

YERÜSTÜ KOMPLEKSLƏR, UÇAN APARATLAR VƏ ONLARIN

UOT: 623.746.4-519, 533.69.04

DOI: 10.34826/NAA.2022.24.4.002

KONVERTOPLAN TIPLİ PİLOTSUZ UÇUŞ APARATININ AĞIRLIQ MƏRKƏZİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

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

Məqalədə uçuşların səmərəliliyini və təhlükəsizliyini artırmaq məqsədi ilə layihələndirmə və hazırlanma mərhələsində uçuş aparatlarının yüklənmə, mərkəzləşdirmə və ağırlıq mərkəzinin düzgün yerləşməsi istiqamətində aparılan tədqiqat işləri, həmçinin mövcud üsul və vasitələrin xüsusiyyətləri təhlil olunmuş, konvertoplan tipli pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) ağırlıq mərkəzinin müəyyən edilməsində daha çox istifadə olunan məlum "tərazi-kütlə" üsulundan istifadə etməyin metodologiyası işlənmişdir.

Tərəfimizdən layihələndirilərək hazırlanmış konvertoplan tipli PUA-nın çəkisinin müəyyən edilməsi və ağırlıq mərkəzinin koordinatlarının hesablanması zamanı orta kvadratik kənara çıxmanın və ehtimal olunan xətanın təhlili aparılmışdır. PUA-nın stasionar şəraitdə yüklənməsinin və ağırlıq mərkəzinin müəyyən edilməsinə imkan verən birbaşa çəkilməsinin əsas ölçü vasitəsi qismində mobil elektron tərazilərin xüsusiyyətləri və praktiki tətbiq imkanları nəzərdən keçirilmişdir.

Uçuş aparatının ağırlıq mərkəzinin daha yüksək dəqiqliklə müəyyən olunması üçün işlənmiş üsul təsvir edilmiş, təklif olunan sistemin qurulması modeli təqdim olunmuşdur. PUA-nın çəkisinin və ağırlıq mərkəzinin müəyyən edilməsi üçün yerinə yetirilən nəzəri və eksperimental tədqiqatların nəticələri təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: *Ağırlıq mərkəzi, çəki, yüklənmə, pilotsuz uçuş aparatı, konvertoplan, tərazidə çəkmə.*

Uçuş aparatının (UA) kütlə və ağırlıq mərkəzinin dəqiq müəyyən edilməsi, eləcə də bu istiqamətdə yeni metod və texnologiyaların işlənilib hazırlanması məsələsi bu gün də öz aktuallığını qorumaqdadır. Məlumdur ki, planerlərin ağırlıq mərkəzinin koordinatlarını sorğu kitablarına əsasən əvvəlcədən müəyyən etmək mümkündür. Lakin bu məlumatlar planerin son təchizatına uyğun olmayan yüksüz halına uyğun gəlir.

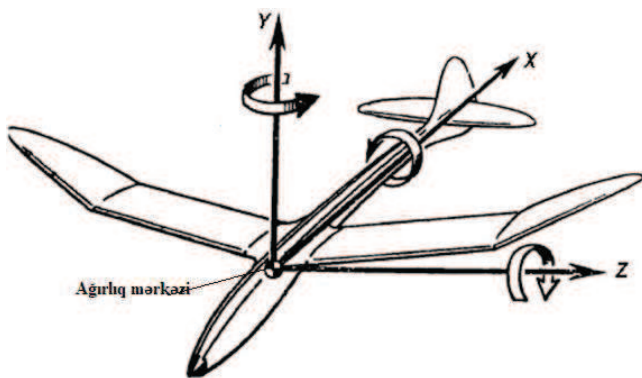
Ağırlıq mərkəzi (AM) uçuş aparatının bütün hissələrinin çəkisinin eyni qiymətlə təsir etdiyi və üçölçülü fəzada uçuş aparatının planerinin fırlanma oxlarının (x, y, z) kəsişdiyi "xəyali" nöqtədir (şəkil 1). UA-nın yükü dəyişdikdə (məsələn, akkumulyatorun dəyişdirilməsi, UA-nın ön hissəsinə kameranın quraşdırılması və s.) AM-in yeri dəyişir. Hazırlanma mərhələsində UA-nın AM-i layihələndirilmiş yerdə yerləşdirilməlidir. Bu proses modelin mərkəzləşdirilməsi adlanır. AM-in yeri müxtəlif UA-ları üçün fərdidir. Yeni hazırlanan UA üçün hazır planer modeli istifadə edilsə, onda bu modelin istismar təlimatında AM-in yeri öncədən təqdim olunur. UA-nın stabilliyinə və idarə oluna bilməsinə onun mərkəzləşmə yeri əhəmiyyətli təsir göstərir. AM-in yerinin maksimum icazə verilən həddən kənara çıxması, UA-nın öz idarəolunma qabiliyyətini qismən, yaxud tamamilə itirməsinə səbəb olur [1-3].

