

Influence of Geometric Parameters of the Landing Gear on the Center of Gravity of the Aircraft

E.A. Aghayev

Azerbaijan National Academy of Aviation (Mardakan ave. 30, Baku, AZ1045, Azerbaijan)

For correspondence:

Aghayev Elgun / e-mail: elgun84@yahoo.com

Abstract

The article examines the influence of geometric parameters of landing gear on the center of gravity of the aircraft. It is found that the geometric parameters of the landing gear directly affect the displacement of the center of gravity of the aircraft. A mathematical relationship is established between the weight and center of gravity of the aircraft. The influence of changes in the geometric parameters of the landing gear on the center of gravity and weight of the aircraft is shown in the MATLAB Simulink software package.

Keywords: center of gravity, aircraft, weight, landing gear, geometric parameters, displacement.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_01_26_33

Received 01.04.2022

Revised 15.03.2023

Accepted 27.03.2023

For citation:

Aghayev E.A.

[Influence of geometric parameters of the landing gear on the center of gravity of the aircraft]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2023, vol. 15, no. 1, pp. 26-33 (in Azerbaijani)

Şassisinin həndəsi parametrlərinin hava gəmisinin ağırlıq mərkəzinə təsiri

E.A. Ağayev

Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası (Mərdəkan pr. 30, Bakı, AZ1045, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Ağayev Elgün / e-mail: elgun84@yahoo.com

Xülasə

Məqalədə şassinin həndəsi parametrlərinin hava gəmisinin (HG) ağırlıq mərkəzinə təsiri araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, şassinin həndəsi parametrləri bilavasitə hava gəmisinin ağırlıq mərkəzinin sürüşməsinə təsir edir. Hava gəmisinin çəki və mərkəzləşməsi arasında riyazi asılılıq müəyyən edilmişdir. Şassinin həndəsi parametrlərinin dəyişməsinin hava gəmisinin ağırlıq mərkəzi və çəkisinə təsiri Matlab-Simulink proqram paketində göstərilmişdir.

Açar sözlər: ağırlıq mərkəzi, hava gəmisi, çəki, şassi, həndəsi parametrlər, yerdəyişmə.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_01_26_33

УДК 629.73: 621.396

Влияние геометрических параметров шасси на центр тяжести самолета

Э.А. Агаев

Азербайджанская Национальная академия авиации (Мардаканский пр., 30, Баку, AZ1045, Азербайджан)

Для переписки:

Агаев Эльгюн / e-mail: elgun84@yahoo.com

Аннотация

В статье исследовано влияние геометрических параметров шасси на центр тяжести самолета. Установлено, что геометрические параметры шасси напрямую влияют на смещение центра тяжести самолета. Установлена математическая зависимость между массой и центром тяжести самолета. Влияние изменения геометрических параметров шасси на центр тяжести и вес самолета показано в программном комплексе Matlab-Simulink.

Ключевые слова: центр тяжести, самолет, масса, шасси, геометрические параметры, смещение.

Giriş

Hava gəmilərində hərəkətin təhlükəsizliyini təmin edən əsas faktorlardan biri təyyarənin düzgün yüklənməsi və mərkəzləşdirilməsidir. Əgər bu tələblər düzgün yerinə yetirilməzsə və təyyarənin uçuş xarakteristikalarının normaları pozularsa, qəza ehtimalı yüksək olar [1].

Tətbiq olunan üsul və vasitələrin effektivliyinə və ciddi nəzarətin olmasına baxmayaraq, təyyarələrin yüklənməsinə qoyulan normaların pozulması nəticəsində qəzalar baş verməkdə davam edir [2].

Hava gəmisinin çəki və ağırlıq mərkəzinin təyin olunmasına təyyarənin konstruksiyası və şassinin həndəsi parametrləri bilavasitə təsir edir.

Şassinin həndəsi parametrləri hər bir hava gəmisində müxtəlif olsa da, onların hesablanma qaydası eynidir. Bu baxımdan şassinin həndəsi parametrlərinin öyrənilməsi əsas məsələlərdən biri hesab olunur [3, 4, 5, 6].

