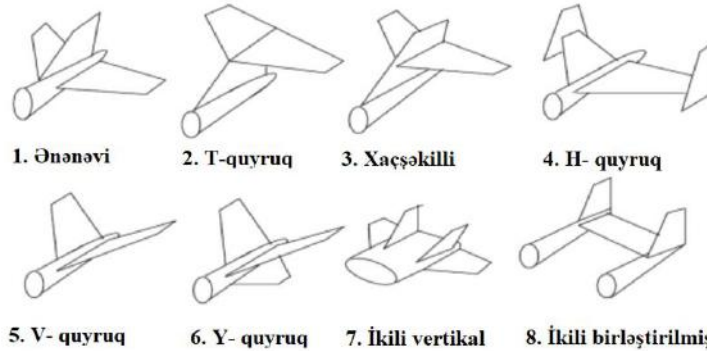


Şəkil 2. Uçan qanad tipli sabit qanadlı pilotsuz uçuş aparatı

QYURUQ TİPİ

Ənənəvi konfigurasiya, təyyarənin arxasında yerləşdirilən kiçik bir quyruq və ya quyruq müstəvisidir. Raymer və həmkarlarına görə bu ən çox yayılmış quyruq tipidir.

Bu tip quyruqlar təyyarədə sürət dəyişməsi, yanacaq yandıqda və digər hallarda ağırlıq və təzyiq mərkəzinin dəyişməsi zamanı təyyarəni idarə etməyə (bu dəyişiklikləri tənzimləməyə) böyük köməklik göstərir. [7]



Şəkil 3. Təyyarələr üçün nəzərdə tutulmuş quyruq tipləri

Digər ən geniş tətbiq olunan quyruq tipləri isə V və T tipləridir. V-tip quyruqlar az induksiya ilə olur və az parazit müqavimət yaradır. Amma təyyarənin istiqamətini və əyilməsini təmin etmək çətinidir. Bu isə mürəkkəb idarə etməyə səbəb olur. Pitch və Yaw burulmaları

zamanı V-tip quyruqlar daha çox gərginlik yaradır. T-tip quyruqlar V-yə nəzərən daha asan idarə olunur və sürətli hava axını yaradır. T-tip quyruqda şaquli stabilizator möhkəm materialdan hazırlanmalıdır. Bu isə bahalı kompozit material tələb edir. Şəkil 3 -də gös-

tərildiyi kimi bir çox quyruq tipləri mövcuddur. Araşdırmalar göstərir ki, bunların içərisində ən sadə idarə etmə və konstruksiya (hazırlanma və idarəetmə mexanizmi) ənənəvi quyruq (conventional) tipindədir. [1,2]

ENİŞ MEXANİZMLƏRİ

Əsasən 3 eniş mexanizmi vardır: üçtəkərli velosiped, quyruqtəkərli və ikitəkərli velosiped. İkitəkərli velosiped eniş mexanizmi əsasən təyyarə konfigurasiyası 3-cü təkərə icazə vermədiyi halda istifadə olunur. İkitəkərli quruluşun çatışmazlığı qalxma zamanı dönüşün idarə edilməsinin çətinliyidir. Quyruqtəkər tipli konfigurasiya digərlərinə nəzərən daha yüngüldür, amma yerdə olan əyriliklərə güclü reaksiya verir. Üçtəkərli velosiped tipi daha dayanıqlıdır və uçuşlar zamanı idarə etmək daha asandır [6].

MÜHƏRRİKLƏRİN YERLƏŞDİRİLMƏSİ

Verilən missiyalar üçün təyyarədə mühərrik növünün seçilməsi, uçuşun sürət və eniş xüsusiyyətlərinə təsir edən ən əhəmiyyətli faktor ola bilər. Dartıcı (traktor), itələyici, ikiqat dartıcı tipli mühərriklər verilən tapşırıqdan asılı olaraq seçilir. Dartıcı tipli konfigurasiyada mühərrik təyyarənin burnuna yerləşdirilir. Bu tip konfigurasiya təyyarənin sabitliyini qoruyur və çəkisini azaldır. İtələyici tipli təyyarələrdə mühərrikin təyyarənin arxasında olması təyyarənin səmərəliliyini azaldır. İkiqat dartıcı tipli konfigurasiyada isə pərvanələr tək-tək təyyarənin qanadlarına yerləşdirilir. Bu tip konfigurasiyada motorlar dartıcı xüsusiyyətlərindən başqa, ayrılıqda idarə olunan zaman təyyarənin dönməsində və stabilizasiyasında iştirak edirlər.