UA-nın yüklənməsini və AM-ni müəyyən etmək, çəkisini hesablamaq, eləcə də mərkəzləşdirmə məlumatlarını hazırlamaq üçün tətbiq olunan mövcud üsul və vasitələrin bir sıra çatışmazlıqları var. Müəyyən hallarda əldə olunan parametrlərin mütəxəssislər tərəfindən səhv təhlil edilməsi nəticəsində uçuşların təhlükəsizliyi aşağı düşür.

Tədqiqatlarımızda konvertoplan tipli PUA-nın əsasını təşkil edən “Skywalker X8 Flying Wing 2120mm” tərpənməz “uçan qanad” əsasında işlənmiş “ARAN-04” PUA-sının AM-nin ön hissədən mərkəzi ox istiqamətində 440 mm arxaya və 5 mm irəli-geri sürüşdürməklə təyin olunduğu haqqında məlumat verilib [4-8]. Bu qiymətlər, planerə əlavə detal və qurğuların quraşdırılmadığı hala uyğundur.

İşin məqsədi konvertoplan tipli “Skywalker X8 Flying Wing 2120mm” tərpənməz “uçan qanad” əsasında işlənmiş “ARAN-04” PUA-sının statik rejimdə x və z oxları üzrə real AM-nin koordinatının müəyyənləşdirilməsidir.

AM UA-nın mərkəzləşmə-tarazlıq nöqtəsini xarakterizə edən əsas göstəricisidir. UA-ya AM-dən təsir edən ağırlıq qüvvəsi onu təşkil edən bütün tərkib elementlərinin çəkirlərinin əvəzləyici qüvvəsidir. UA-nın ümumi çəkisinə planerin, enerji mənbəyinin (yanacağı və yaxud akkumulyator batareyasının), idarəetmə və hərəkətverici sistemlərin, faydalı yüklərin çəkirləri daxildir. AM-in yerləşdiyi yer UA-nın yerdə və havada tarazlığını, dayanıqlığını və idarə oluna bilməsini, ən əsası uçuşun təhlükəsizlik dərəcəsini müəyyən edir. AM-in koordinatları aşağıdakı məlum statik tənliklərlə müəyyən edilir:



Şəkil 1. UA-nın ağırlıq mərkəzindən perpendikulyar keçən x, y, z oxları üzrə planerin fırlanma modeli

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\sum G_i x_i}{\sum G_i} \text{ a)} \\ y_c &= \frac{\sum G_i y_i}{\sum G_i} \text{ b)} \\ z_c &= \frac{\sum G_i z_i}{\sum G_i} \text{ c)} \end{aligned} \quad (1)$$

burada, G_i – UA-nın ayrı-ayrı hissələrinin (elementlərin, yüklərin) çəkisidir, x_i, y_i, z_i – onların ağırlıq mərkəzlərinin koordinatlarıdır. x oxu füzelyaj (UA-nın gövdəsi) uzunluğunu üfüqi simmetriya xətti (buna quruluş və ya tikinti simmetriya xətti də deyilir) ilə üst-üstə düşür, y oxu x oxuna perpendikulyar və yuxarı istiqamətdə, z oxu x oxuna perpendikulyar və sağ

qanad istiqamətinə yönəlmişdir [3, 9, 10].