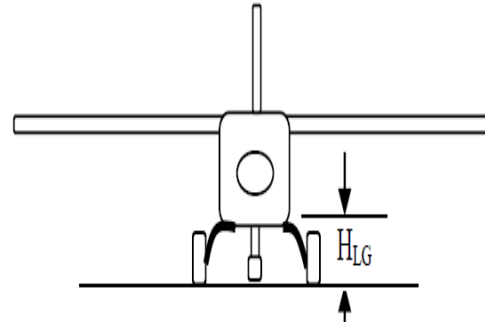
Şassinin həndəsi parametrləri dedikdə, şassinin hündürlüyü, qabaq şassi ilə arxa şassi arasındakı məsafə, arxa şassilər arasındakı məsafə, qabaq və arxa şassilərin ağırlıq mərkəzinə qədər məsafələri nəzərdə tutulur.

Şassinin hündürlüyü – Yer səthindən şassi dayaqının təyyarəyə birləşdiyi yerə qədər məsafədir.

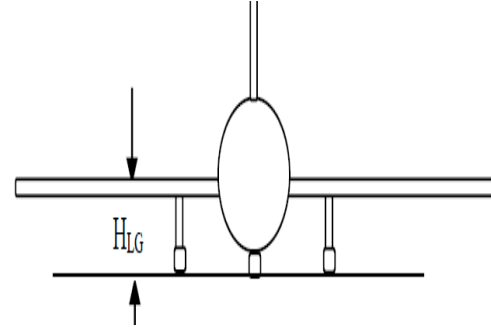
Aşağıdakı şəkillərdə şassilərinin hündürlüyü müxtəlif olan bir neçə təyyarə nümunəsi göstərilmişdir (şək. 1).

Şassinin müxtəlif hündürlükdə yerləşməsi hava gəmisinin ölçüsündən və təyyarənin çəkisindən asılıdır.

Bu hündürlük əsasən hava gəmisi yerdə və füzelyaj üfüqi vəziyyətdə olarkən ölçülür.



a) Şasssi füzelyaja birləşib (dayaqla)



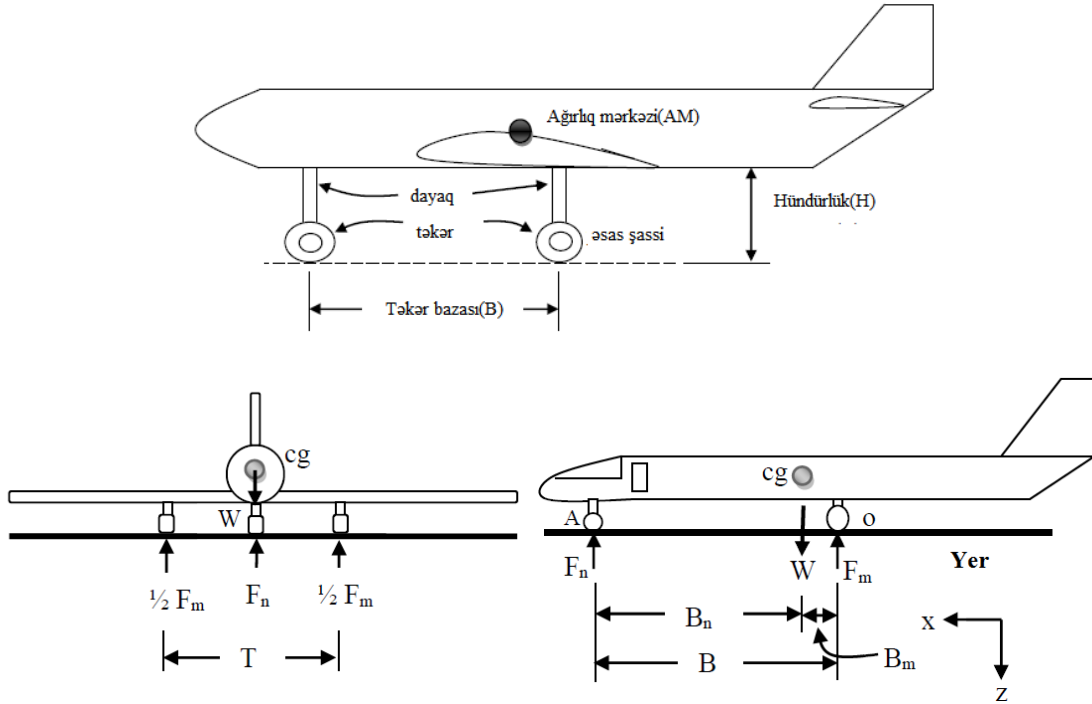
b) Şasssi qanada birləşib (dayaqla)

