

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

HAVA GƏMİSİNİN YÜKLƏNMƏ DƏRƏCƏSİNİN ÖLÇÜLMƏSİ ÜÇÜN RADİOELEKTRON SİSTEM

İxtisas: 3324.04 - «Yerüstü komplekslər, buraxılış avadanlıqları, uçuş aparatların və onların sistemlərinin istismarı»

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: Elgün Ağamehti oğlu Ağayev

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

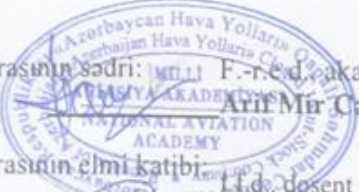
BAKI-2021


Dissertasiya işi Milli Aviasiya Akademiyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: T.e.d., AMEA-nın müxbir üzvü
Afiq Rəşid oğlu Həsənov
F.-r.e.n., dosent
İslam Əsəd oğlu İsgəndərov

Rəsmi oppoñentlər: T.e.d., professor
Rasim Nəşib oğlu Nəbiyev
F.-r.e.d., professor
Vaqif Əli oğlu Məhərrəmov
T.e.d., professor
Məmmədov Əli İsa oğlu

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Milli Aviasiya Akademiyasında fəaliyyət göstərən ED 2.01 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:  F.-r.e.d., akademik
Arif Mir Cəlal oğlu Paşayev

Dissertasiya şurasının elmi katibi:  F.d., dosent
Səlahəddin Bəxtiyar oğlu
Həbibullayev

Elmi seminarın sədri:  T.e.d., professor
Mustafa Rəhim oğlu
Mustafayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Hava gəmisinin təhlükəsiz uçuşunun onun düzgün yüklənməsindən və mərkəzləşdirilməsindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olması çoxsaylı misallarla təsdiqlənir.

Dövlətlərarası Aviasiya Komitəsinin hesabatında göstərilir ki, hava gəmisinin artıq yüklənməsi, ağırlıq mərkəzinin səhv hesablanması əhəmiyyətli itkilərə və ölümlə nəticələnən hadisələrə səbəb olur. 1958-2019-cı illər ərzində yüklənmə və mərkəzləşmədə olan xətlər səbəbindən turboreaktiv mühərrikli hava gəmilərində 50 aviaqəza olmuşdur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, çarter aviadaşımalarında qəzalar daha tez-tez baş verir.

Hava gəmisinin yüklənməsinin və mərkəzləşdirilməsinin düzgün olmaması səbəbindən baş vermiş bir sıra aviaqəzalar haqqında məlumatlar aşağıda verilmişdir:

- 04.11.2015-ci ildə Kırmda Cessna-336 tipli hava gəmisinin qalxma çəkisinin və mərkəzləşmə nöqtəsinin düzgün hesablanmaması səbəbindən qəza baş vermiş, nəticədə uçuş heyyyəti və sərnişinlər həlak olmuşdur;

- 05.06.2016-cı ildə Krasnodar – Tümen – Neryungri reysi ilə hərəkət edən BAe-125 tipli hava gəmisində mərkəzləşmənin düzgün olmaması səbəbindən enmədən sonra təyyarənin qanadları zədələnmişdir;

-10.07.2017–ci ildə Təl-Əviv aeroportundan Kanadaya gedən A333 – tipli hava gəmisində mərkəzləşmə nöqtəsinin limitdən kənar olması hava gəmisinin uçuş-enmə zolağında 30 dəqiqə dayanmasına səbəb olmuşdur.

Göstərilənlər hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin və ağırlıq mərkəzinin təyin edilməsi probleminin təhlükəsiz uçuş kontekstində yüksək aktuallığını birmənalı olaraq təsdiqləyir. Aydındır ki, hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin və ağırlıq mərkəzinin təyin edilməsi prosedurunun, onun uçuşa hazırlanması və qəbulu prosesinə maneə yaratmaması və ya qaçılmaz maneənin mümkün qədər az olması arzuolunandır. Bütün bunlar hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin və ağırlıq mərkəzinin təyin edilməsi üçün distant üsulların

yaradılmasının yüksək aktuallığını təsdiqləyir. Bu halda həlli tələb olunan əsas məsələlər ölçü sisteminin sadəliyi və ölçmə dəqiqliyinin kifayət qədər yüksək olmasıdır.

Obyektin ölçülərinin və ya hər hansı bir ölçüsünün təmassız xüsusən də, məsafədən (distant) təyini bir çox praktiki məsələlərin həlli prosesində istifadə olunur. Bunun üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Geniş yayılmış yanaşmalardan biri obyektin fəza modelinin qurulması və sonra onun həndəsi ölçülərinin təyininə əsaslanır. Obyektin fəza modelinin qurulması üçün müxtəlif növ məsafəölçənlərdən, skanerləyici lazer uzaqlıq ölçənlərindən, passiv və aktiv videomüşahidələrin müxtəlif alqorimlərindən və s. istifadə olunur. Böyük ölçülü obyektlərin həndəsi parametrlərinin lazer treanqulyasiyası prinsipinə əsaslanan təyini üsulu da məlumdur.

Təmassız nəzarət üsullarının və həmçinin, göstərilən distant ölçmə üsullarının, hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin və ağırlıq mərkəzinin təyin edilməsi üçün istifadə imkanlarının tədqiqi, onların tətbiqini məhdudlayan səbəblərin aşkarlanması və aradan qaldırılması, təmassız və xüsusən də, distant ölçmələri həyata keçirməyə imkan verən radioelektron sistemin işlənilib hazırlanması yüksək aktuallığa malikdir.

Problemin vəziyyəti. Hal-hazırda hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və ağırlıq mərkəzinin təyin etmək üçün əsasən üç üsuldən istifadə olunur. Bunlar: qrafiki üsul, vizual nəzarət üsulu və tərəzi üsuludur. Bu üsulların qısa təsviri aşağıdakı kimidir.

1. Qrafiki üsul. Qeydiyyat şöbəndəki məlumatlardan asılı olaraq hava gəmisinin konstruksiyasına uyğun, yüklənmə cədvəli doldurulur və yüklərin təyyarədə paylanması və ağırlıq mərkəzinin yeri müəyyən edilir.

Üsulun əsas mənfi cəhətləri:

- səhv hesablamalarda yeni sənədin tələb olunması;
- sənədlərin doldurulmasına sərf edilən vaxtın çox olması;
- hesablamaların nəticələrinin işçinin bilik səviyyəsindən asılı olmasıdır.

2. Yüklənməyə vizual nəzarət üsulu. Bu üsulda hesablamalar, birinci üsuldən fərqli olaraq kompüter vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Üsulun əsas mənfə cəhətləri:

- hesablamalarda sərnişinlərin çəkiliəri üçün təxmini orta qiymətin götürülməsi;

- hesablamaların nəticələrinin qeydiyyat şöbəsindən daxil olan məlumatlardan asılı olması.

3. Tərəzi üsulu. Tərəzi sistemi ilə ölçmə aparılarkən ön və arxa şassilərin altında yerləşdirilmiş tərəzilərin göstəricilərinə əsasən (W_1, W_2, W_3) hava gəmisinin çəkisi (W) və ağırlıq mərkəzi təyin edilir. Bir sıra üstünlüklərinə baxmayaraq tərəzi üsulu aşağıdakı nöqsanlara malikdir:

- tərəzilərin alınmasına sərfl edilən maddi xərclərin çox olması;

- tərəzilərin əməliyyat yerində quraşdırılması üçün tələb olunan aerodrom sahəsinin ayrılması zərurəti;

- hava gəmisinin tərəzilərin üzərinə çıxarılması üçün əlavə texniki vasitələrin tələb olunması və vaxt itkisinin çox olması;

- tərəzi üsulunun sərnişin təyyarəsi üçün tətbiq edilməsinin praktiki nöqtəyi-nəzərdən qeyri-mümkün olması.

Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinə təyin etmək üçün müasir dövrdə geniş istifadə olunan qrafiki üsulda, dəqiq hesabların təmin edilməsinin mürəkkəbliyi səbəbindən meydana çıxan qəzaların xarakteristikalarını dəqiq müəyyən etmək çox çətin və ya qeyri-mümkündür.

Obyektin ölçülərinin və ya hər hansı bir ölçüsünün təmassız distant təyini probleminin həlli üçün yuxarıda sadalanan ənənəvi üsul və vasitələrin istifadə olunması məqsədəuyğun deyil. Çünki onların heç biri yüksək dəqiqlik təmin etmir və kiçik (məsələn, santimetr və daha kiçik tərtibli) ölçülərin təyini üçün istifadə oluna bilməz.

İşin məqsədi. İşin məqsədi hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və ağırlıq mərkəzinin təyini üçün az vaxt, kiçik maddi xərclər tələb edən təmassız distant nəzarət üsulunun sintezi, bu üsulu reallaşdıran radioelektron sistemin yaradılması və onun xarakteristikalarının tədqiqidir.

Dissertasiyanın işinin məqsədinə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir:

1. Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və mərkəzləşməsinin onun təhlükəsiz uçuşuna təsirinin araşdırılması;
2. Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və mərkəzləşməsinə təyin etmək üçün istifadə olunan üsul və vasitələrin xarakteristikalarının və xüsusiyyətlərinin tədqiqi;
3. Hava gəmisinin yüklənməsinin və mərkəzləşməsinin təmassız distant təyini üçün yararlı olan texniki vasitələrin xarakteristikalarının tədqiqi;
4. Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və ağırlıq mərkəzinin təmassız distant təyini üçün üsul və vasitələrin işlənməsi;
5. Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və ağırlıq mərkəzinin təmassız distant təyini üçün yeni üsul və vasitələrin eksperimental tədqiqi.

Tədqiqat metodları. Deduktiv və induktiv metodlar, analiz və sintez məsələləri, riyazi analizin zəruri bölmələri, təsadüfi proseslərin korrelyasiya analizi, həndəsi ölçülərin təmassız və distant təyini metodları, təsvir əsasında analiz və difraksiya nəzəriyyəsi dissertasiyanın nəzəri və eksperimental tədqiqatlar bölmələrində uyğun problemlərin həlli üçün istifadə olunmuşdur. Nəzəri tədqiqatların nəticələrinin aprobeşiyası üçün eksperimental tədqiqatlar aparılmış və alınmış nəticələrin doğruluğu birmənalı olaraq təsdiqlənmişdir.

Yeni elmi nəticələr:

1. Hava gəmisinin yüklənməsinin və mərkəzləşməsinin təmassız təyini üsulu işlənmişdir;
2. Hava gəmisinin yüklənmə və mərkəzləşməsinin təmassız təyini üçün məsafə-yüklənmə asılılığı müəyyənəşdirilmiş və onun riyazi modeli işlənmişdir;
3. Yüklənmə və mərkəzləşməyə təmassız və məsafədən nəzarət üçün texnoloji sxem və radioelektron sistemin modeli işlənmişdir;
4. Dəyişən parametrlı koordinat torunun generasiyası alqoritmi işlənmiş və bu alqoritm əsasında hava gəmisinin yerdəyişmə parametrlərinin təyini modeli təklif edilmişdir;

5. Hava gəmisinin stasionar vəziyyətdə yerdəyişmə parametrlərinin təyini üçün distant markerin formalaşdırılmasının akustooptik üsulu və bu üsul əsasında ölçmə qurğusunun modeli işlənmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Hava gəmisinin yüklənməsinin və mərkəzləşməsinin təmassız təyini üsulu və onun reallaşdırma prosesi ;
2. Hava gəmisinin yüklənmə və mərkəzləşməsinin təmassız təyini üçün məsafə-yüklənmə asılılığın nəzəri tədqiqatlarının nəticələri;
3. Yüklənməyə və mərkəzləşməyə nəzarət üçün yeni texnoloji sxem;
4. Yüklənməyə və mərkəzləşməyə təmassız və məsafədən nəzarət üçün radioelektron sistemin modeli;
5. Təsvir və dəyişən parametrləli koordinat toru əsasında hava gəmisinin yerdəyişmə parametrlərinin təyin olunması modeli və alqoritmi;
6. Kiçik yerdəyişmələrin təyini üçün distant markerin formalaşdırılmasının akustooptik üsulu və onu reallaşdıran qurğu;
7. Akustooptik markerin nəzəri və eksperimental tədqiqatlarının nəticələri.

İşin elmi və praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, təklif olunan üsulların və avadanlıqların istifadəsi və tətbiqi ilə hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin və mərkəzləşməsinin təyininin operativliyi, dəqiqliyi, ölçmə nəticələrinin etibarlılığı yüksəlir və bu hesaba uçuşların təhlükəsizliyi artır. Eyni zamanda əvvəlki metodlardan fərqli olaraq ölçmələr (bir neçə təyyarənin misalında nəzəri və praktiki tədqiqatların nəticələri kimi təsdiqlənmiş) təmassız və həmçinin, distant olaraq həyata keçirilə bilər. Distant markerin formalaşdırılmasının təklif olunan akustooptik üsulu və onu reallaşdıran qurğu digər obyektlərin ölçülərinin yüksək dəqiqliklə təyini üçün də istifadə oluna bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı respublika və beynəlxalq konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur:

1. Гасанов, А.Р., Искендеров, И.А., Агаев, Э.А. Влияние погрешностей загрузки и центровки воздушных судов

- на авиакатастрофе и методы их определения // Материалы IX Меж. НТК: «АВИА-2009», –Киев: – том 2, – 21-23 сентября– 2009,– с. 15.29-15.32.
2. Həsənov, A.R., İsgəndərov, İ.Ə., Ağayev, E.A. Nəva gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin təsvir üsulu ilə təyini // Azərbaycan Texniki Universiteti. Beynəlxalq konfransı: «Müasir informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının inkişaf perspektivləri», – Bakı: –22–24 sentyabr, – 2011, – s.36-42.
 3. Пашаев, А.М., Гасанов, А.Р., Гасанов, Р.А., Агаев, Э.А. Использование особенностей фотоупругого эффекта для передачи низкочастотной информации // 20-я Международная научно-техническая конференция, «Современные телевидение и радиоэлектроника», – Москва: – 20-21 марта, – 2012, – с.71-74.
 4. Пашаев, А.М., Искендеров, И.А., Агаев, Э.А. Бесконтактный метод определения загруженности воздушного судна по вертикальному перемещению фюзеляжа // Материалы XI Меж. НТК: «АВИА-2013», –Киев: –том 1, – 21-23 мая, –2013, – с. 1.93-1.96.
 5. Ağayev, E.A. Nəva gəmisinin yüklənməsinin və mərkəzləşməsinin təyini üçün "Camera Grid" program təminatının tətbiqi// Fevral məruzələri-2018, Beynəlxalq iştirakla III elmi-praktiki gənclər konfransının materialları, –Bakı: –12-14 fevral, – 2018, – s.102-105.
 6. Агаев, Э.А. Система дистанционного контроля загруженности самолета // Материалы международной молодежной научной конференции. –Казань: –6-8 ноября, – 2019, –с.423-426.
 7. Həsənov, A.R., Ağayev, E.A., Hüseynov, A.Q., Süleymanov, İ.İ., Hüseyn-Zadə, B.E. Kompüterlə idarə olunan akustooptik ləngitmə xətti // Sumqayıt Dövlət Universiteti Konfrans materialları, Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri II beynəlxalq elmi konfrans, –Sumqayıt: –12-13 noyabr, –2020, – s.8-15

Dissertasiyanın bir sıra nəticələri, Azərbaycan Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin sifarişi əsasında yerinə yetirilmiş "Minaatanların atəş sınaqları zamanı atəşləmə sıxlıqlarının ölçülməsi vasitələrinin yaradılması (şifr: "Radio 2")" mövzulu işdə (16 sayılı 08.05.2014-cü il tarixli müqavilə) və Milli Aviasiya Akademiyasında plan üzrə yerinə yetirilən elmi-tədqiqat işlərində istifadə olunmuş, bu işlərin elmi nəticələri AMEA-nın illik yekun hesabatlarına daxil edilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas nəticələrindən birinə patent alınmışdır:

Paşayev, A.M. Hava gəmilərinin yüklənmə dərəcəsinin və mərkəzləşdirilməsinin təmassız təyin olunma üsulu, İxtira İ2016 0003, Azərbaycan Respublikası / Həsənov A.R., İsgəndərov İ.Ə., Ağayev E.A.: Sənaye Mülkiyyəti Obyektlərinin Ekspertizası Mərkəzi (AzPatent), – 2016, –№5.

