

UDC 629.7

DOI 10.52171/herald.320

Dynamics of Flight Configuration in the 3D Airspace System

P.Sh. Mukhtarov, N.L. Mammadova

Azerbaijan National Aviation Academy (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

Nurana Mammadova / e-mail: nurana.mammadova.2020@gmail.com

Abstract

The article presents models that teach the flight dynamics of aircraft, covering all stages of flights in different parts of the airspace, based on both distance and altitude, which can be clearly said to be the 3D system. These methods teach the air traffic controller to see conflict situations and eliminate risks. Models teach the air traffic controller to correctly visualize the airspace so that they never lose orientation and can psychologically perform Air Traffic Control (ATC) safely.

Keywords: airspace, flight level, aircraft, take-off and landing, atmospheric pressure levels, holding zone, landing patterns.

Submitted 13 May 2025

Published 17 December 2025

For citation:

P.Sh. Mukhtarov, N.L. Mammadova

[Dynamics of Flight Configuration in the 3D Airspace System]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (4), pp. 11-17

3D Hava Məkanı Sistemində uçuş konfigurasiyasının dinamikası

P.Ş. Muxtarov, N.L. Məmmədova

Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Məqalədə təyyarələrin uçuş dinamikası, hava məkanının başqa-başqa hissələrində, uçuşların bütün etaplarını əhatə edən, həm məsafəyə həm də hündürlüyə əsaslanan, aydınlıqla deyə bilərik ki, 3D sistemi üzrə uçuşların təhlükəsizliyini təmin etməyi öyrədən maketlər verilmişdir. Bu üsullar havada hərəkəti idarə edən dispetçərə konflikt situasiyaları görüb, riskləri aradan qaldırmağı öyrədir. Maketlər dispetçərə hava məkanını düzgün təsəvvür etməyi öyrədir ki, heç bir vaxt oriyentasiyanı itirməsinlər və psixoloji olaraq Havada Hərəkətin İdarə Edilməsini (HHİE) təhlükəsiz yerinə yetirə bilsinlər.

Açar sözlər: hava məkanı, uçuş səviyyəsi, hava gəmiləri, uçub getmə-uçub gəlmə, atmosfer təzyiqi səviyyələri, gözləmə zonası, enmə sxemləri.

Динамика конфигурации полёта в трёхмерной системе воздушного пространства

П.Ш. Мухтаров, Н.Л. Мамедова

Азербайджанская национальная авиационная академия (Баку, Азербайджан)

Аннотация

В статье приводятся модели, обучающие динамике полета воздушных судов, охватывающие все этапы полетов в различных частях воздушного пространства, в том числе по дальности. Эти методы обучают авиадиспетчеров видеть конфликтные ситуации и устранять риски. Модели обучают авиадиспетчеров правильно визуализировать воздушное пространство, чтобы не терять ориентацию и психологически безопасно выполнять управление воздушным движением (УВД).

Ключевые слова: воздушное пространство, эшелон полета, воздушное судно, взлет и посадка, уровни атмосферного давления, зона ожидания, схемы захода на посадку.

Giriş

Dinamik Hava Məkanı Konfigurasiyası mövcud strukturlaşdırılmış, statik hava məkanından dəyişən hava, nəqliyyat sıxlığı və mü-rəkkəblik məhdudiyyətlərinə, eləcə də yüksək müxtəlifliyə cavab verən istifadəçi tələbinə uyğunlaşa bilən dinamik hava məkanına keç-məyi təklif edən yeni əməliyyat paradigması-dır.

Hava hərəkəti sisteminin cari hava məka-nı strukturlarından və əməliyyat təcrübələrindən uçuş əməliyyatlarında nəzərdə tutulanlara necə çevrilə biləcəyini başa düşmək üçün cari hava məkanı strukturları və konfigurasiya təc-rübələri kataloqlaşdırılır.

