

UOT 629.73.07 ; 629.7.058.77

**BORT QEYDİYYAT QURĞULARINDAN ALINMIŞ PARAMETRİK UÇUŞ
MƏLUMATLARININ ETİBARLIĞI****N.N. Kəlbəyev, N.N. Balayev**Milli Aviasiya Akademiyası,
Azərbaycan Hava Yolları QSC, “Silkway” MMC GHC filialı

Məqalədə uçuş aparatlarının bort qeydiyyat qurğularında qeyd olunan parametrik uçuş məlumatlarının tərkibi, ölçülməsi və emalında istifadə olunan riyazi yanaşmalar nəzərdən keçirilmişdir. Yeni nəsil uçuş aparatlarının bort qeydiyyat qurğularında qeydiyyata düşən uçuş parametrlərinin sayının ildən-ildə artmasının yeni emal üsullarının yaranmasına səbəb olduğu aydınlaşdırılmışdır. Uçuş məlumatlarının emalı proseslərində ənənəvi prosedurlara köməkçi addım kimi, bu sahədə nisbətən yeni istiqamət olan klaster analizi metodu sınaqdan çıxarılmışdır. Alınan nəticələr yeni emal üsullarının köhnə nəsil uçuş aparatlarının parametrik uçuş məlumatlarının emalı üçün də yararlı olmasını təsdiqləmişdir.

Açar sözlər: bort qeydiyyat qurğusu, yerüstü emal sistemi, uçuş məlumatlarının emalı, ölçmə xətalari, məlumatların etibarlılığı, zaman sırası, intellektual analiz, məkanlı klasterləşmə.

Giriş

Aviasiya qəzaları və hadisələrini araşdırmaq üçün əlavə məlumat mənbəyi kimi istifadə olunan Bort Qeydiyyat Qurğularından (BQQ) əldə olunan məlumatlarda səhvlərin olması qəzanın səbəblərinin müəyyənəşdirilməsində çətinliklər yarada bilər. Bundan başqa uçuş aparatının texniki vəziyyətinin və uçuş heyətinin bacarığının qiymətləndirilməsi məsələləri də, qeyd olunan fiziki parametrlərin qiymətlərinin həqiqiliyinin yoxlanılmasını tələb edir. Uçuşlararası qısa vaxt ərzində BQQ-də toplanmış uçuş məlumatlarının Yerüstü Emal Sistemlərində (YES) operativ qiymətləndirilməsi həyata keçirilir və diqqət çəkici xətalər aşkar edilməzsə, parametrlərin qiymətlərinə adətən böyük diqqət verilmir. Standart uçuş tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi və qrup uçuşları halında uçuş məlumatlarının fərqli üsullarla emalına ehtiyac duyulur. YES-lərdə toplanmış arxiv materiallarının sonradan daha ətraflı araşdırılması bir çox istismar problemlərinin qabaqcadan təyin edilməsinə kömək edə bilər.

İşin məqsədi

Məqalə BQQ-lərdə qeydə alınan uçuş məlumatlarının YES-lərdə yığılmış arxivləri əsasında ölçülmüş parametrlərin etibarlılığının (həqiqiliyinin) ilkin qiymətləndirilməsi məsələsinə həsr olunmuşdur. Uçuş parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün yeni emal üsullarından istifadənin bəzi hallarda ölçmə, qeydiyyat və köçürülmə proseslərində yaranmış texnoloji xətalara böyük diqqət yetirməməyə imkan verdiyini aydınlaşdırmaqdır.

Bort Qeydiyyat Qurğularında qeyd olunan uçuş parametrləri

BQQ-də qeydə alınan uçuş parametrləri funksionallıq baxımından aşağıdakı kimi qruplaşdırılır: [1]

- uçuş aparatının fəzada vəziyyətini əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının hərəkətini və məruz qaldığı təsirləri əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının mühərriklərinin işini əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının konstruktiv və idarə elementlərinin vəziyyətini əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının istismar rejimlərini əks etdirən parametrlər.

Uçuş aparatının fəzada vəziyyətini əks etdirən parametrlər əsasən bucaq kəmiyyətləridir (tanqaj və s.) və onun hərəkətini təyin edən parametrlərlə birlikdə pilotaj-naviqasiya məsələlərinin həllində istifadə olunur.

Hərəkət və təsir parametrlərinin (uçuş sürəti, izafi yüklənmə və s.) qiymətləndirilməsi birbaşa meteoroloji və astronomik təsirlərlə əlaqəli olduğu üçün birmənalı hesab edilməyə bilər.