Dissertasiya işi Milli Aviasiya Akademiyasında yerinə yetirilmişdir

Müəllifin şəxsi iştirakı. Müəllif tərəfindən tədqiqatın əsas məqsədləri və onlara nail olmaq üçün qoyulan məsələlər göstərilmişdir, nəticələrin emalı, sistemləşdirilməsi və müzakirəsi keçirilmişdir. Müəllif eyni zamanda eksperimental tədqiqatlarının aparılmasında birbaşa iştirak etmişdi.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi 166 səhifədən, girişdən, 9 cədvəl və 82 şəklin daxil olduğu dörd fəsildən, əsas nəticələrdən, 112 adda ədəbiyyat siyahısından, cədvəlsiz, şəkilsiz, ədəbiyyat siyahısız 201572 işarədən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə tədqiqatların seçilmiş istiqamətinin aktuallığı əsaslandırılmış, problemin ümumi vəziyyəti xarakterizə edilmiş, onların məqsədi və əsas məsələləri müəyyənləşdirilmiş, işin elmi yeniliyi, müdafiəyə çıxarılan yeniliklər və alınmış nəticələrin praktiki

dəyəri formalaşdırılmış, aprobeasiya və dissertasiyanın strukturu haqqında məlumatlar verilmişdir.

Birinci fəsildə Hava gəmisinin (HG) ağırlıq mərkəzi, onun vəziyyətinə təsir edən faktorlar və meyllərinin ölçülməsi üsulları araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, havada hərəkətin təhlükəsizliyini təmin edən əsas faktorlardan biri təyyarənin düzgün yüklənməsi və mərkəzləşdirilməsidir. Bu faktorlar üzrə tələblərin düzgün yerinə yetirilmədiyi və təyyarənin uçuş xarakteristikaları üçün müəyyən olunmuş normaların pozulduğu halda qəza ehtimalı yüksək olur.

Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsi və mərkəzləşmə nöqəsinin qiymətləndirilməsinə təyyarənin konstruksiyası və şassinin həndəsi parametrləri bilavasitə təsir edir. Şassinin həndəsi parametrləri (şassinin hündürlüyü, təkər bazası, qabaq və arxa şassi ilə ağırlıq mərkəzi arasındakı məsafə) hər bir hava gəmisində müxtəlif olsa da, onların hesablanma qaydası eynidir. Bu baxımdan, qeyd olunan problemin həlli prosesində şassinin həndəsi parametrlərinin öyrənilməsi əsas məsələlərdən biri hesab olunur.

Təyyarənin ağırlıq mərkəzinin koordinatlarının təyin edilməsi üçün aşağıdakı metodlar tətbiq edilir:

1. Analitik (təyyarənin layihələndirilməsi üçün);
2. Eksperimental (təcrübə və istismar müddəti üçün);
3. Xətti və kompüter proqramlarında mərkəzləşmə qrafiklərinin istifadəsi ilə (istismar prosesində);
4. Avtomatik (şassi elementinin deformasiyası və bort avadanlıqlarının istifadəsi ilə);
5. Yarımavtomat (əl ilə daxil edilən məlumatlar əsasında yerüstü ölçmə avadanlıqları ilə).

Geniş istismarda olan təyyarələrdə əsasən eksperimental və mərkəzləşmə qrafikindən istifadə edilir.

Birinci fəsildə, həmçinin yüklənmə dərəcəsinə və mərkəzləşdirilməni təyin etmək üçün tətbiq olunan praktiki üsul və vasitələrin qısa müqayisəli təsviri verilir. Bunlar qrafiki üsul, yüklənməyə vizual nəzarət üsulu, tərəzi üsulu və bu üsullar ilə əlaqədar olan vasitələrdir.

Qrafik üsul yüklənmə cədvəlinin və mərkəzləşdirmə qrafikinin tərtib olunması əsasında HG-nin istismarı üçün icazə verilmiş yüklənmənin hesablanmasına imkan verir. Lakin bu üsulun aviaqəzaların yaranmasına birbaşa təsir edən aşağıdakı nöqsanları mövcuddur

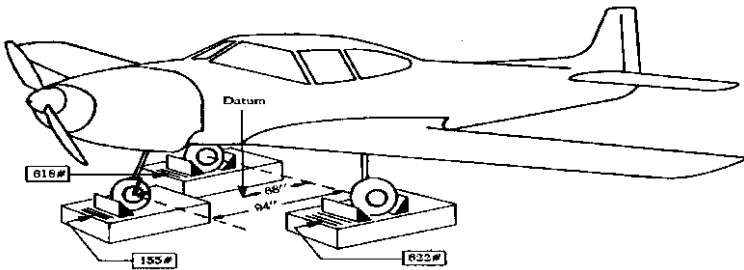
- səhv hesablamalarda yeni sənədin tələb olunması;
- sənədlərin doldurulmasına sərf edilən vaxtın çox olması;
- hesablamaların nəticələrinin işçinin bilik səviyyəsindən asılı olması.

Yüklənməyə vizual nəzarət üsulu. Yüklənmə cədvəlinin və mərkəzləşdirmə qrafikinin tez və etibarlı doldurulması üçün bir çox aviaşirkətlərdə yüklənməyə vizual nəzarət sistemləri işlənilib tətbiq olunur.

Bununla bərabər qeyd olunduğu kimi yüklənməyə vizual nəzarət üsulunun da bir sıra nöqsanları var:

- hesablamalarda sərnişinlərin çəkiliəri üçün təxmini orta qiymətin götürülməsi;
- hesablamaların nəticələrinin qeydiyyat şöbəsindən daxil olan məlumatlardan asılı olması.

Tərəzi üsulu. Tərəzi sistemi ilə ölçmə aparılarkən ön və arxa şassilərin altında yerləşdirilmiş tərəzilərin göstəricilərinə əsasən (W_1, W_2, W_3) hava gəmisinin kütləsi (W) və ağırlıq mərkəzi təyin edilir (şəkil 1).



Şəkil 1. Tərəzi sistemi ilə HG - nin kütləsinin təyini

$$W=W_1+W_2+W_3. \quad (1)$$

Bir sıra üstünlüklərinə baxmayaraq tərəzi üsulu aşağıdakı nöqsanlara malikdir:

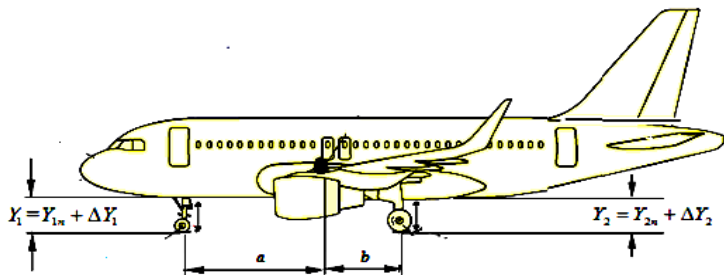
- tərəzilərin alınmasına sərf edilən maliyyə xərclərinin çox olması;
- tərəzilərin əməliyyat yerində quraşdırılması üçün tələb olunan aerodrom sahəsinin ayrılması zərurəti ;
- hava gəmisinin tərəzilərin üzərinə çıxarılması üçün əlavə vasitələrin tələb olunması və vaxt itkisinin çox olması.
- tərəzi üsulunun sərnişin təyyarəsi üçün tətbiq edilməsinin praktiki nöqtəyi-nəzərdən qeyri-mümkün olması.