Bu məqalənin əsas iki məqsədi vardır. Birinci məqsəd, mövcud hava məkanı strukturlarında hava gəmilərinin uçuşlarını onlarla ta-nış olmayan tədqiqatçılara təqdim etmək və ümumiləşdirmək və bu strukturların hazırda müxtəlif obyektlərdə əməliyyat kontekstlərində necə istifadə edildiyinə dair konkret nümunələri təsvir etməkdir. İkinci məqsəd, Mülki Aviasiya Akademiyası (MAA) tərəfindən planlaşdı-rılan yaxın və orta müddətli əməliyyat tətbiqlərini diqqəti uzaq müddətli konsepsiyalara yönəldən, lakin uzaq müddətli konsepsiyalara keçid yolundan xəbərsiz ola bilən tədqiqatçılara təsvir etməkdir. Məqalədə təklif olunan hava məkanı strukturlarının tam dinamik hava məka-nı və yüksək təchizatlı təyyarə donanmasının qarışığı ilə necə genişləndirilə biləcəyi araşdırılır.

Uçuşların təhlükəsiz və səmərəli fəaliyyətə rəhbərlik edən əsas elementlərdən biri hava məkanının idarə edilməsidir. Havada hərəkətin idarə edilməsi də vəziyyət barədə məlu-matlılıq və təyyarəyə nəzarəti təkmilləşdirmək üçün sistemin yenidən dizayn konsepsiyalarına və yeni texnologiyalara baxaraq daha çox üsul-ları öyrənir. Dinamik Hava Məkanının Konfi-

qurasiyası tədqiqat fəaliyyətlərinin bir hissəsi olaraq, trafik tələblərini və tutum məsələlərini idarə etmək üçün lazım olan hava məkanının uçuş trayektoriyalarını araşdırır [1-4].

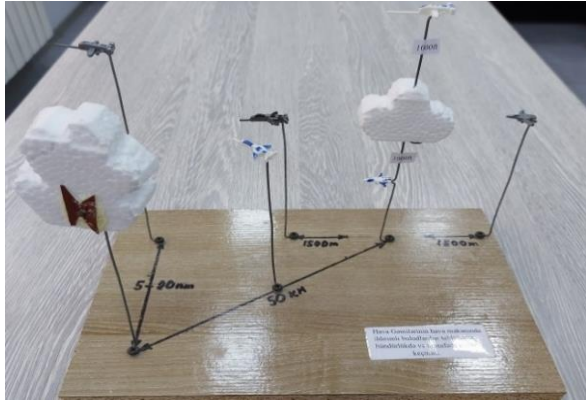


Şəkil 1 – İki kəsişən Hava Yollarında hava gəmilərinin hərəkəti

Figure 1 – Aircraft movement on two intersecting Air Routes

Şəkil 1-də iki kəsişən hava yollarında ha-va gəmilərinin uçuşları göstərilir. Uçuşlar əsa-sən bütün xüsusiyyətlərə cavab verən ən sərfəli hündürlüklərdə yerinə yetirilir. Bu hündürlük-lər FL330, FL340, FL350, FL360, FL370, FL380, FL390. FL330, FL350, FL370, FL390 – şərq istiqamətində, FL340, FL360, FL380 – isə (Flight Level) qərb istiqamətində uçuşlar üçün təyin olunan hündürlüklərdir. Bu aerod-romdan uçuş qalxan təyyarənin hündürlüyü yığıb uçuş səviyyələrinə qərb istiqamətdə qoşulması göstərilir. İstiqaməti hava gəmiləri-nin rənglərinə görə təyin etmək olur. Bu uçuş axınlarında konflikt situasiyaları görmək olur və çıxış yolları dispetçerlərə öyrədilir. Bu uçuş axınlarında riskləri də təyin etmək mümkün-dür.

Uçuşların idarə edilməsi və təhlükəsizliyin təmin olunmasına belə bir yanaşma teretik olaraq uçuşun idarə edilməsinin öyrənilməsini sürətləndirir və keyfiyyəti yüksəkdir.



Şəkil 2 – Hava gəmilərinin ildırımlı buludların arasından aşağıdan, yuxarıdan və yan uçub keçməsi.
Figure 2 – Aircraft flying through thunderclouds from below, above, and sideways.

Şəkil 2-də hava gəmilərinin buludların üzərindən, altından, yandan və iki ildırımlı buludların arasından keçmələrinin məsafələri də göstərilmişdir. Əgər buludlar arasında olan məsafələr bir qədər az olarsa bu barədə HHİE (Havada Hərəkətin İdarə Edilməsi) dispetçeri pilotla təcili məlumat verməlidir. Çünki ildırımlı buludlarla uçuşlarda çox hadisələr baş vermişdir [5].