Şəkil 1 – Şassinin yerləşməsi
Figure 1 – Landing gear location

1. Wheel Base (Qabaq şassi ilə arxa şassi arasında məsafə)-B. Bu məsafə yüklənmənin paylanması xüsusi rol oynayır və təyyarənin yerdə dayanma sabilliyini xarakterizə edir (şək. 2).

Hava gəmisinin çəkisi (W) iki əsas və bir qabaq şassilərin yüklənmələrinin cəminə bərabərdir. Dayanma sabilliyindən asılı olaraq təyyarənin çəkisinin 80%-i arxa şassilərin, 20%-i isə qabaq şassinin payına düşür. Buna görə burun (qabaq) təkərin ölçüsü arxa təkərlərə nisbətən kiçik olur.

Şəkil 2-də əsas şassilərin yüklənməsi F_m , qabaq şassinin yüklənməsi F_n , əsas şassi ilə ağırlıq mərkəzi arasındakı məsafə B_m , qabaq şassi ağırlıq mərkəzi arasındakı məsafə B_n –lə işarə edilmişdir.



Şəkil 2 – Şassilər arasındakı məsafələr
Figure 2 – Distances between landing gears

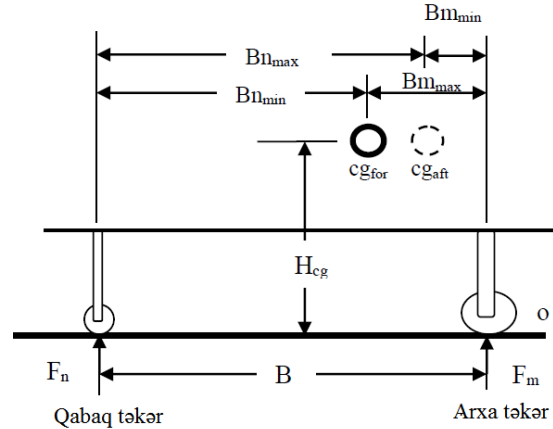
Təyyarə dayandıqda ümumi yüklənmə aşağıdakı formula ilə təyin edilir:

$$\Sigma F_z = 0 \Rightarrow F_n + F_m = W \quad (1)$$

$$\Sigma M_o = 0 \Rightarrow F_n B - W B_m = 0 \quad (2)$$

buradan $F_m = \frac{B_m}{B} \times W$ və $F_n = \frac{B_n}{B} \times W$ olur.

Yuxarıdakı hesablamada təyyarə dayan-
dığına görə yalnız statik yüklənmə nəzərə alın-
mışdır. Bununla yanaşı, şassinin yüklənməsinə
ağırlıq mərkəzinin yerinin dəyişməsi və dina-
mik yüklənmə də təsir göstərir. Ağırlıq mərkə-
zinin mümkün olan yerdəyişməsi, yüklərin
paylanması və sərnəşinlərin sayının müxtəlif
olması şassilərin nominal statik yüklənməyə
nisbətən fərqli yüklənməsinə səbəb olur. X-
oxu boyunca ağırlıq mərkəzi icazə verilmiş li-
mit daxilində yerini dəyişir (şək. 3).