İkinci fəsildə HG-nin çəki və ağırlıq mərkəzinin distant təyini üçün işlənmiş yeni üsulun və onu reallaşdıran qurğunun təsviri verilmişdir.

HG-nin çəki və ağırlıq mərkəzinin distant təyini üçün təklif olunan yeni üsulun mahiyyəti aşağıdakı kimidir.

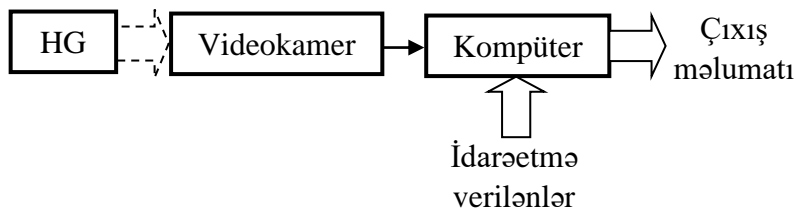
Yerdə dayanmış vəziyyətdə olan hava gəmisinin füzelyajının ağırlıq mərkəzinə nəzərən ön və arxa tərəflərinin dayaq nöqtələrindən yer səthinə qədər olan şaquli yerdəyişmələrini ölçməklə, yüklənmə və mərkəzləşmə təyin olunur. Bunun üçün hava gəmisinin təsviri kamera vasitəsilə monitorda canlandırılır. Elə həmin monitorda problemin həlli üçün işlənmiş proqram təminatı vasitəsi ilə ölçü toru canlandırılır.

Hər bir hava gəmisinin məlum ölçülərinə və yüklənmə prosesində onun sabit qalan ölçülərinin (məsələn, füzelyajın uzunluğu, qanadların uc nöqtələri arasındakı məsafə) real şəraitdə təyin olunmuş qiymətlərinə əsasən ölçü toru üçün miqyaslama əmsalı təyin olunur. Bundan sonra füzelyajın ön və arxa hissələrinin şaquli olaraq yerdəyişmələrinin Y_1 , Y_2 mütləq qiymətləri hesablanaraq, alınmış nəticələr HG-nin boş çəkisinə uyğun olan normativ qiymətlərlə Y_{1n} , Y_{2n} müqayisə olunur (şəkil 2).



Şəkil 2. Təyyarənin yüklənməsi ilə füzelyajının şaquli yerdəyişməsi

Yuxarıda göstərilən alqoritmə əsasən HG-nin çəki və mərkəzləşməsinin distant təyini üsulunun struktur sxemi aşağıdakı kimi tərtib olunmuşdur.



Şəkil 3. HG-nin çəki və mərkəzləşməsinin distant təyini üsulunun struktur sxemi

Struktur sxemə əsasən hava gəmisinin videokamera vasitəsi ilə formalaşdırılan görüntüləri kompüterə daxil edilir. Eyni zamanda kompüterdə "Camera Grid" proqram təminatı ilə ölçü toru formalaşdırılır. Uyğun əməliyyatlar vasitəsi ilə hava gəmisinin təsviri ölçü toru ilə birləşdirilir. Bu zaman kompüterdə şəkil 4 –də verilən görüntü formalaşır.



Şəkil 4. "Camera-Grid" proqramının tətbiqi

Şəkildən görüldüyü kimi "Camera Grid" proqram təminatı əsasında formalaşdırılan "ölçü toru" əsasında şaquli yerdəyişmələrin operativ təyini mümkün olur. Aydınadır ki, ölçmə dəqiqliyinin piksellərə qədər qaldırılması mümkündür. Adətən belə yüksək dəqiqlik tələb olunmur və millimetrin hissələri qədər dəqiqlik qaneedici olur.

İstənilən halda distant ölçmələr prosesi seçilmiş markerə əsasən həyata keçirilir və ölçü torunun parametrləri həmin markerə uyğunlaşdırılır. Aydınadır ki, ölçmənin dəqiqliyi seçilmiş markerin dəqiqliyi ilə müəyyən olunur. Yuxarıda təsvir olunan distant ölçmə prosesində marker kimi tədqiqat obyektinin əvvəlcədən məlum olan xarakterik ölçülərindən biri istifadə olunur. Aydınadır ki, tədqiqat obyektinin xarakterik ölçüləri məlum olmadığı halda distant ölçmənin aparılması qeyri-mümkün olur. Bu şəraitdə digər markerin olmağı zəruridir. Markerin düzgün seçimi, kiçik ölçülərin təyini üçün təklif olunan üsulun əsas çətinliyidir.

Yuxarıda qeyd olunanlardan aydın görünür ki, yüksək dəqiqliyə malik markerin formalaşdırılması üsulunun və onu reallaşdıran qurğunun yaradılması yüksək aktuallıq kəsb edir.

Distant ölçmələrin aparılması üçün tələb olunan marker sadəlik və dəqiqlik tələblərinə cavab verməklə bərabər istifadə üçün də sadə olmalıdır. Aydınadır ki, ölçmə prosesinə hazırlıq və onun

həyata keçirilməyi təyyarənin uçuşa hazırlıq prosesinə mane olmamalıdır. Bu onu göstərir ki, hər hansı bir markerin bir başa təyyarənin gövdəsinə quraşdırılması arzuolunmazdır. Beləliklə yüksək dəqiqliyə malik markerin məsafədən formalaşdırılması problemi meydana çıxır.

Akustooptik prosessorun tezlik, zaman və enerji xarakteristikalarının nəzəri və eksperimental tədqiqatları göstərmişdir ki, distant markerin formalaşdırılması kontekstində fotoelastik effekt yüksək potensiala malikdir.

Fotoelastik effektin reallaşdırılması üçün akustooptik modulyator (AOM) adlandırılan qurğudan istifadə olunur. AOM, bir ucuna elektroakustik çevirici (EAÇ) digərinə isə akustik uducu (AU) bərkidilmiş fotoelastik mühitdən (FEM) ibarətdir. FEM kimi şüşəvari və ya kristallik materiallardan istifadə olunur. EAÇ girişə verilən elektrik siqnalını elastik dalğaya çevirir. Bu dalğa FEM-də AU tərəfə qaçan difraksiya qəfəsi formalaşdırır. Həmin difraksiya qəfəsi mühitin sıxlığının periodik dəyişməsi kimi özünü biruzə verir. FEM-in səthinə müəyyən bucaq altında istiqamətlənmiş lazer şüası qaçan difraksiya qəfəsindən səpələnir – difraksiya olunur.

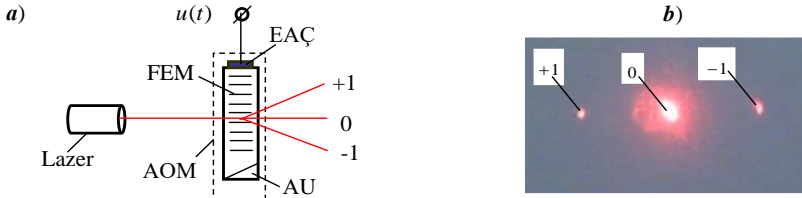
Fotoelastik effekti xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər FEM-in keyfiyyət əmsalı M , difraksiya effektivliyi η və qarşılıqlı təsir parametridir Q . Bu kəmiyyətlər aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$M=n^6p^2/(pv^3); \eta=(\pi^2MP_aL)/(2\lambda^2H); Q=K^2L/(k\cos\theta_0), \quad (2)$$

burada n - sınma əmsalı; p - fotoelastik sabit; ρ - FEM-in sıxlığı; v - elastik dalğanın FEM-də yayılma sürəti; P_a - akustik güc; L - EAÇ-ın (akustooptik qarşılıqlı təsirin) uzunluğu; H - EAÇ-ın eni; λ - işığın dalğa uzunluğu; θ_0 - işığın FEM-in səthinə düşmə bucağı; $K=2\pi/\Lambda$ - elastik dalğanın faza əmsalı (dalğa ədədi); $k=2\pi/\lambda$ - işıq dalğasının faza əmsalı (dalğa ədədi); Λ - FEM-də akustik dalğanın uzunluğudur.