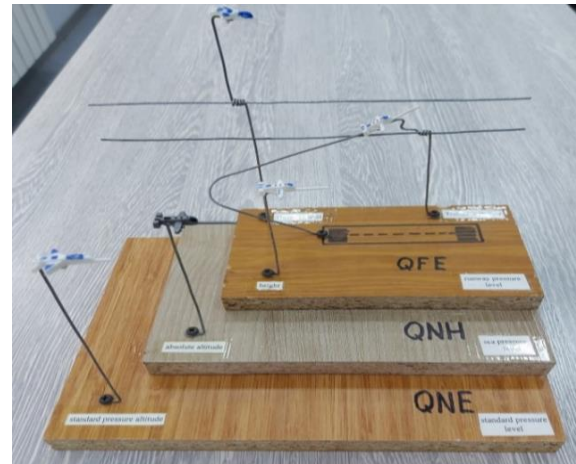
Bu sənədin əsas məqsədi mövcud hava məkanı strukturları və konfigurasiya təcrübələri, yaxın gələcəkdə planlı şəkildə yeni hava məkanı strukturları/təcrübələri və tədqiqatları üçün aktual olacaq uzaq müddətli strukturlar/təcrübələr arasında əlaqə yaratmaqdan ibarətdir.

Havada hərəkət tələbatının artmasına cavab vermək qabiliyyəti mövcud hava məkanı və marşrut trayektoriyaları üzrə necə bölüşdürülməsi ilə əhəmiyyətli dərəcədə çox vacib məsələdir. Məsələn, əsasən zamanla inkişaf etmiş tarixi istifadə profilləri ilə müəyyən edilən cari ATC sektor (Air Traffic Controller) sərhədləri və sektorlar daxilində və sektorlar arasında trafikin necə idarə olunduğunu tənzimləyən qaydalar, ATC iş yükünün məhdudiyyətləri səbəbindən idarə oluna bilən havada hərəkətin miq-

darını ciddi şəkildə məhdudlaşdırır.

Mövcud hava məkanı strukturlarının və hava marşrutlarının təsvirləri, başqa cür qeyd edilmədiyi halda, müxtəlif pilot və yaxud hava hərəkətinə nəzarət kitabçalarından və dərsliklərdən tərtib edilmişdir. Bu məqsəd üçün struktur komponentlər qısa, lakin onları gələcək hava məkanının dizaynında dəyişdiriləcək və ya dəyişdiriləcək uyğun və yaxud potensial namizədlər kimi müəyyən etmək üçün kifayət qədər təfərrüatlı şəkildə təsvir edilmişdir.

Ölkənin hava məkanı müxtəlif təyinatlı təyyarələri ayırma vəzifələri olan müxtəlif məntəqələrlə təyin edilir. Bu obyektlərin hər biri müxtəlif hava məkanı sinifləri üzrə hava trafikini idarə edir, hər birinin öz uçuş qaydaları və təyyarə ilə ATC arasında qarşılıqlı əlaqələri var. ATC (Air Traffic Controller) tərəfindən idarə olunan A-dan E-yə qədər hava məkanı sinifləri və nəzarətsiz olan F və G sinifləri var.



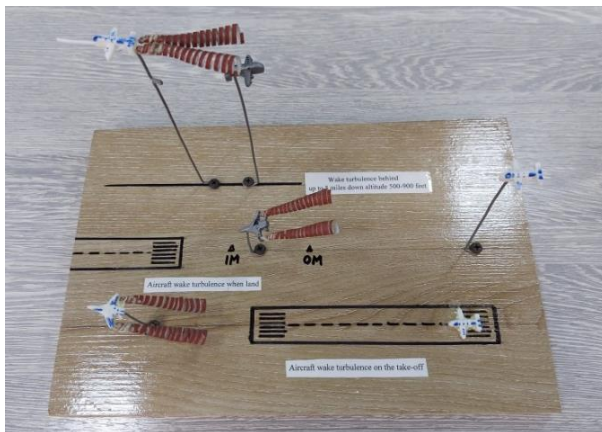
Şəkil 3 – Aviasiyada işlədilən atmosfer təzyiqləri, QNE, QNH, QFE

Figure 3 – Atmospheric pressures used in aviation, QNE, QNH, QFE

Şəkil 3-də havada iki paralel görürük. Bunlardan yuxarıdakı “Transition Level”, təyyarələr enməyə gəldikdə bu hündürlükdə standart hündürlükdən QNE, hündürlük ölçəndə QNH çevirirlər. Aşağıdakı “Transition Altitude”, təyyarələr UEZ-dan uçuşdan sonra bu

hündürlükdə, hündürlük ölçəndə QNH təzyiqi-ni QNE təzyiqinə çevirir.