NƏTİCƏ

Araşdırmaları nəzərə alaraq biz My Twin Dream (1800 mm) modelini seçdik (şəkil 4). Məqsədimiz bir model üzərində hazırladığımız stabilizasiya sxeminin və proqramının yoxlanmasıdır. Bu model idarə olunma sadəliyinə və sabit uçuş qabiliyyətinə görə bizim diqqətimizi çəkdi.

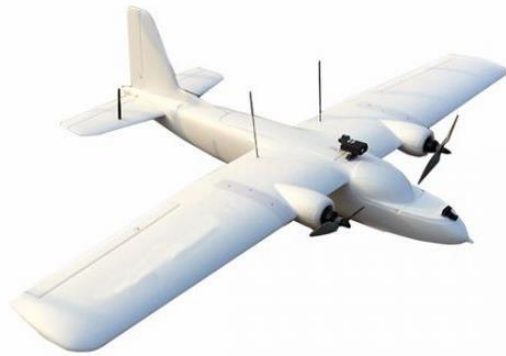
My Twin Dream modelinin əsas parametrləri aşağıdakılardır [10]:

- Qanad genişliyi: 1800mm
- Gövdəsinin uzunluğu: 1230mm
- Ümumi hündürlüyü: 350mm
- Gövdəsinin maksimum eni: 134mm
- Boş kütləsi : 960q
- Maksimum uçuş kütləsi: 5800q
- Maksimum uçuş müddəti: 210dəq.
- Maksimum uçuş sürəti: 150km/saat
- Maksimum uçuş hündürlüyü: 5000m
- Qanad profili : BOEING 103 AIRFOIL
- Quyruq profiləri: Simmetrik -NASA 0010 [11]

Təyyarənin ən vacib parametrlərindən biri qanad profilidir. Bizim seçdiyimiz modelin qanad profili BOEING 103 (boe103) profilidir (şəkil 5).

Qanadın qaldırıcı qüvvəsi hücum bucağı artdıqca artır. Ancaq böyük hücum bucağı qanadın alın müqavimətinin artmasına və təyyarənin tormozlanmasına səbəb olur. İstifadə etdiyimiz qanad profili üçün yavaş-

ladıcı hücum bucağı 15 dərəcə təyin olunmuşdur. Digər tərəfdən müxtəlif vəziyyətləri müqayisə etmək üçün Cl/Cd nisbəti hesablanır. (Cl- qaldırıcı, Cd- müqavimət əmsalındır). Bu nisbətə ən böyük qiyməti qanadın ən effektiv bucağıdır. Qeyd olunan parametrlər hücum bucağı ilə yanaşı Reynolds ədədindən də asılıdır. Reynolds ədədi təyyarənin sürətindən asılı olduğu üçün, təyyarənin effektiv sürətini (maksimum və minimum sürətini) təyin etmək mümkündür. Bizim hazırladığımız modelin stabil uçuş üçün minimum sürət 10m/sandır ($R=100.000$). Aşağıdakı şəkil 6-da Reynolds ədədinin müxtəlif qiymətləri üçün əmsalların nisbətinin bucaqdan asılılıq qrafikləri verilmişdir [8]. Şəkildə bənövşəyi rəngli qrafik Reynolds ədədinin 500.000, yaşıl 200.000, narıncı 100.000, mavi rəng isə 50.000 qiymətlərinə uyğun asılılıqlardır. Qrafiklərdən də görünür ki, Reynolds ədədinin böyük (sürətin böyük) qiymətlərində qrafiklər daha hamar və qaldırma əmsalının müqavimət əmsalına nisbəti daha böyükdür. Bu isə təyyarənin daha stabil uçuşu deməkdir. Digər tərəfdən qrafikdən aydın olur ki, sürət azaldıqca hücum bucağının effektiv qiyməti sağa doğru sürüşür, lakin bu qiymətlər bir-birindən kəskin fərqlənmir və 5 dərəcə ətrafında dəyişir. Deyilənləri nəzərə alaraq ən az itki və yüksək performans təmin etmək üçün qanad təyyarəyə 5 dərəcə bucaq altında birləşdirilməlidir [8].