Məlumdur ki, AM-dən orta aerodinamik xordanın (OAX) başlanğıcına qədər olan məsafə kimi təyin olunan UA-nın mərkəzləşmə yeri, həmin məsafənin faiz ilə ifadə edilən uzunluğu ilə müəyyən olunur və aşağıdakı düstur ilə hesablanır (şəkil 2):

$$x_{AM}(\%) = \frac{x_{AM}}{b_{OAX}} * 100 \quad (2)$$

burada, x_{AM} - AM-dən OAX-ın başlanğıcına qədər olan məsafə, b_{OAX} - OAX-ın uzunluğudur. Mərkəzləşmə yeri x_{AM} olan "G" çəkili UA-ya ağırlıq mərkəzindən l məsafədə ΔG çəkiddə yük əlavə edilərsə və ya çıxarılsa, onda ΔG və G -nin əvəzləyici qüvvəsinin tətbiq nöqtəsi kütlənin dəyişməsi istiqamətində Δx qədər yerini dəyişir və nəticədə UA-nın AM-i yeni yerləşmə yerinə sahib olur [3].

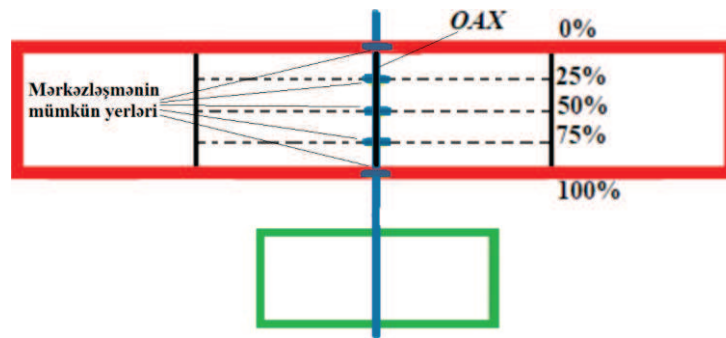
Bu halda AM-in xətti yerdəyişməsi OAX-ın % qiyməti ilə ifadə edilə bilər:

$$\Delta x = \frac{G * l}{(G \pm \Delta G) b_{OAX}} * 100 \quad (3)$$

Beləliklə, x_{AM} aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$x_{AM \text{ yeni}} = x_{AM} \pm \Delta x \quad (4)$$

Təcrübədə mərkəzləşmənin hesablanması UA-nın hər növü və konfigurasiyası üçün mərkəzləşmə əyrlələrinə uyğun qrafik üsulla yerinə yetirilir. Lakin, belə hesablama üsulları kifayət qədər dəqiq deyil, çünki hesablamalarda elementlərin və aqreqların orta çəkirləri nəzərə alınır [3].



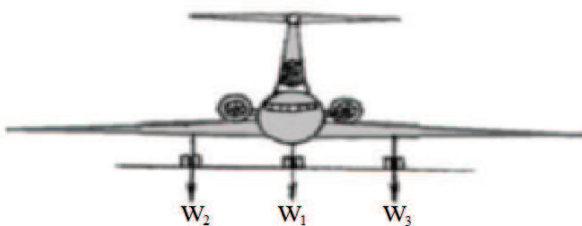
Şəkil 2. UA-nın mərkəzləşmə yerinin onun OAX və AM-dən asılılıq xarakteristikası

UA-nın AM-ni təyin etmək üsulu və vasitələri

Son illərdə mülki, hərbi və eksperimental aviasiyada həm pilotlu, həm də pilotsuz UA-ların icazə verilən qiymətdən artıq yüklənməsi, eləcə də mərkəzləşmə yerinin pozulması uçuş hadisələrinin artmasına səbəb olmuşdur. Bu baxımdan, UA-nın çəkisinin və mərkəzləşmə yerinin uçuşdan əvvəl ölçülməsi üçün mütərəqqi sistemlərin hazırlanmasına və tətbiqinə xüsusi diqqət yetirilməlidir [3, 11].

AM uzununa ox boyunca UA-nın ümumi uzunluğunun 0,2-0,3%-dən çox olmayan dəqiqliklə müəyyən edilməlidir. Əks halda, uçuş zamanı bir sıra problemlər yarana bilər və xəta UA-nın uzunluğunun 2%-dən çox olarsa bu, qəzaya da səbəb ola bilər.

UA-nın AM-in yerini müəyyən etmək üçün ən çox *eksperimental* üsuldən [12] istifadə olunur, lakin *qrafik*, *analitik* və *qrafik-analitik* üsullar da geniş yayılmışdır.