AOM-da Raman-Nat və Breq difraksiya rejimlərinin reallaşdırılması mümkündür. Raman-Nat difraksiyası lazer şüasının FEM-in səthinə perpendikulyar düşdüyü halda müşahidə olunur (şəkil 5). Fotoelastik qarşılıqlı təsir nəticəsində AOM-un arxa fokal

müstəvisində simmetrik difraksiya tərtibləri formalaşır. Qeyd edək ki, şəkil 5 – də zəif fotoelastik qarşılıqlı təsirə xas olan iki difraksiya tərtibi göstərilmişdir. Şəkil 5,*a* Raman-Nat difraksiyasının sxematik təsvirini, şəkil 5,*b* isə onun real görünüşünü əks etdirir. Burada zəif qarşılıqlı təsir halına baxılır və ona görə də yalnız ± 1 difraksiya tərtibləri əks etdirilir. Bu difraksiya tərtibləri, lazer şüalanmasının meyl etməyən və sıfır tərtibdə cəmləşən hissəsindəki işıq dəstinə nəzərən simmetrik yerləşirlər.



Şəkil 5. Raman-Nat difraksiyası: a) – sxematik təsviri, b) – real görünüşü

Qarşılıqlı təsir parametrinin $Q \leq 0,3$ qiymətlərinə cavab verən Raman-Nat difraksiyası əsasında reallaşdırılmış prosessorlar təqribən 100 MHz tezliyə qədər müxtəlif radiotexniki məsələlərin həlli üçün geniş tətbiq olunurlar.

Qarşılıqlı təsir parametrinin $Q \geq 4\pi$ qiymətlərinə cavab verən Breq difraksiyası halında (şəkil 6) lazer şüası FEM-ün səthinə

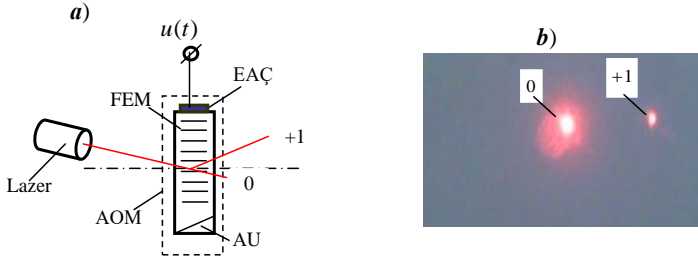
$$\theta_B \approx 0,5 \lambda / \Lambda \quad (3)$$

bucağı altında düşür, burada θ_B - Breq bucağı, λ və Λ – uyğun olaraq optik və elastik dalğaların uzunluqlarıdır.

Şəkil 6,*a* Breq difraksiyasının sxematik təsvirini, şəkil 6,*b* isə onun real vəziyyətini əks etdirir.

Müxtəlif difraksiya rejimlərinin izahı üçün şəkil 5 və şəkil 6-da verilən təsvirlərdən görünür ki, Breq difraksiyasının xarici görünüşünün əsas fərqi ondan ibarətdir ki, meyl edən işıq bir difraksiya tərtibində cəmləşir.

Məhz bu xüsusiyyətin yüksək dəqiqliyə malik ölçü markerinin sintezində istifadəsinin nəzəri və praktiki əsaslarının işlənməsi təqdim olunan işin əsas məsələlərindən biridir.



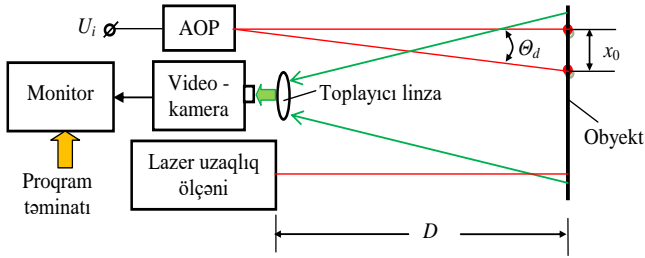
Şəkil 6. Breq difraksiyası: a) – sxematik təsviri, b) – real görünüşü

Qeyd edək ki, Breq difraksiyası əsasında reallaşdırılmış prosessorlar $10MHz$ tezlikdən onlarla QHS tezliyə qədər geniş tətbiq olunurlar.

Akustooptik markerin formalaşdırılma və istifadə mexanizminin analitik təsvirini yüksək dəqiqliyə malik ölçmə sistemi əsasında vermək daha əlverişlidir (şəkil 7). Bu sistemin tərkibinə akustooptik prosessor (AOP), videokamera, toplayıcı linza, lazer uzaqlıqölçəni və monitor daxildir.

Elastik dalğanın tezliyi idarəedici gərginliklə U_i tənzimlənən AOP, ölçmənin aparılması nəzərdə tutulan obyekt üzərində Breq difraksiyasına uyğun nöqtələr yaradır. Obyektin həmin nöqtələr ilə birlikdə təsviri videokamera ilə formalaşdırılaraq monitora ötürülür. Eyni zamanda monitorda uyğun proqram təminatı vasitəsi ilə hesabat toru sintez olunur.

Lazer uzaqlıq ölçəni vasitəsi ilə oyeqtə qədər olan məsafənin D təyin edilmiş qiymətinə əsasən nöqtələr arasındakı məsafə x_0 hesablanır. Alınan qiymət hesabat torunun miqyasının seçilməsi üçün istifadə olunur.



Şəkil 7. Akustooptik marker əsasında qurulmuş distant nəzarət və ölçmə sistemi

Üçüncü fəsildə HG-nin çəki və ağırlıq mərkəzinin dəqiq təyini üçün tətbiq olunan akustooptik markerin iş prinsipi nəzəri olaraq əsaslandırılmış və onun dəqiqlik xarakteristikaları verilmişdir.

Akustooptik markerin nəzəri əsaslarının şəkil 8 – də verilən sxem, ölçülər və işarələr əsasında formalaşdırılması məqsəduyğundur. Burada idarəedici gərginlik U_i gərginliklə idarə olunan generatorun (GİG) tezliyinin lazım olan qiymətini seçməyə imkan verir. EAÇ dalğa uzunluğu c/f olan radiotezlikli rəqsi $u(t)$ eyni tezliyə $\omega=2\pi f$ malik lakin uzunluğu $\Lambda=v/f$ olan elastik dalğaya çevirir, burada c – elektromaqnit dalğasının vakuumda, v - elastik dalğanın FEM-də yayılma sürətidir. Bu şəraitdə fotoelastik mühitdə qaçan difraksiya qəfəsinin addımı Λ kimi təyin olunur.