Şəkil 3 – Ağırlıq mərkəzinin X oxu boyunca yerdəyiş-
məsi

Figure 3 – Displacement of the center of gravity along
the X axis

Uyğun olaraq:

$$F_{mmax} = \frac{B_{nmax} \times W}{B}, F_{nmax} = \frac{B_{mmax} \times W}{B} \quad (3)$$

olur.

Hava gəmisi hərəkət etdikdə, enmə və qalxma zamanı şassisi dinamik yüklənir. Təyyarə tormozlanana qədər burun şassilər dinamik yüklənməni qəbul edir. Bu zaman qüvvə momenti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Sigma M_o = 0 \Rightarrow F_n B - WB_m - \frac{W}{g} |a_L| H_{cg} = 0 \quad (4)$$

uyğun olaraq:

$$F_n = W \frac{B_m}{B} + \frac{W |a_L| H_{cg}}{gB} \quad (5)$$

olur.

Burada a_L – tormozlanma təcili, g – sərbəst düşmə təcildir. Formulun birinci hissəsi statik, ikinci hissəsi dinamik yüklənməni xarakterizə edir:

$$F_{ndin} = \frac{W |a_L| \times H_{cg}}{gB} \quad (6)$$

Ümumi halda burun şassisinin yüklənməsi aşağıdakı kimi olacaq:

$$F_n = F_{nmax} + F_{ndin} \quad (7)$$

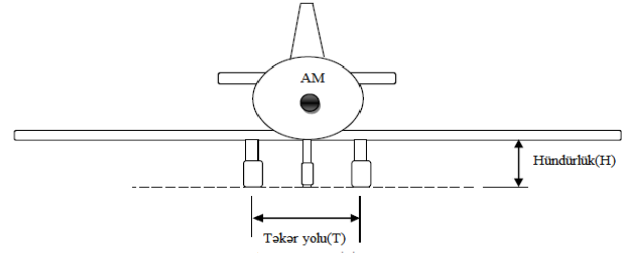
Hava gəmisinin qalxması zamanı uyğun olaraq, əsas şassilər üçün aşağıdakı ifadələri yazı bilərik:

$$F_{mdin} = \frac{W |a_T| \times H_{cg}}{gB} \quad (8)$$

$$F_m = F_{mmax} + F_{mdin} F_{mmax} = \frac{WB_{nmax}}{B} \quad (9)$$

burada a_T – sürətlənmə təcildir.

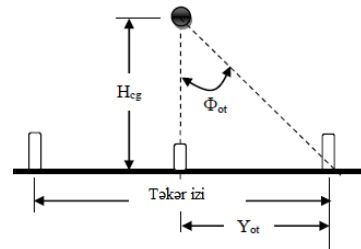
2. Təkər yolu (T). Təyyarəyə arxa tərəfdən baxdıqda əsas şassilər arasındakı məsafədir (şək. 4).



Şəkil 4 – Əsas şassilər arasındakı məsafə
Figure 4 – Distances between main landing gears

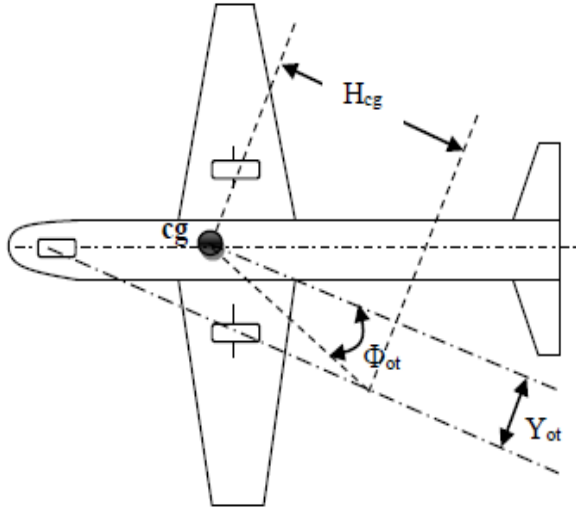
Arxa şassilər arasındakı məsafənin düzgün təyin edilməsi təyyarənin dönməsinə və yerdə hərəkət etməsinə bilavasitə təsir göstərir. Ona görə də bu məsafə dönmə bucağının müəyyən olunmasında xüsusi rol oynayır (şək. 5). Təyyarənin yerdə və uçuşda olmasından asılı olaraq dönmə bucağını 2 formada təyin etmək olar:

a) Təyyarəyə yandan baxdıqda ağırlıq mərkəzindən şaquli endirilmiş ox və ağırlıq mərkəzindən əsas şassiyə endirilmiş ox arasındakı bucaqla (Φ_{ot});



Şəkil 5 – Dönmə bucağının təyini
Figure 5 – Determination of the angle of rotation

b) Təyyarəyə yuxarıdan baxdıqda ağırlıq mərkəzindən və burun şassisindən (əsas şassidən keçməklə) bir-birinə paralel xətlər çəkilir, sonra ağırlıq mərkəzindən digər paralel xəttə qədər ikinci bir xətt çəkilir. Bu xətlər arasındakı bucaq dönmə bucağı hesab edilir (şək. 6).



Şəkil 6 – Dönmə bucağının təyini
Figure 6 – Determination of the angle of rotation

İşin məqsədi

Şassinin həndəsi parametrlərinin hava gəmisinin çəki və ağırlıq mərkəzinə təsirinin müəyyən edilməsi işin əsas məqsədidir.

Məsələnin həlli

Göründüyü kimi şassinin həndəsi parametrləri bilavasitə hava gəmisinin ağırlıq mərkəzi və çəkisinə təsir edir.

Yüklənmədən asılı olaraq, hava gəmisinin yüklənməsi-şaquli yerdəyişməsi üçün aşağıdakı riyazi ifadələr alınmışdır [7]:

$$\begin{cases} W_0 \left(\frac{d^2 Y_1}{dt^2} \times \frac{b}{L} + \frac{d^2 Y_2}{dt^2} \times \frac{a}{L} \right) = P_1 + P_2 \\ \dot{I} \times \left(\frac{\frac{d^2 Y_1}{dt^2} - \frac{d^2 Y_2}{dt^2}}{L} \right) = P_1 \times a - P_2 \times b \end{cases} \quad (10)$$

burada W_0 – hava gəmisinin kütləsidir, P_1 , P_2 – ön və arxa tərəflərə düşən yüklənmə (ön və

arxa şassilərə paylanan çəki qüvvəsi), a – hava gəmisinin qabaq şassisi, b – arxa şassi ilə ağırlıq mərkəzi nöqtəsi arasındakı məsafə, L – qabaq şassi ilə arxa şassi arasındakı məsafə $a+b$, I – Hava Gəmisinin (HG) perpendikulyar oxuna nəzərən inersiya momenti, Y_1 , Y_2 – yüklənmədən asılı olaraq, füzelyajın ön və arxa hissələrinin yerdəyişməsidir.

Müəyyən çevirmələrdən sonra:

$$m_1 = W_0 a \left(\frac{(Y_{1fak}) \times b + (Y_{2fak}) a}{L^2 (Y_{2st} - Y_{1max})} \right) + \frac{W_0 a}{L} \quad (11)$$

$$m_2 = W_0 b \left(\frac{(Y_{1fak}) \times b + (Y_{2fak}) a}{L^2 (Y_{1st} - Y_{1max})} \right) + \frac{W_0 b}{L} \quad (12)$$

$$AM = \frac{P_2 \times L}{P_2 + P_1} \quad (13)$$

alınır.