Şəkil 3. UA-nın çəkisinin və AM-in ölçülməsi sxemi

Şəkil 3-də tərəzi sistemindən istifadə etməklə ümumi çəkinin, eləcə də üç dayaq nöqtəsi ilə AM-in müəyyən edilməsi sxemi göstərilib. Bu halda, dayaq qismində istifadə olunan ön və arxa şassilərin altında yerləşən tərəzilər vasitəsi ilə hər bir şassiyə düşən çəki W_1 , W_2 , W_3 ölçülür, sonra UA-nın ümumi çəkisi W , daha sonra AM hesablanır.

Çəkinin ölçülməsi üçün iki istinad nöqtəsindən istifadə edərkən AM-in ön şassidən məsafəsi ümumi çəki və tarazlıq vəziyyəti nəzərə alınmaqla əldə edilən aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$W + W_2 = (M_a + M_b)g; W a = W_2 b \rightarrow a = \frac{W_2 b}{W_1} \quad (5)$$

Nəzərdən keçirilən üsul və vasitələr praktiki tətbiq zamanı bir sıra çətinliklər yaradan xüsusiyyətlərə malikdir [3, 13].

Məlum olduğu kimi, stasionar şəraitdə UA-nın yüklənməsini və mərkəzləşmə yerini müəyyən etməyə imkan verən təzyiq duyğaları və tenzoduyğalar əsasında işləyib hazırlanmış çoxsaylı elektron tərəzi nümunələri, eləcə də mobil elektron tərəzilər mövcuddur.

Tərəzi sistemlərinin təhlili göstərir ki, onların dəqiqliyi, UA-nın çəkisinə nəzarət etmək üçün nisbətən aşağıdır. Bu səbəbdən, AM-ini müəyyən etmək üçün uçuşdan öncə UA-nın çəkisini ölçmək, həmçinin məlumatı saxlamaq, ötürmək və göstərmək imkanı olan sistemlərdən geniş istifadə olunur. Lakin, belə sistemlər UA-nın strukturunda xüsusi duyğaların və radioötürücülərin quraşdırılmasını tələb edir [10-12]. Əlavə olunan bu təchizatlar son nəticədə UA-nın çəkisinin artmasına səbəb olur.

Son illər bir sıra müəlliflər UA-nın çəkisini müəyyən etmək üçün daha çevik imkanlara və tətbiq xüsusiyyətlərinə malik ölçü sistemlərinin yaradılması istiqamətində yeni üsul və vasitələrin

işlənib hazırlanmasına xüsusi diqqət yetirir. Məsələn, hər şassidə amortizatorun silindrinə quraşdırılmış təzyiq duyğacından götürülən siqnaldan istifadə etməklə UA-nın AM-nin yerini müəyyən etmək mümkündür. Bu zaman təzyiqini ölçməklə silindirlərdə sıxılan qazın yaratdığı təsir qüvvəsinin göstəricisinə əsasən UA-nın AM-i hesablanır. Praktiki tətbiq baxımından bu üsulun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, qaz təzyiqinin ölçülməsi UA yerdə hərəkətsiz dayananda yerinə yetirilir və silindrlərdə qaz təzyiqinin dəyişməsinin orta qiymətlərinin hesablanması bütün şassi amortizatorlarında bir neçə on saniyə davam edən vaxt intervallarında sinxron aparılır [1-3].

UA-nın yüklənmə dərəcəsini və ağırlıq mərkəzini müəyyən etmək üçün aparılan tədqiqat işləri zamanı bu istiqamətdə işlənib hazırlanmış və [9,10]-da təsvir edilmiş müxtəlif aviasiya duyğacıları təhlil edilmişdir. Təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ən çox üstünlük PS-250 və İS-240 markalı potensiometrlik və induksiya duyğacılarına verilir. Bu duyğaclardan UA-nın çəkisini 1%-dən çox olmayan dəqiqliklə ölçmək üçün istifadə edilə bilər. UA-ları üçün bu duyğaclardan əsasən hazırlanmış tərəzi sistemləri konstruksiyaya baxımından nisbətən sadədir və mənfi 5°C-dən müsbət 50°C-yə qədər temperaturda 1%-dən çox olmayan azalan xəta ilə etibarlı məlumat verir.