Şəkil 4-də təyyarə daha aşağı hündürlük-də (məsələn, 10.000 futdan aşağı) və hava li-manının yaxınlığında (məsələn, hava limanının-dan 30 – 50 dəniz mili arasında) olduqda, o, adətən Terminal Radar Yanaşma Nəzarəti ob-yektinin nəzarətinə daxil olur. TMA (Terminal Manevring Area) hava məkanında ayırma tələ-bi adətən üç və ya beş dəniz mili yanal ayırma və 1000 fut şaquli ayırmadır.



Şəkil 4 – Turbulentlik şəraitində uçuş və enmə zamanı Hava Gəmilərinin uçuşların idarə edilməsi
Figure 4 – Control of aircraft flights during takeoff and landing in turbulent conditions.

Tələbələr bu təzyiqlərin barəsində düz-gün fikir cəmləşdirməlidirlər, çünki QNE – standart təzyiqdir, yəni dünyada təsdiq edilmiş təzyiqdir. QFE – ölçülən təzyiqdir, dünyada olan bütün aerodromların səviyyəsində qurul-muş cihazlarla ölçülür. QNH – hesablanan tə-z-yiqdir, çünki dəniz səviyyəsində olan təzyiqdir, QFE ilə fərqi uçuş enmə zolağının dəniz səvi-y-yesindən olan hündürlüklə əsaslanır.

QNH və QFE fərqi:

$$QNH = QFE + \\ \text{Haer. elev} \\ 11(8,25)$$

Konfigurasiyaların və açılış sxemlərinin yaradılması prosesi taktiki hazırlıq mərhələsin-

də həyata keçirilir. Hava məkanının konfigura-siyasına bəzi dəyişikliklərin əlavə edilməsi ilə bağlı istənilən qərar əməliyyat təcrübəsinə əsaslanır.

Bu məqalədə təqdim olunan iş heç bir öl-kə tərəfindən müraciət olunmayan bir mövzudur və bu gün hava məkanında uçuşların dinamik vəziyyətinin uyğun marşrut və sxem-lər üzrə göstərilməsi uyğunlaşma qabiliyyətini təkmilləşdirmək məqsədi daşıyır.

Hava məkanı konfigurasiyaları tələb olu-nan uçuşlara cavab olaraq maksimum səmərə-lilik və çeviklik təmin etmək üçün dinamik şə-kildə tənzimlənməlidir. Mövcud elementar uçuş trayektoriyalarını birləşdirərək konfigura-siyaları dinamik şəkildə qururuq.

Uçuşların dinamik konfigurasiyası bu formada heç vaxt heç yerdə hazırlanmamış və təqdim olunmamışdır. Əlbəttə belə bir ideya-nın ortaya çıxması, uzun müddət “ATC sys-tem” kitabı üzərində çalışmaqdan irəli gəlmiş-dir.

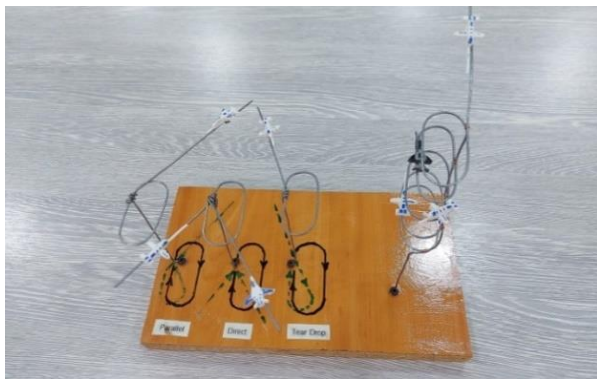


Şəkil 5 – Uçuş enmə zolağına enmə və uçuşun ardıcılığı
Figure 5 – Sequence of landing and takeoff on the runway