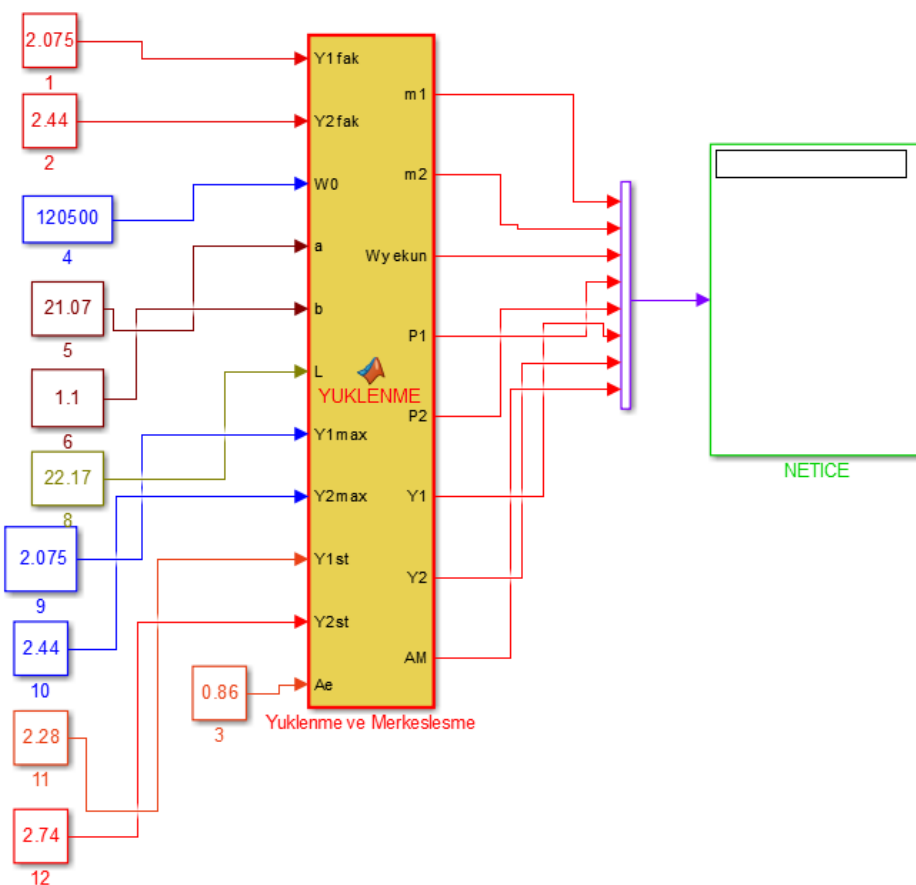
Burada m_1 , m_2 – yüklənmədən asılı olaraq, HG-nin ön və arxa tərəflərindəki çəki, Y_{1fak} , Y_{2fak} – yüklənmədən asılı olaraq, HG-nin ön və arxa tərəflərinin faktiki yerdəyişməsi, Y_{1st} , Y_{2st} – HG-nin texniki xarakteristikalarına uyğun füzelyajın ön və arxa tərəflərindən yerə qədər olan məsafələrdir (yerdə).

Verilmiş riyazi ifadəni A330-200-tipli HG-nin texniki xarakteristikaları əsasında [8] Matlab-Simulink proqram paketində aşağıdakı kimi göstərə bilərik (şək. 7) [9].

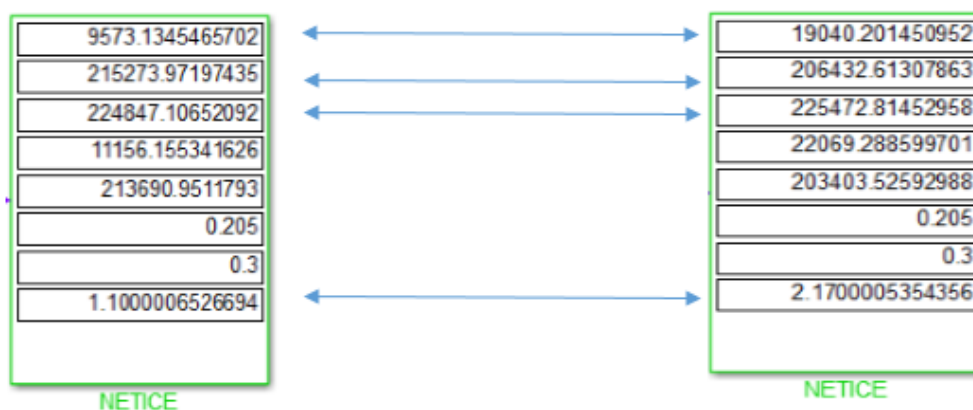
a və b – nin müxtəlif qiymətlərində hesablama aparsaq, aşağıdakı nəticələri əldə edərik (şək. 8):