Mühərriklərin, konstruktiv və idarə elementlərinin vəziyyətini, həmçinin istismar rejimlərini əks etdirən parametrlər uçuş aparatının iş qabiliyyətinin yoxlanılması və onun hərəkətini əks etdirən parametrlərin ehtimal olunan qiymətlərinin hesablanması üçün istifadə oluna bilər.

İlk iki qrupa aid uçuş parametrlərinin əksəriyyəti, vektor kəmiyyəti olaraq, bir-birinə bağlı bir neçə ortoqonal koordinat sistemlərində qiymətləndirilir (gövdəyə bağlı "Body fixed reference frame", Yerə bağlı "Earth inertial reference frame", hava mühitinə bağlı "vehicle carried Wind reference frame" və s.). Həmin koordinat sistemləri arasında keçid funksiyaları standartlaşdırılmışdır [2].

Bütün aviasiya ölçü cihazları alət (instrumental), aerodinamik və metodiki (nəzəri) xətalara malikdir. Alət xətaları cihazın istehsal şərtlərindən, qeyri-dəqiq sazlanması və hissələrinin aşınması səbəblərindən yaranır. Hər bir cihazın öz alət xətası olur və onun yoxlanması yolu ilə müəyyən edilir və sənədləşdirilərək uçuşda nəzərə alınır.

Aerodinamik xətalər xüsusilə yüksək sürətlərdə uçarkən hava axınının təhrif olunması səbəbindən atmosfer təzyiqinin qeyri-dəqiq ölçülməsindən yaranır. Aerodinamik xətalər da alət xətaları kimi müəyyən edilir və sənədləşdirilərək uçuşda nəzərə alınır.

Metodoloji xətalər ölçü cihazlarının istehsal və istismar şərtlərində qəbul olunmuş standart atmosfer ölçülərinin (hava təzyiqi 760 mm, temperatur $+15^{\circ}\text{C}$, temperaturun hündürlük gradienti hər 1000 metrə 6.5°C) atmosferin faktiki vəziyyətindən (xarakteristikalarından) fərqlənməsi səbəbindən yaranır. Hava sıxlığı və temperaturunun hündürlükdən asılı olaraq dəyişməsinə, stabil hava axınlarının (külək) təsirini müəyyən hüdudlarda nəzərə alaraq, metodoloji xətalara azaltmaq olur. Lakin atmosferin intensiv turbulentiyyəti, meteoroloji vəziyyətin kəskin dəyişməsi, yer relyefinin havaya təsirləri xətalara tam aradan qaldırmağa imkan vermir.

Ümumi halda, ölçmələri BQQ-də qeydə alınan aviasiya ölçü cihazlarının yararlılığını qiymətləndirmək üçün (texniki xidmət reqlamentinə əsasən) periodik olaraq fərdi (fiziki dəyər - kod) çevirmə funksiyaları yoxlanılır. Eynitipli cihazların yoxlanması zamanı həmin tipin ümumiləşdirilmiş xarakteristikası əsas götürülür və fərdi çevirmə funksiyası ümumiləşdirilmiş tələblərə uyğundursa yararlı hesab edilir [3].

Uçuş dövründə faktiki vəziyyəti düzgün qiymətləndirmək məqsədi ilə vacib parametrlərin ölçülməsi fərqli texnologiyalı ölçü vasitələrinin köməyi ilə həyata keçirilir. Həmçinin, parametrlər arasında məlum fiziki asılılıqlar nəzərə alınaraq, ölçülməyən parametrləri hesablamaq, yaxud ölçülmüş qiymətlərin həqiqiliyini yoxlamaq olar. İstənilən halda, uçuş prosesində ölçü cihazlarının göstəriciləri ayrı-ayrılıqda xətalardan azad deyil və bu problem yalnız ölçmə nəticələrinin vahid hesablama sistemində kompleks şəkildə emalı yolu ilə həll olunur. Bu məqsədlə yeni nəsil uçuş aparatlarında parametrik uçuş məlumatlarında böyük izafilik yaradılır və bunun hesabına bort sistemlərinin göstəriciləri xeyli yaxşılaşır. Onlarda istifadə olunan riyazi yanaşmalar köhnə nəsil uçuş aparatlarının BQQ-lərindən köçürülən uçuş məlumatlarından daha etibarlı nəticələr əldə etməyə kömək edə bilər.