Ümumi halda difraksiya θ_d və (3) ifadəsindən təyin olunan Breq θ_B bucaqları aşağıdakı münasibətlə bağlıdır:

$$\sin\theta_B + \sin\theta_d = \lambda/\Lambda. \quad (4)$$

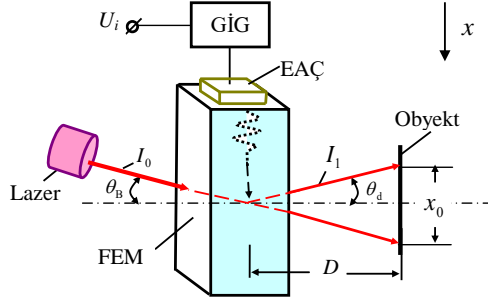
Difraksiya bucağının EAÇ-ın düyünlərinə qoşulmuş gərginlikdən asılılığının xarakterini müəyyənləşdirmək üçün düşmə və difraksiya bucaqları üçün ifadələri ayrılıqda öyrənək. Adətən GİG-in tezliyi AOM-un mərkəzi tezliyinə f_0 bərabər seçilir. Bu tezlikdə FEM-də oyadılan elastik dalğanın uzunluğu (qaçan difraksiya qəfəsinin addımı) $\Lambda_0=v/f_0$ kimi tapılır. Uyğun olaraq lazer şüasının AOM səthinə düşmə bucağı

$$\theta_B = \arcsin(0,5 \lambda / \Lambda_0) \quad (5)$$

kimi təyin olunur. Bu halda difraksiya bucağı

$$\theta_{d0} = \arcsin(0,5 \lambda / \Lambda_0) \quad (6)$$

olur, yəni eyniliklə düşmə bucağına bərabər olur.



Şəkil 8. Distant markerin formalaşdırılması üçün istifadə olunan AOP-un sxematik təsviri

Düşmə və difraksiya bucaqlarının işıq və elastik dalğaların parametrlərindən asılılığının xarakterini konkret misal ilə dəqiqləşdirmək məqsəduyğundur.

Ədədi analiz 1. Qəbul edək ki, koherent işıq mənbəyi kimi yarımkeçirici lazerdən istifadə olunur və onun dalğa uzunluğu $\lambda = 0,64 \text{ mkm}$ təşkil edir. Şüşəvari FEM (ТФ-7) üzərində reallaşdırılmış AOM-un mərkəzi tezliyi 80 MHz təşkil edir. İstifadə olunan FEM üçün $v = 3630 \text{ m/s}$ təşkil edir.

İlkin verilənlər, düşmə və difraksiya bucaqları üçün məlum (5) və (6) ifadələrinə əsasən tapırıq: $\theta_B = \theta_{d0} = 7,052 \cdot 10^{-3}$.

Ədədi analizin nəticəsi göstərir ki, düşmə və difraksiya bucaqları çox kiçik kəmiyyətlərdir və ona görə də (6) ifadəsini aşağıdakı kimi daha sadə formada yazmaq olar:

$$\theta_{d0} \approx 0,5 \lambda / \Lambda_0. \quad (7)$$

Sonuncu düsturdan istifadə edərək difraksiya tərtiblərindəki işıq dəstələrinin obyekt üzərində yaratdıqları ləkələr arasındakı məsafəni x_0 (bax: şəkil 7) aşağıdakı kimi tapırıq:

$$x_0 = D \cdot \sin(\theta_0) \approx 0,5 D \lambda f_0 / v, \quad (8)$$

burada D – AOM-dan obyektə qədər olan məsafədir.

İş prosesində düşmə bucağı dəyişməz qalır, yəni $\theta_B = \text{const}$. Ona görə də (8) ifadəsini daha ümumi formada yazırıq:

$$\theta_d = 0,5 \lambda / \Lambda,$$

burada $\Lambda = v/f$; f – GİG-in cari tezliyidir. Beləliklə difraksiya bucağı üçün düstur aşağıdakı görünüşü alır:

$$\theta_d = 0,5 \lambda f / v. \quad (9)$$

Seçilmiş FEM üçün elastik dalğanın yayılma sürəti $v = \text{const}$. Ona görə də (9) ifadəsinə əsasən difraksiya bucağının GİG tezliyindən düz mütənasib asılı olduğu təsdiqlənir. Breq difraksiyasının bu xassəsindən markerin ölçüsünün tənzimlənməsi üçün istifadə olunur.

Difraksiya bucağının, GİG rəqsinin tezliyinin Δf qədər dəyişməsinə uyğun olan meyli $\Delta \theta_d$ (9) ifadəsindən aşağıdakı kimi tapılır:

$$\Delta \theta_d = 0,5 \lambda \Delta f / v. \quad (10)$$

Difraksiya tərtibindəki işıq dəstəsinin bucaq vəziyyəti yalnız x oxu boyunca dəyişir.

Beləliklə, GİG-in tezliyinin Δf qədər dəyişməsi difraksiya olunmuş işıq dəstəsinin obyekt üzərində yaratdığı ləkənin Δx qədər sürüşməsi ilə müşayiət olunur.

Qəbul edilmiş işarələrə və (10) düsturuna əsasən Δx sürüşməsi üçün aşağıdakı düsturu tapılır:

$$\Delta x = D \cdot \sin(\Delta \theta_d) \approx 0,5 D \lambda \Delta f / v. \quad (11)$$

Verilən riyazi interpretasiyada difraksiya tərtiblərindəki işıq dəstələrinin yaratdıqları ləkələrin ölçüləri nəzərə alınmamışdır. Dalğa uzunluğu λ olan lazer şüasının dairəvi en kəsiyinə malik olduğunu və onun ilkin diametrinin d_0 olduğunu qəbul edək. Bu halda lazer şüalanmasının uyğun bucaq üzrə genişlənməsi aşağıdakı kimi tapılır:

$$\beta=2,44\lambda/d_0. \quad (12)$$

Distant ölçmə prosesinə lazer şüasının təsirini konkret misal ilə qiymətləndirək.

Ədədi analiz 2. Yarımkəçirici lazerin parametrlərinin verildiyini qəbul edilir: $\lambda =0,64\text{mkm}$; $d_0=4\text{mm}$. Bu lazerin $D=50\text{m}$ məsafədə yaratdığı işıq ləkəsinin diametri təyin olunur.

Verilənlərə əsasən (12) düsturu əsasında bucaq üzrə genişlənmə hesablanır: $\beta=3,904 \cdot 10^{-4}$.

Lazerin $D=50\text{m}$ məsafədə yaratdığı işıq ləkəsinin diametri d hesablanır:

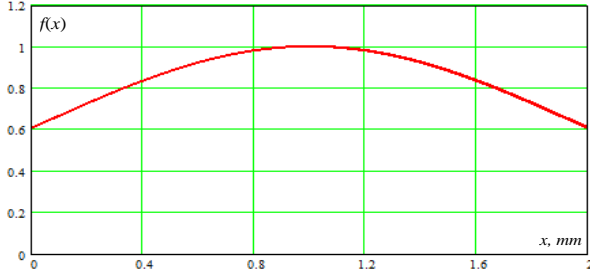
$$d=d_0+D \cdot \sin(\beta)=24\text{mm}.$$

Beləliklə, 50m məsafədə lazer şüalanmasının diametri 6 dəfə artır.

Ədədi analizin nəticələri ölçü xətlərinin yerləşdirilməsi məsələsini aktuallaşdırır. Bu məsələnin həlli prosesində lazer şüalanmasının en kəsiyində enerjinin qeyri-bərabər paylanması da nəzərə alınmalıdır. Ən sadə halda normal paylanma (Qauss paylanması) əsas götürülə bilər. Müzakirə olunan vəziyyətə uyğun Gauss paylanması üçün aşağıdakı ifadə tərtib olunur:

$$f(x)=\exp\{-(x-0,5d)^2/[2(0,5d)^2]\}, \quad 0 \leq x \leq d. \quad (13)$$

Lazer şüalanmasının en kəsiyində güc seli sıxlığının, $d=2\text{mm}$ halı üçün paylanma funksiyasının (13) düsturu əsasında qurulmuş qrafiki şəkil 9 – da verilir.