Qeyd edilən və [1-3]-də nəzərdən keçirilən yeni bort *tərəzi sisteminin* imkan və parametrlərinin təhlili göstərir ki, bütün bu sistemlər UA-nın konstruksiyasına xüsusi müdaxilə tələb edir [9, 12, 13] və ağır çəkili UA-ları üçün nəzərdə tutulmuşdur. Yüngül (məs., 20 kq-dan az) çəkili UA-nın mərkəzləşmə yerini “tərəzi-qrafik” üsulundan istifadə etməklə yerinə yetirmək mümkündür.

Konvertoplan tipli PUA-nın ağırlıq mərkəzinin müəyyən olunması məqsədi ilə aparılan ölçmələrin metodologiyası.

İstifadə olunan alətlər: laboratoriya stolu, tarazlıq ölçən, dörd tərəzi, uzunluq ölçən (*metr*).

İşə hazırlıq aşağıdakı qaydada yerinə yetirilir:

Yüzdə bir dəqiqliyə malik 4 ədəd rəqəmsal “B05” markalı tərəzi götürülür.

1. Etalon yükün çəkisini ölçməklə tərəzilərin ölçmə dəqiqliyi müəyyən edilir.



Şəkil 4. Konvertoplan tipli PUA-nın AM-nin təyin olunması məqsədi ilə laboratoriyada hazırlanmış işçi yer

2. Laboratoriya stolu götürülür və onun səthinin üfüqliliyi təmin olunur. Bu məqsədlə “*səviyyəölçən*” alətdən istifadə edilir.

3. Konvertoplanın karbon borudan hazırlanmış 4 dayağı, alüminium tərkibli borudan hazırlanmış və uclarına bərabər səviyyədə elastik polad yaylar bərkidilmiş dayaqlarla əvəz olunur.

4. Tərəzilər ölçü səthləri bərabər səviyyədə olmaqla stolun üstündə elə yerləşdirilir ki, PUA-nı tərəzilərin üstünə qoyanda onun dayaqlarının hər biri onların ölçü səthlərinin ortasına düşsün.

5. PUA-nın tam komplektliliyi, eləcə də

element və aqreqlarının bərkidilməsi yoxlanılır.

Eksperimentin aparılması (şəkil 4) aşağıdakı qaydadadır:

1. Dayaqlarını ölçü səthlərinin ortasında yerləşdirməklə PUA tərəzilərin üstünə qoyulur.

2. 1-ci və 3-cü dayaqların altında yerləşdirilmiş tərəzilərin göstərişi qeyd edilir (m_1, m_3).

3. 2-ci və 4-cü dayaqların altında yerləşdirilmiş tərəzilərin göstərişi qeyd edilir (m_2, m_4).

4. PUA-nın dayaqlarının qollara birləşdiyi nöqtələri (dayaq nöqtələri): 1-ci ilə 3-cü və 2-ci ilə 4-cü dayaqlar arasındakı L -məsafəsi diaqonal üzrə uzunluq ölçən vasitəsi ilə ölçülür: $L=a+b$ (şəkil 5).

5. Alınmış eksperimental çəki qiymətlərinə əsasən PUA-nın ağırlıq mərkəzinin koordinatları hər iki ox üzrə:

$$b = \frac{L \cdot m_1}{m_3 + m_1} \quad (6)$$

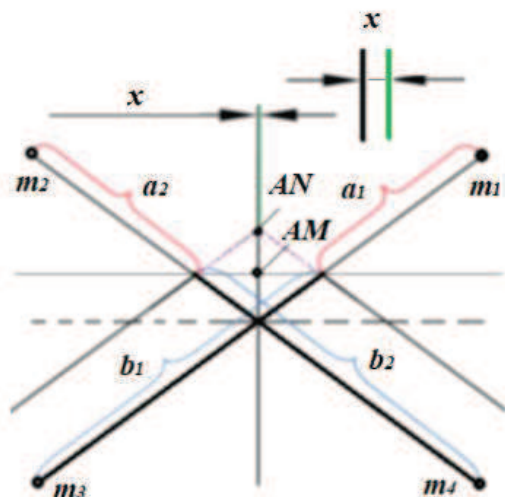
düsturu ilə hesablanır (yeri müəyyən edilir).

6. Əgər hər iki ox üzrə ağırlıq mərkəzləri fərqli alınarsa paraleloqram qaydası ilə onların aralıq nöqtəsi (AN) qurulur.