Şəkil 5-də Uçuş – Enmə Zolağına (UEZ) Hava Gəmilərinin (HG) enməsi və uçuş qalx-masının ardıcılığı göstərilmişdir. Hal-hazırda bir HG-si enməni yerinə yetirdikdən sonra UEZ-nı boşaldıb yerlə sürmə yoluna keçmişdir. Başqa bir HG-si gözləmə nöqtəsində UEZ-na girmək üçün HHİE dispetçerindən icazəni göz-

ləyir. Bunun üçün enməyə gələn HG-i enib UEZ-nı boşaltmalıdır. HG-nin enməsinə gözləmə zonasında helikopter gözləyərək uçuş yerinə yetirir. Bu üsulla tələbələri uçuşların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün uçuşların ardıcılığını əyani olaraq göstərməklə biliyin keyfiyyətini yüksəltmək mümkündür.

Şəkil 6-da HG-nin gözləmə zonasında uçuşları göstərilmişdir. HG-nin gözləmə zonasına haradan yaxınlaşmasından asılı olaraq üç cür sxemdən ibarətdir: “Parallel” yanaşma sxemi; “Direct” yanaşma sxemi; “Tear Drop” yanaşma sxemi.



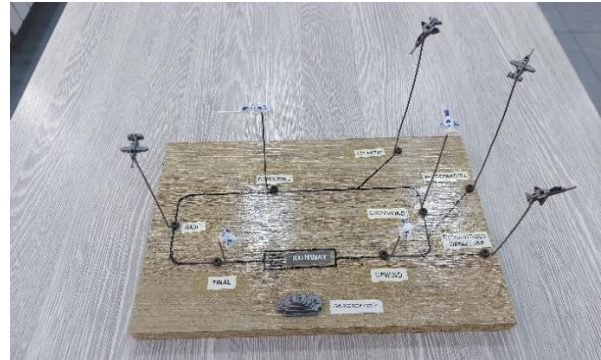
Şəkil 6 – Hava gəmilərinin gözləmə zonasındakı uçuşları

Figure 6 – Aircraft flights in the Holding Pattern

Maketdə göründüyü kimi sağ tərəfdə olan sxem isə eyni vaxtda gözləmə zonasına yığılmış HG-dir ki, hər hansı səbəbdən bu uçuşlar baş verə bilər.

Şəkil 7-də Hava Gəmilərinin aerodrom dövrə uçuşlarından çıxış və girişi göstərir. HG-nin hansı istiqamətə uçuşlarından asılı olaraq aerodrom dövrəsindən hansı nöqtədən çıxış etməsini göstərir ki, gələcəyin HHİE (Havada Hərəkətin İdarə Edilməsi) dispetçerləri bunu düzgün yerinə yetirsinlər, yəni hava məkanında uçuşlar qarışmasın, təhlükə yaranmasın, vaxtından əvvəl risklər aradan qaldırılsın. Eyni oxşar qayda ilə enməyə gələn HG-ni lazımi

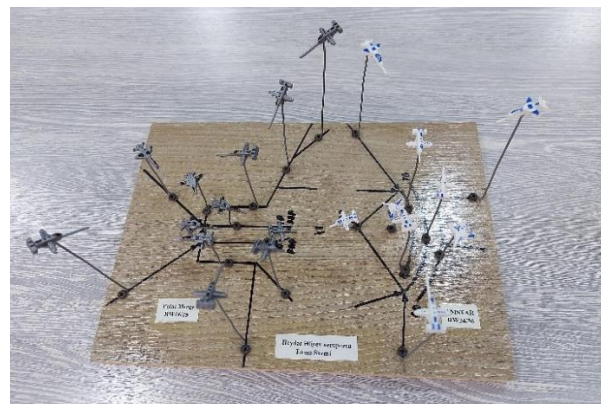
düzgün aerodrom dövrəsinin nöqtələrinə yönəltmək lazımdır ki, konflikt yaranmasın.



Şəkil 7 – Hava gəmilərinin aerodrom dövrə uçuşlarından çıxış və girişi

Figure 7 – Aircraft exiting and entering aerodrome circling flights

Şəkil 8-də Heydər Əliyev aeroportunda hava gəmilərinin hər iki istiqamətdən enmələrinin ardıcılığı göstərilmişdir.