Şəkil 9. Lazer şüalanmasının en kəsiyində güc seli sıxlığının, $d=2mm$ halı üçün paylanma funksiyasının qrafiki

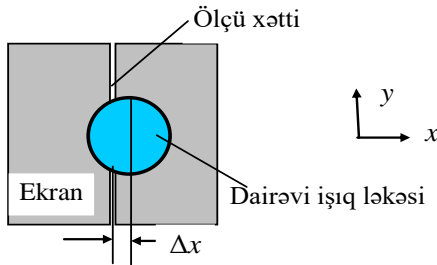
Şəkil 9 – da verilən qrafikdən aydın görünür ki, lazer şüalanmasının en kəsiyinin, uyğun olaraq dairəvi işıq ləkəsinin mərkəzində güc seli sıxlığı maksimal qiymətə mlikdir.

Şaquli ölçü xətti ilə dairəvi işıq ləkəsinin qarşılıqlı vəziyyətini tədqiq olunur (şəkil 10).

Şaquli ölçü xətti ilə dairəvi işıq ləkəsinin kəsişmə xəttinin uzunluğu aşağıdakı təqribi bərabərliklə hesablanır:

$$Y(x) \approx d - 2|\Delta x|, \text{ o halda ki, } -0,5d \leq \Delta x \leq 0,5d, \quad (14)$$

burada Δx - ölçü xəttinin, dairəvi işıq ləkəsinin mərkəzindən bu və ya digər tərəfə sürüşməsidir.



Şəkil 10. Ölçü xətti ilə işıq ləkəsinin qarşılıqlı vəziyyəti

Beləliklə, ölçmə prosesində həm şaquli, həm də üfiqi ölçmə xətləri ilə dairəvi işıq ləkəsinin kəsişməsinin ən böyük qiyməti qərarlaşdırılmalıdır.

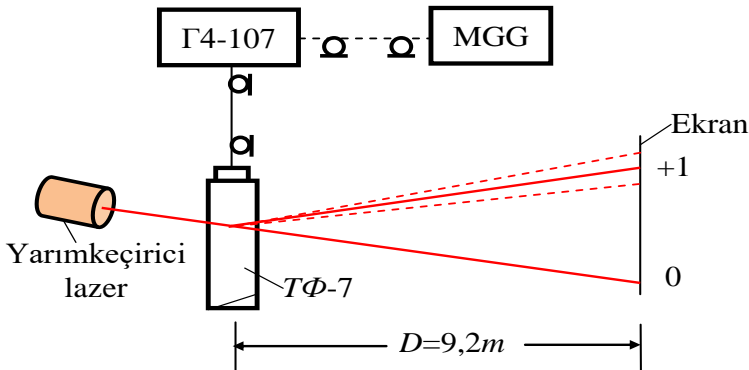
Dördüncü fəsildə eksperimental tədqiqatların nəticələri göstərilmişdir.

Akustooptik markerin yuxarıda təqdim olunan reallaşdırılma ideyasının eksperimental aprobeşiyası, mərkəzi tezliyi $f_0=80MHs$ olan AOM üzərində həyata keçirilmişdir. Eksperimental avadanlıq şəkil 11 – də təsvir olunmuşdur.

Qurğunun elementlərinin və ölçü avadanlıqlarının qısa xarakteristikası aşağıda verilir:

1. Yarımkəçirici lazer (ışıq dəstəsinin diametri $3mm$ təşkil edir);
2. Yüksək tezlikli siqnal generatoru – $\Gamma 4-107$;
3. Mişarvari gərginlik generatoru (MGG) – laboratoriya variantı
4. Akustooptik modulyator $T\Phi-7$ şüşəvari material əsasında hazırlanmışdır, $f_0=80MHs$;
5. Ekran.

Yüksək tezlikli siqnal generator, AOM və MGG ilə yüksək tezlikli razyom və uyğun kabellər vasitəsi ilə birləşdirilir. Qarşılıqlı təsir oblastından ekrana qədər olan məsafə $9,2m$ təşkil edir.



Şəkil 11. Eksperimental tədqiqatlar üçün qurğunun sxemi

Akustooptik markerin statik tənzipləmə xarakteristikası tədqiq olunan zaman yuxarıda qeyd olunduğu kimi, daşıyıcı rəqs rejimində (modulyasiyasız) işləyən yüksək tezlikli siqnal generatoru AOM-un mərkəzi tezliyinə - yəni 80MHs tezliyə köklənir. Sonra generatorun tezliyi yuxarı və aşağı tərəfə dəyişdirilərək birinci difaksiya tərtibindəki işığın ekranda yaratdığı ləkənin sürüşməsi ölçülür. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 1-də verilir. Müqayisəli analizi sadələşdirmək məqsədi ilə bu cədvələ (8) və (11) düsturlarına uyğun təyin edilmiş hesabat qiymətləri də daxil edilmişdir.

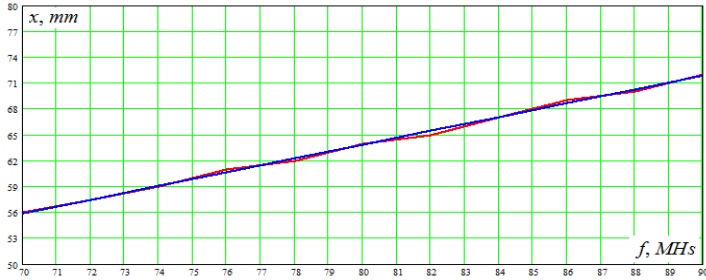
Markerin statik tənzipləmə xarakteristikasının cədvəl 1-də verilən qiymətlər əsasında qurulmuş hesabat və eksperimental qrafikləri şəkil 12-də təsvir olunmuşdur.

Təcrübi və nəzəri qrafiklərin buraxıla biləcək dərəcədə kiçik olan fərqi eksperimental ölçmələrin nəticələrinin yuvarlaqlaşdırılması ilə əlaqədardır.

Cədvəl 1. Markerin statik tənzipləmə xarakteristikası

S/s	Tezlik, MHs	İşıq selinin yaratdığı ləkənin sürüşməsi, mm	
		Hesabat qiyməti	Eksperimental qiymət
1	70	55,88	56
2	72	57,48	57,5
3	74	59,08	59
4	76	60,67	61
5	78	62,27	62
6	80	63,87	64
7	82	65,46	65
8	84	67,06	67
9	86	68,66	69
10	88	70,25	70
11	90	71,85	72

Aydındır ki, monitorun ekranında formalaşdırılan ölçü toru vasitəsi ilə aparılan ölçmələr prosesində qiymətləndirmə piksel dəqiqliyi ilə aparılır və göstərilən xətlər yaranmır.



Şəkil 12. Markerin statik tənzimləmə xarakteristikasının hesabat (göy) və eksperimental (qırmızı) qrafikləri

Akustooptik markerin dinamik tənzimləmə xarakteristikasını müşahidə etmək üçün yüksək tezlikli siqnal generatoru ($\Gamma 4-107$) xarici tezlik modulyasiyası rejiminə keçirilir və onun modulyasiyaedici girişinə MGG qoşulur. Mişarvari gərginlik, generatorun tezliyinin 70-90 MHz intervalda dəyişməsinə təmin edir. Sıfır və bir tərtibli işığın dinamik rejimdə ekrandakı vəziyyəti şəkl.9-da təsvir olunmuşdur. Göründüyü kimi sıfır tərtibli işığın vəziyyəti dəyişməz qalır. Lakin bir tərtibli işığın vəziyyəti modulyasiyaedici prosesə (mişarvari gərginliyə) uyğun olaraq müəyyən bucaq intervalı həddində skanerlənir.

Şəkil 13-də verilən tezlik şkalası akustooptik markerin statik iş rejimində təyin olunmuşdur.