7. Aralıq nöqtəsi mərkəzi oxdan sağa və yaxud sola düşərsə, onda yükləri sürüşdürməklə təkrar ölçmələr aparılır və ilkin düstura əsasən hesablamalar yenidən yerinə yetirilir.

8. Ölçmələr ağırlıq mərkəzi mərkəzi oxun üzərinə düşənə qədər təkrarlanır.

9. Ölçmələrin nəticələrinin dəqiqliyini yoxlamaq məqsədi ilə müxtəlif vaxtlarda sınaqlar 10-15 dəfə təkrar edilmişdir.



Şəkil 5. Eksperimental çəki qiymətlərinə əsasən PUA-nın AM-nin paraleloqram qaydası ilə təyin olunması sxemi

Ölçmələrin nəticələri:

Metodologiyaya uyğun olaraq laboratoriyaya stolunun müstəvisi səviyyə ölçənla üfüqi vəziyyətə gətirilmiş və rəqəmsal ölçü tərzilərinin ölçmə xətaləri etalon yük qismində 1 kq -lıq yükün ölçülməsinin nəticələrinə əsasən yoxlanılmışdır. Ölçmələr, saat əqrəbi istiqamətində növbə ilə tərzilərin yerini dəyişməklə 100 dəfə təkrarlanmışdır. Ölçmələrin nəticələrinə əsasən UA-nın hər iki ox üzrə ağırlıq mərkəzləri fərqli alındı-ğına və aralıq nöqtəsi mərkəzi oxdan kə-nara (sağa və yaxud sola, irəli-geri) düş-düyünə görə ölçmələr zamanı mərkəzləş-məni təmin etmək üçün yükləri uyğun istiqamətə sürüşdürməklə təkrar ölçmələr aparılmışdır (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Eksperimental ölçmələr və onların əsasında aparılmış hesabatlar nəticəsinə əldə

//////////olunan parametrlər

Tədqiqat sayı	I	II	III	IV	V	VI	VII	Σ
Parametrlər								
$m_1 (q)$	1887	1900	1900	1893	1897	1900	1896	1896
$m_2 (q)$	1897	1885	1885	1891	1887	1885	1889	1888
$m_3 (q)$	1081	1079	1080	1079	1081	1088	1081	1081
$m_4 (q)$	1094	1082	1082	1086	1083	1078	1085	1084
$b_1 (sm)$	46.489	46.617	46.533	46.504	46.496	46.463	46.467	46.510
$b_2 (sm)$	46.280	46.402	46.425	46.395	46.414	46.420	46.423	46.394
$x_i (sm)$	0.137	0.173	0.087	0.087	0.066	0.035	0.035	0.0885
σ	0,047							

x_i – meyletmənin təsadüfi qiymətləri

Σ – kəmiyyətlərin orta ədədi qiymətləri

Yekun olaraq alınmış nəticələrin əsasında diaqonalların kəsişmə nöqtələrinin koordinatlarının hesablanmış qiymətlərinə əsasən paraleloqram qaydası ilə “AutoCAD-2020” proqramında AM-lərin diaqramları qurulmuş və meyletmənin təsadüfi qiymətləri müəyyən edilmişdir.

Qurulmuş diaqramlar əsasında proqram vasitəsi ilə UA-nın simmetriya oxundan orta kvadratik kənaraxıma xətası $\sigma = 0.047$ sm-ə bərabər olan yekun qrafik qurulmuşdur (şəkil 5).

Nəticə. Dayaqlarının altında yerləşdirilmiş elektron tərzilər vasitəsi ilə ölçülmüş çəki qiymətlərinə əsasən konvertoplan tipli PUA-nın AM-in koordinatları dayaq nöqtələrini diaqonal birləşdirən oxlar üzrə hesablanmışdır. Ölçülmüş və hesablanmış qiymətlərdən istifadə etməklə “AutoCAD-2020” proqramında PUA-nın AM qrafik təsvir edilmişdir. Hər iki ox üzrə AM-lərin

koordinatlarının fərqli alınması səbəbindən AM-in tapılması üçün paraleloqram qaydası ilə aralıq nöqtəsi qurulmuşdur. Orta kvadratik meyletmədən istifadə etməklə aparılmış optimallaşdırmaya əsasən aralıq nöqtənin mərkəzi oxdan sapmasının orta kvadratik kənaraçıxma xətasının: $\sigma = 0.047$ sm olduğu məlum olmuşdur. Bu da layihələndirmə zamanı PUA-nın tərkib elementlərinin çəki baxımından kifayət qədər yüksək dəqiqliklə paylandığının göstəricisidir.