$a=1.1$ m; $b=21.07$

$a=2.17$ m; $b=20$ m.



Şəkil 7 – Matlab-simulink proqram paketində HG-nin çəki və ağırlıq mərkəzinin təyini
Figure 7 – Determining the weight and center of gravity of the aircraft in the Matlab-Simulink software package



Şəkil 8 – Hesablamların nəticələri
Figure 8 – Results of calculations

Nəticə

Şassinin həndəsi parametrlərinin dəyişməsinin HG-nin çəki və ağırlıq mərkəzinə təsiri əyani misallarla təsdiqlənmişdir.

Nəticələrdən göründüyü kimi şassinin həndəsi parametrlərinin dəyişməsi HG-nin çəkisinə və ağırlıq mərkəzinin yerinin dəyişmə-

sinə səbəb olur. Uçuşların operativliyi və təhlükəsizliyi üçün şassinin həndəsi parametrləri düzgün təyin edilməlidir.

Maraqlar münaqişəsi

Müəllif bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edir.

REFERENCES

1. **Kaluzny B.L., David R.H.** Optimal aircraft load balancing // *International transactions in operational research journal*. 2009, vol 16, issue 6. Pp. 767-787 (in English)
2. **Həsənov A.R., İsgəndərov İ.Ə., Ağayev E.A.** Hava gəmisinin yüklənmə xətlərinin aviaqəzalara təsiri və onların təyini üsulları // Bakı: *Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi məcmuələr*, 2009. cild 11, №1, s. 3-7 (in Azerbaijani)
3. **Paletta N., Dmytriv A., Belardo M., Cristillo D., Pecora M.** Landing gear concept and dynamic landing loads of the un-manned space reentry vehicle usv3// 1st International Conference on Structural Integrity. Procedia Engineering. – 2015, pp. 38-45 (in English)
4. **Yueping G.** Effects of Local Flow Variations on Landing Gear Noise Prediction and Analysis // *Journal of Aircraft*. – 2010, vol. 47, No. 2. Pp. 383-391 (in English)
5. **Sadraey M.H.** Aircraft design/ M.H. Sadraey. – USA: Daniel Webster College, New Hampshire, 2013 – 800 p. (in English)
6. **Nutia A.** Design of a Fuselage-Mounted Main Landing Gear of a Medium-Size Civil Transport Aircraft. / A. Nutia, F. Bertinia, V. Cipollaa, G. Di Ritoa // *Aerotecnica*. – 2018, vol.97, no.2. – Pp. 85-94 (in English)
7. **Paşayev A.M., İsgəndərov İ.Ə., Ağayev E.A.** Hava gəmisinin yüklənməsi və onun şaquli yerdəyişməsi arasındakı riyazi asılılıq. Bakı: *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 2013. cild 5, №2. s. 13-19 (in Azerbaijani)
8. https://www.airbus.com/content/dam/corporatetopics/publications/backgrounders/techdata/aircraft_characteristics/Airbus-Commercial-Aircraft-AC_A340-200-300.pdf (in English)
9. **Paşayev A.M., İsgəndərov İ.Ə., Ağayev E.A.** Təyyarələrin yüklənmə dərəcəsinin təmassız təyininin alqoritmi və proqram təminatı. // Bakı: *Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi məcmuələr*. – 2013, cild 15, №4. s. 65-71 (in Azerbaijani)