Şəkil 13. Sıfır və bir tərtibli işığın dinamik rejimdə ekranda yerləşməsi

Əsas nəticələr

1. Təklif olunmuş radiosistem əsasında təmassız ölçmə üsulu istehsalat prosesinə maneə yaratmadan hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsini və mərkəzləşməsini praktika üçün kifayət edən dəqiqliklə təyin etməyə imkan verir;
2. Hava gəmisinin füzelyajı və yer arasında şaquli məsafənin hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsindən asılılığı üçün alınmış ifadə təmassız ölçmələrin praktika üçün tələb olunan dəqiqliyini təmin edir;
3. Təklif olunmuş texnoloji sxem yüklənməyə və mərkəzləşməyə nəzarət prosesini optimallaşdırmağa imkan verir;
4. Dəyişən parametrlı koordinat torunun generasiyası üçün işlənmiş proqram təminatı hava gəmisinin füzelyajı və yer arasında şaquli məsafənin yüksək dəqiqlik ilə təyin edilməyini təmin edir;
5. Distant markerin akustooptik effektə əsaslanan formalaşdırılma üsulu və onu reallaşdıran qurğu təmassız ölçmələrin yüksək dəqiqliyini təmin edir;
6. Nəzəri və eksperimental tədqiqatlar akustooptik effektə əsaslanan distant markerin yüksək praktiki dəyərini təsdiqləmişdir.

Dissertasiya işinin mövzusunə dair dərc edilmiş elmi işlərin siyahısı

1. Həsənov, A.R., İsgəndərov, İ.Ə., Ağayev, E.A. Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin təyini // – Bakı: Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri,– 2009, №1 , – s.93-99.
2. Həsənov, A.R., İsgəndərov, İ.Ə., Ağayev, E.A. Hava gəmisinin yüklənmə xətlərinin aviaqəzalara təsiri və onların təyini üsulları //– Bakı: Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi məcmuələr,– 2009. cild 11, №1 – .s.3-7.
3. Гасанов, А.Р., Искендеров, И.А., Агаев, Э.А. Влияние погрешностей загрузки и центровки воздушных судов на авиакатастрофе и методы их определения // Материалы IX Меж. НТК: «АВИА-2009», –Киев: – том 2, – 21-23 сентября– 2009,– с. 15.29-15.32.
4. Həsənov, A.R., İsgəndərov, İ.Ə., Ağayev, E.A. Hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin təsvir üsulu ilə təyini // Azərbaycan Texniki Universiteti. Beynəlxalq konfransı: «Müasir informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının inkişaf perspektivləri», –Bakı: –22–24 sentyabr, – 2011, №1 , – s.36-42.
5. Пашаев, А.М., Гасанов, А.Р., Гасанов, Р.А., Агаев, Э.А. Использование особенностей фотоупругого эффекта для передачи низкочастотной информации // 20-я Международная научно-техническая конференция, «Современные телевидение и радиоэлектроника», – Москва: – 20-21 марта, – 2012, – с.71-74.
6. 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.
7. Пашаев, А.М., Искендеров, И.А., Агаев, Э.А. Бесконтактный метод определения загруженности воздушного судна по вертикальному перемещению фюзеляжа // Материалы XI Меж. НТК: «АВИА-2013», –Киев: –том 1, – 21-23 мая ,–2013, – с. 1.93-1.96.
 8. 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.
 9. Pashayev , A.M. Imaging method application peculiarities in contactless determination of aircraft loading limitations/ A.M. Pashayev , A.R. Hasanov, İ.Ə. İsgandarov, E.A. Agayev, S.M. Karimov // Asian Journal of computer and information systems (İSSN:2321-5658), –2014, v.2, No 1, –p. 9-13.
 10. Paşayev, A.M., İsgəndərov, İ.Ə., Ağayev E.A.Hava gəmisinin yüklənmə və mərkəzləşməsinin təyini üçün metodun tətbiqi və ölçmə dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi // Bakı: Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, — 2015. cild 7, №2, – s.7-13.
 11. Paşayev , A.M., Hava gəmilərinin yüklənmə dərəcəsinin və mərkəzləşdirilməsinin təmassız təyin olunma üsulu, İxtira İ2016 0003, Azərbaycan Respublikası / Həsənov A.R., İsgəndərov İ.Ə., Ağayev E.A.: Sənaye Mülkiyyəti Obyektlərinin Ekspertizası Mərkəzi (AzPatent), – 2016, – №5.
 12. İsgəndərov, İ.Ə., Ağayev, E.A., Seyidov H.M. Ultrasəs məsafəölçənin tətbiqi ilə hava gəmisinin yüklənmə dərəcəsinin təyini //– Bakı: Azərbaycan Milli Aviasiya

- Akademiyası, Elmi məcmuələr, – 2016. cild 18, №4 , – s.7-13.
13. Ağayev, E.A. Hava gəmisinin yüklənməsinin və mərkəzləşməsinin təyini üçün "Camera Grid" program təminatının tətbiqi // Fevral məruzələri-2018, Beynəlxalq iştirakla III elmi-praktiki gənclər konfransının materialları, – Bakı: – 12-14 fevral, – 2018, – s. 102-105.
 14. Гасанов, А.Р. Временные и частотные характеристики акустооптической линии задержки с прямым детектированием/А.Р. Гасанов, Р.А. Гасанов, Ахмедов Р.А., Агаев Э.А// Измерительная техника, №9, – 2019, – с.46-52, DOI: 10.32446/0368-1025it.2019-9-46-52.
 15. Агаев Э.А. Система дистанционного контроля загрузки самолета // Материалы международной молодежной научной конференции. – Казань: – т.2, – 6-8 ноября, – 2019, – с.423-426.
 16. Həsənov, A.R., Ağayev E.A. Akustooptik marker, onun işlənməsi və tədqiqi // – Bakı: Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi məcmuələr, – 2019. cild 21, №3, – s.9-18.
 17. Hasanov, A. R. Time and frequency-domain characteristics of direct-detection acousto-optic delay lines/ A. R. Hasanov, R. A. Hasanov, R. A. Ahmadov, E. A. Agayev// Measurement Techniques. December 2019, Volume 62, Issue 9, – pp 817–824. <https://doi.org/10.1007/s11018-019-01700-3>
 18. Гасанов, А.Р. Акустооптический метод измерения энергогеометрических параметров лазерного излучения / А. Р. Гасанов, Р. А. Гасанов , Ахмедов Р.А., Э. А. Агаев // Приборы и техника эксперимента, –2020,№2,–с.109–112.
doi: [10.31857/S0032816220020111](https://doi.org/10.31857/S0032816220020111)

19. Hasanov, A. R. An Acousto-Optic Method for Measuring the Energy-Geometric Parameters of Laser Radiation/ A. R. Gasanov, R. A. Gasanov, R. A. Akhmedov, and E. A. Agaev// Instruments and Experimental Techniques, – 2020, Vol. 63, No. 2, – p. 234–237, <https://doi.org/10.1134/S0020441220020098>
20. Гасанов, А.Р. Использование особенностей фотоупругого эффекта для измерения параметров лазерного излучения /А.Р.Гасанов, Р.А.Гасанов, А.Г. Гусейнов, Э.А. Агаев, Р.А. Ахмедов//–Москва:–Радиостроение,–2020,№4,–с.17-29. <https://doi.org/10.36027/rdeng.0420.0000159>
21. Həsənov, A.R, Ağayev, E.A., Hüseyinov, A.Q., Süleymanov, İ.İ. Hüseyin-Zade, B.E. Computer-controlled acousto-optic delay line // Sumqayıt Dövlət Universiteti Konfrans materialları, Tətbiqi fizika və energetikanin aktual məsələləri II beynəlxalq elmi konfrans , –Sumqayıt: –12-13 noyabr, – 2020,– s.5-10



Dissertasiyanın müdafiəsi "04" İyun 2021-ci il tarixində saat 14⁰⁰ - da Milli Aviasiya Akademiyasının nəzdindəki ED 2.01 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, AZ1045, Bakı, Mərdəkan pr., 30.

Dissertasiya ilə Milli Aviasiya Akademiyasının kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Milli Aviasiya Akademiyasının rəsmi internet sahifəsində yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat "03" "05" 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 22.04.2021

Kağızın formatı: A5

Həcm: 42536

Tiraj:100