AM-i müəyyənləşdirilmiş UA-nın üzərində əlavə mühəndis, yaxud layihələndirmə işləri görülsə, dayaqlararası məsafəni və dayaqlara düşən çəkiləri yenidən ölçmək, AM-in koordinatlarını təkrar hesablamaq və dəqiqləşdirmək məqsəduyğundur.

ƏDƏBİYYAT

1. 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>
2. Дж.Дж. Аскеров, Р.Н. Набиев, И.А. Искендеров. Цифровой измеритель загрузки (ЦИЗ). Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri, том 2, 2002, стр. 104-111.
3. Р.Н. Набиев. Анализ методов измерения загрузки и центровки летательных аппаратов в Аэропортах. Elmi Məcmuələr, том 7, №1, 2005, стр. 74-78.
4. Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев, Г.И. Гараев. Конструктивное оформление беспилотного летательного аппарата конвертопланового типа. Авиакосмическое приборостроение, Москва, 2022 г. № 6. с 3-13. DOI: 10.25791/aviakosmos. 6.2022. 1274.
5. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev. 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
6. Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев. 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
7. R.N. Nabiyev, G.I. Garayev, A.A. Abdullayev. Conceptual functional design of hybrid energy source of unmanned convertiplane. IOP Conference Series: Conference Scopos. Materials Science and Engineering. 862 (2020) 022043, doi:10.1088/1757-899X/862/2/022043.
8. “Skywalker X8”. Assembly manual. January 2013. 35p. www.raygrauberger.com
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 Азербайджанской Республики. № 5, 2016.С.51. URL: http://patent.copat.gov.az/_files/Ixtira_2016_05.pdf (дата обращения: 28.11.2021).
11. Руководство по центровке и загрузке самолетов ГА СССР. РЦЗ-83. Часть 1 и 2. – М., 1983. – 83 с. (168 с).
12. Д.Р. Марченко. Центровка воздушного судна: мировая практика, актуальные проблемы, перспективы развития. URL: <http://www.ato.ru/content/centrovka-vozdushnogo-sudna-mirovaya-praktika-aktualnye-problemy-perspektivy-razvitiya>. 2013.
13. National Aerospace Laboratory NLR-TP-2007-153. Analysis of aircraft weight and balance related safety. – URL: <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1149.pdf>. EASS, 12- 14.03. 2007.

REFERENCES

1. A.M. Pashayev, A.R. Qasanov, R.N. Nabiyev, İ.A. İskenderov. Strukturnaya model sistemi beskontaktnoqo opredeleniya vesa i centra tyazheli vozduzhnix sudov. Izvestiya YUFY. Texniceskie nauki. 2018. c. 156–167. <https://doi.org/10.23683/2311-3103-2018-3-156-167>
2. D.D. Askerov, R.N. Nabiyev, İ.A. İsgandarov. Cifravoy izmeritel zaqruiennosti (CIZ). Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri, vol 2, 2002, s.104-111.
3. R.N. Nabiyev. Analiz metodov izmereniya zaqruiennosti i centrirofki apparatov v Aeroportax. Elmi Mecmualer, vol. 7, №1, 2005, s.74-78.
4. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev, G.I. Garayev. Structural drafting of convertiplane-type unmanned aerial vehicle. Aviakosmiceskoe priborstroenie, Moskva, 2022, № 6. s 3-13. DOI: 10.25791/aviakosmos. 6.2022. 1274.
5. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev. 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
6. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev. Research of the basic aerodynamic parameters of the unmanned aircraft planer of convertoplan type. Aviakosmiceskoe priborstroenie, Moskva, 2022. № 4. s 17-33. DOI: 10.25791/aviakosmos. 4.2022. 1274
7. 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.
8. “Skywalker X8”. Assembly manual. January 2013. 35p. www.raygrauberger.com
9. İ.A. İskenderov. Analitiko-imitacionnaya model sistemi beskontaktnoqo opredeleniya massi i centra samaletov. Izmeritelnaya texnika. M. 2021, № 12. s. 35–41. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-12-35-41>.
10. A.M. Pashaev, A.R. Qasanov i. td. Sposob beskontaktnoqo opredeleniya stepeni zaqruiennosti i centrirofki vozduzhnos sudno. Patent-izobritenie, İ2016 0003//Pramishlennoe sobstvennost. Ofic. byul. komit. po stsndartiz., metroloqii i patentam. Azerbaydjanske Respublika. № 5, 2016.C.51. URL: http://patent.copat.gov.az/_files/Ixtira_2016_05.pdf (dava obrashenie: 28.11.2021).
11. Rukavodstvo po centrirofke i zaqruske samaletov QA SSSR. Z-83. Cast 1 i 2. – M., 1983. – 83 s. (168 s).
12. D.R. Marcenko. Centrofka vozduzhnoqo sudna: mirovaya praktika, aktualnie proqlemi, perspektivi razvitiya. URL: <http://www.ato.ru/content/centrovka-vozduzhnoqo-sudna-mirovaya-praktika-aktualnye-problemy-perspektivy-razvitiya>. 2013.
13. National Aerospace Laboratory NLR-TP-2007-153. Analysis of aircraft weight and balance related safety. – URL: <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1149.pdf>. EASS, 12-14.03. 2007.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА КОНВЕРТОПЛАНОВОГО ТИПА