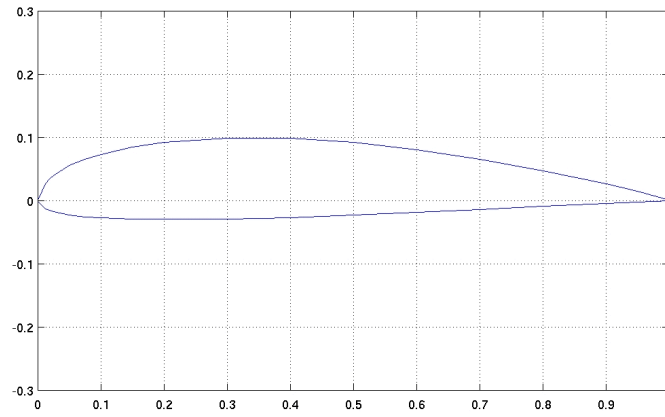


Şəkil 4. MY TWIN DREAM təyyarə modeli

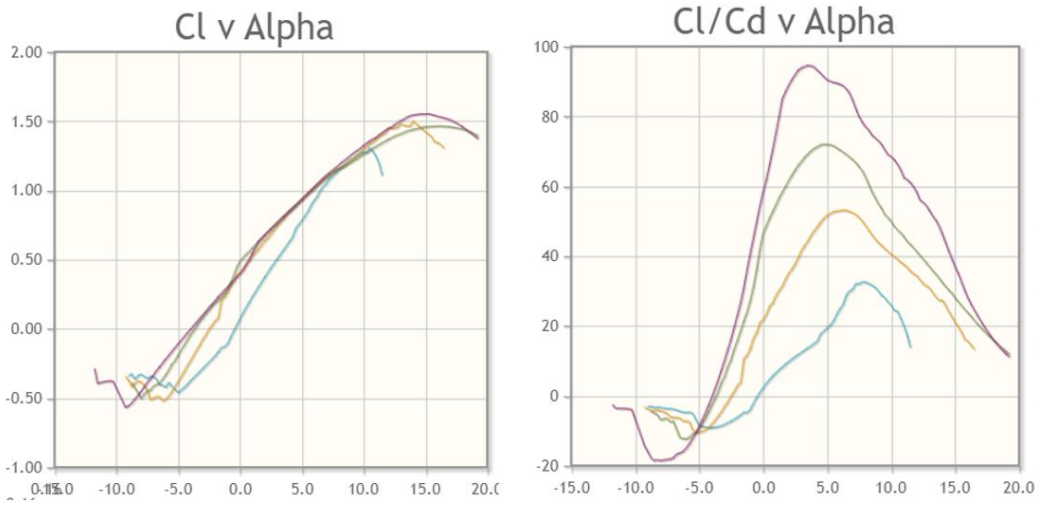
Bizim komanda modeli seçdikdən sonra, ilkin olaraq istehsalçının təklif etdiyi motor, pərvanə və akkumulyatordan istifadə edərək, yüksüz vəziyyətdə sınaq uçuşlarını həyata keçirdi. Sınaq uçuşları manual (əl ilə) olaraq həyata keçirildi. Akselerometr, jiroskop, GPS və digər Stabilizasiya qurğularından istifadə etmədən uçuş uçuşla həyata keçirildi. Təyyarənin dönmə, qalxma və enmə manevrləri test edildi. Qısa məsafədə və zamanda müəyyən hündürlüyə qalxması təyyarənin ən vacib üstünlüyü hesab olunur və biz bu modeldə bunu müşahidə etdik. Bu isə bizim düzgün model seçdiyimizi bir daha təstiqlədi.

Növbəti mərhələdə qarşımıza qoyduğumuz məqsəd aşağıdakı bəndlərdən ibarətdir:

- İstifadə olunan modelə uyğun stabilizasiya sisteminin işlənməsi
- Məsafədən idarəetmə (Receiver və Transmitter) sisteminin işlənməsi
- GPS və idarəetmə əlaqələri kəsildikdə təyyarənin özünü-idarəetmə alqoritminin işlənməsi
- Tam hazırlanmış modelin müşahidə, spektral analiz, radioekoloji monitoring, xəritəçəkmə, digər hərbi və mülki layihələrdə tətbiq edilməsi.



Şəkil.5. BOEING 103 qanad profili



Şəkil 6. Cl və Cl/Cd əmsallarının hücum bucağından asılılığı.

Hesablamalarımıza görə hazırlanacaq sabit qanadlı PUA 2,5-3 kq effektiv yük götürmə qabiliyyətinə malik olacaqdır. Bu işə gündüz kamerası, gecə görmə kamerası, müxtəlif növ radiyasiya detektorları və digər

nəzərdə tutulan qurğuları daşımağa kifayət edir.

Layihə AMEA Yüksək Texnologiyalar Parkının dəstəyi ilə həyata keçirilir.