Şəkil 8 – Heydər Əliyev aeroportunda hava gəmilərinin hər iki istiqamətdən enmələrinin ardıcılığı

Figure 8 – The sequence of aircraft landings from both directions at Heydar Aliyev Airport

Heydər Əliyev aeroportunda UEZ 34/36 istiqamətində AMSTAR sxemi (uçub – enmə sxemi) üzrə HG-nin ardıcılıqla enmələri üçün hansı ARKA-da hansı nöqtələrdə hansı hündürlükdə keçməsi göstərilmişdir ki, təhlükəsiz HG-nin enmələri yerinə yetirilsin. HG-nin hündürlükləri aydın olması üçün hündürlük üzrə hər 1 sm = 1000 ft, ölçüsündə qurulmuşdur.

Yəni sxem üzrə ardıcıl olaraq HG-nin hündürlüyü tələbələri uçuşların təhlükəsizliyini təmin etməyi öyrədir.

Eyni ilə UEZ 16/18 istiqamətində Point Merge sxemi üzrə yerinə yertirilir.

Nəticə

İşin praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, əldə edilən nəticələr aşağıdakılara imkan verir: maketlərin keyfiyyətindən asılı olaraq uçuşların təhlükəsizliyinin səviyyəsini qiymətləndirmək; uçuşların keyfiyyətinə müxtəlif amillərin təsir dərəcəsini qiymətləndirmək; uçuşların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün, qərarların formalaşdırılmaqdan ötürü təklif olunan tövsiyələrdən istifadə etmək; HHİE sistemlərində situasiyaların dispetçerlərə ötürülməsinin formalaşması üçün ən səmərəli üsulları tətbiq etmək; Verilmiş maketlər vasitəsi ilə, dispetçerlərin orientasiya qabiliyyətinin inkişafına və yüksəlməsinə nail oluruq; Bu maketlərin tətbiqi, dispetçerləri əyani olaraq öyrətməklə, gələcəkdə baş verə biləcək emosional gərginliyi aradan qaldıracaq. Qərar qəbul etmək üçün uçuşların

mərhələlərində aşağıda göstərilən etaplarda istifadə olunur: uçma zamanı; uçub-gəlmə zamanı; uçuş keçmə zamanı; gözləmə zonasında uçuş; bir marşrut üzrə uçuş; kəsişən marşrutlar üzrə uçuş; Bir HG hündürlük yığır, digəri horizontal uçuş; Bir HG hündürlükdən enir, digəri horizontal uçuş; Bir HG hündürlükdən enir, digər HG hündürlükdən enir; hər iki HG-si hündürlük yığır; hər iki HG-si hündürlükdən enir; hər iki HG-si eniş etmək üçün yaxınlaşır. Uçuş növləri üzrə aşağıda göstərilən şəraitdə qərar qəbul etmək üçün istifadə olunur: standart uçuş şəraiti; çətin hava vəziyyəti; potensial – münəqişə vəziyyətləri; uçuşların xüsusi halları; xüsusi uçuş şərtləri. Qərar qəbulu aşağıdakı zonalarda istifadə olunur: manevr sahəsində; uçuş və eniş zonasında; hava limanının ərazisində; rayon mərkəzində; yerli hava yollarında.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edirlər.

REFERENCES

1. Air Traffic Services congue Manual. Doc 9426 -AN/924, ICAO.
<https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/236.pdf>
2. Air Traffic Management Doc 4444 ATM/501, 2001
<https://recursosdeaviacion.com/wp-content/uploads/2021/01/icao-doc-4444-air-traffic-management.pdf>
3. **Sultanov V.Z., Kulihev G.I., Mukhtarov P.Sh.** Organization of air traffic control. Baku, 2005 – "SADA", Baku, 2005, page 272.
4. Организация и обслуживание воздушного движения, Д.А. Князевский, Ульяновск, 2011.
http://lib.uvauga.ru/disk/2011/Knyazevsky_Organization_and_service_of_air_traffic_2011.pdf
5. **Guliyev R.R.** Inertial Errors in Air Data and Inertial Reference Systems (ADIRS): Practical Identification and Mitigation. Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 17(3), pp. 1–8.
<https://doi.org/10.52171/herald.308>