Набиев Р.Н., Абдуллаев А.А., Гараев Г.И., Аббасов В.А.

Национальная Академия Авиации

В статье проанализированы исследовательские работы в направлении правильного расположения центра нагрузки, центровки и тяжести летательного аппарата на стадии проектирования и изготовления в целях повышения эффективности и безопасности полетов, а также характеристики существующих методов и средств, и на примере беспилотного летательного аппарата (БПЛА) конвертопланового типа разработана методология использования известного метода «весы-график», широко используемого при определении центра тяжести летательного аппарата.

При определении массы спроектированного и разработанного нами БПЛА конвертопланового типа и расчете координат центра тяжести был проведен анализ среднеквадратичного отклонения и вероятной ошибки. Рассмотрены характеристики и возможности практического применения мобильных электронных весов в качестве основного средства измерения нагрузки БПЛА в стационарных условиях, а также непосредственного взвешивания, позволяющего определить центр тяжести.

Описан метод, разработанный для определения центра тяжести летательного аппарата с повышенной точностью, и представлена модель построения предложенной системы. Проанализированы результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с целью определения массы и центра тяжести БПЛА.

Ключевые слова: Центр тяжести, вес, погрузка, беспилотный летательный аппарат, конвертоплан, взвешивание.

DETERMINATION OF THE CENTER OF GRAVITY OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE OF A TILTROTOR TYPE

Nabiyev R.N., Garayev G.I., Abdullayev A.A., Abbasov V.A.

National Aviation Academy

The article analyzes research work in the direction of the correct location of the load center, centering and gravity of the aircraft at the design and manufacturing stage in order to improve the efficiency and safety

of flights, as well as the characteristics of existing methods and means, and, using the example of a tiltrotor unmanned aerial vehicle (UAV), a methodology for using the known the "scale-graph" method, which is widely used in determining the center of gravity of an aircraft.

When determining the mass of the tiltrotor-type UAV designed and developed by us and calculating the coordinates of the center of gravity, an analysis of the standard deviation and probable error was carried out. The characteristics and possibilities of practical application of mobile electronic scales as the main means of measuring the load of an UAV in stationary conditions, as well as direct weighing, which makes it possible to determine the center of gravity, are considered.

A method developed for determining the center of gravity of an aircraft with increased accuracy is described, and a model for constructing the proposed system is presented. The results of theoretical and experimental studies carried out to determine the mass and center of gravity of an UAV are analyzed.

Keywords: Center of gravity, weight, loading, unmanned aerial vehicle, tiltrotor, weighing.

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 Elektronikaş şöbəsinin rəisi, t.e.d., prof.	nabiyevrasim@gmail.com mob: +994 55 754 76 46
Qarayev Qədir İsxan oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Aviasiya Elektronikaş 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
Abbasov Vüsal Araslı oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Aviasiya Elektronikaş şöbəsinin mühəndis-konstruktoru, doktorant	yusal9820@gmail.com mob: +994 70 729 22 58