- [1] Ugur C. Yayli, Cihan Kimet, Anday Durul, Ozgur Cetir, Ugur Torun, Ahmet C. Aydogan, Sanjeevikumar Padmanaban and Ahmet H. Ertas. "Design optimization of a fixed wing aircraft", Advances in Aircraft and Spacecraft Science, 2017, vol. 4, No. 1, 65-80.
- [2] Arifianto, O. and Farhood. M. "Optimal control of a small fixed-wing UAV about concatenated trajectories", Control. Eng. Pract., 2015, 40, 113-132.
- [3] P.Liu, A.Y. Chen, Y. Huang, J. Han, J. Lai, S. Kang and M. Tsai. (2014), "Review of rotorcraft unmanned aerial vehicle (UAV) developments and applications in civil engineering", Smart Struct. Syst., 2014, 13(6), 1065-1094.
- [4] F.A. Warsi, D. Hazry, S.F. Ahmed, M.K. Joyo, M.H. Tanveer, H. Kamarudin and Z.M. Razlan. (2014), "Yaw, pitch and roll controller design for fixed-wing UAV under uncertainty and perturbed condition", IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA2014), 2014, Kuala Lumpur, March.
- [5] Halil İbrahim Donbaloğlu "Çok maksatli hibrid insansiz hava araci sistemi geliştirilmesi" 2014. Kitab
- [6] W.Y. Ma, H. Sun, B. Liu and H.G. Jia. "Analysis of UAV main landing gear loads during wheel spin-up process", AMR Adv. Mater. Res., 2013, 753-755, 1595-1598.
- [7] D.P. Raymer. Aircraft design: A conceptual approach. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics. 1999.
- [8] <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=boe103-il#polars>
- [9] "Пошаговое руководство по расчету легкого самолета" <https://vzletim.ru/upload/iblock/9c7/yzamhwwdn%20xxaymtwutt%20sg%20hkaqjfr%20fugntdu%20uuybpufc.pdf>
- [10] <http://www.fpvmodel.com> "MYTWINDREAM 1800MM FPV PLANE" User Manual
- [11] NASA "Summary of airfoil data" (1945) Book, Page 71.

Namiq Haydarov, Ramin Sattarov, Ibrahim Nuriyev, Maqsud Nazarov

GENERAL ANALYSIS AND SELECTION OF A FIXED-WING UAV MODEL

Recently, unmanned aerial vehicles (UAVs) have been widely used for both military and civilian purposes. The most relevant is the use of UAVs used for military purposes in mountainous and unfavorable terrain, optimization of landing and takeoff distances. When designing and selecting a UAV, many parameters must be taken into account in order to achieve short landing and takeoff distances. Appropriate model components should be selected to be suitable for this distance, for greater payload capacity, with a small drag coefficient at high speeds, while maintaining proper airflow. Taking into account the above requirements, the My Twin Dream model (1800 mm) was chosen. The goal is to test the scheme of the stabilization system developed by us and the software on this model. The selected model was tested unloaded using the engine, propeller and battery provided by the manufacturer. Test flights were carried out manually. As a result, the flight was carried out successfully without the use of an accelerometer, gyroscope, GPS and other stabilization devices. Turnaround, takeoff and landing maneuvers were also practiced.

Намик Гейдаров, Рамин Саттаров, Ибрагим Нуриев, Магсуд Назаров

ОБЩИЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР МОДЕЛИ БПЛА С НЕПОДВИЖНЫМ КРЫЛОМ

В последнее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко используются как в военных, так и в гражданских целях. Наиболее актуальным является использование БПЛА, применяемых в военных целях, в гористой и неблагоприятной местности, оптимизация посадочных и взлетных дистанций. При проектировании и выборе БПЛА необходимо учитывать множество параметров для достижения коротких посадочных и взлетных дистанций. Соответствующие компоненты модели должны быть выбраны так, чтобы они подходили для такой дистанции, для большей грузоподъемности, с небольшим коэффициентом сопротивления на высоких скоростях с учетом создания надлежащего воздушного потока. Принимая во внимание вышеуказанные требования, была выбрана модель My Twin Dream (1800 мм). Целью является протестировать схему разработанной нами систему стабилизации и программное обеспечение на данной модели. Над выбранной моделью проводились тестовые полеты в незагруженном состоянии, используя двигатель, воздушный винт и аккумулятор, предлагаемые производителем. Испытательные полеты выполнялись вручную. В результате полет проведен успешно без использования акселерометра, гироскопа, GPS и других устройств стабилизации. Также отрабатывались маневры разворота, взлета и посадки аппарата.

Qəbul olunma tarixi: 18.05.2022