Uçuş məlumatlarının emalı məsələsinə riyazi yanaşmalar

BQQ-də toplanmış uçuş məlumatları fiziki parametrlərin məlum vaxt intervallarında ölçmələrindən ibarət olduğuna görə riyazi sinifləndirmədə zaman sıraları tipinə aid edilə bilər. Bu məlumatlar uçuş prosesini əks etdirən statistik material kimi riyazi-statistik metodlarla (məsələn, reqressiya analizi və s.) təhlil oluna bilər. Təhlil nəticəsində uçuş aparatının texniki sistemlərinin, yaxud uçuş prosesinin ayrı-ayrı mərhələlərinin riyazi modellərini yaratmaq, onların əsasında uçuş zamanı real vəziyyəti qiymətləndirmək üçün parametrlərin gözlənilən qiymətlərini müəyyən etməklə (proqnozlar verməklə) effektiv qərar qəbul etmək imkanını artırmaq olar.

Uçuş aparatının davranışına, yaxud uçuş prosesinin gedişinə təsir edə biləcək parametrləri zaman sırası olmaqla iki sinfə bölmək olar:

- determinik zaman sırası – qeyri-təsadüfi funksiyanın dəyərlərindən (fiziki parametri əks etdirən bir sıra ardıcıl məlumatlardan) ibarətdir;
- təsadüfi (ehtimallı, stoxastik) zaman sırası – bəzi təsadüfi faktorların təsirinə məruz qalan dəyərlərdən ibarətdir.

Uçuş aparatının idarə sistemlərinin təsirlərini və onların nəticələrini ifadə edən parametrlər hər hansı dəqiqliklə ölçülə bildiyi üçün, klassik mexanikada qəbul edildiyi kimi determinik parametrlər hesab edilə bilirlər. Təbii mühit və onun uçuş prosesinə (məsələn, küləkli havada) göstərdiyi təsirlər isə təsadüfi xarakterli olduğu üçün onları ifadə edən parametrlər ehtimallı parametrlər hesab edilirlər. Uçuş aparatı dinamik təbii mühidə (atmosferdə) hərəkət etdiyindən uçuş prosesinin riyazi modeli yalnız stoxastik ola bilər, lakin bu modelin çıxış parametrləri həm ehtimallı, həm də birmənalı (məsələn, müəyyən müddət üçün orta qiymət) təyin edilə bilər. Bu tip texniki sistemlərdə müxtəlif təbiətli müdaxilələr və qeyri-müəyyənliklər ehtimallıq yanaşması çərçivəsində, məlumatların çatışmazlığı kimi nəzərə alınır və məlum statistik xassəli təsirlər kimi şərh edilir. Real uçuş prosesi həm ehtimal nəzəriyyəsi (riyazi gözləmə, korrelyasiya funksiyası və s.), həm də təsadüfi (stoxastik) proseslər nəzəriyyəsi (Markov zəncirləri, bərpa prosesləri və s.) nöqtəyi-nəzərindən araşdırıla bilər [4].

BQQ-dən əldə olunmuş uçuş məlumatlarının həqiqiliyi əsasən aşağıdakı üsullarla təyin edilir:

- konkret ölçü parametrinin ardıcıl diskret qiymətləri arasındakı əlaqələri nəzərə alaraq, məlumat izafiliyinin yaradılması yolu ilə (sistemlik yanaşma);
- uçuş parametrləri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri nəzərə alaraq, məlumat izafiliyinin yaradılması yolu ilə (sistemli yanaşma);
- adi uçuşlar zamanı toplanmış məlumat massivlərinin, parametrlərin fiziki anlamına böyük diqqət ayırmadan, müxtəlif riyazi üsullarla emal edilərək qanunauyğunluqların aşkar edilməsi yolu ilə (statistik yanaşma, intellektual analiz, Data Mining).

Uçuş aparatında quraşdırılmış hər bir ölçü vasitəsinin xətalərini izafi ölçmələrin köməyi ilə ümumiləşdirərək sistemlik xətalər kimi nəzərə almaq mümkündür. Bundan başqa, hər bir uçuş aparatında ölçmələr həmişə eyni cihazlar kompleksi vasitəsi ilə aparıldığı üçün hər bir cihazın ölçmə xətaləri digər cihazların ölçüləri əsasında sistem şəklində qiymətləndirilə bilər. Hər iki qrupa aid xətalər hərəkəti ifadə edən determinik qanunauyğunluqlar əsasında sabit, yaxud dəyişmə xarakteri məlum olan xətalər toplusu kimi təyin oluna bilirlər.

Ənənəvi olaraq uçuş aparatının hərəkət dinamikası fəzada hərəkətin ümumi modeli adlanan riyazi ifadələrlə tədqiq olunur. Bu ifadələrin bir qrupu uçuş aparatının aerodinamik xüsusiyyətlərini və hərəkətini mühitin (havanın) ölçü parametrləri, digər qrupu isə avtonom inersial sistemin ölçdüyü parametrlər (izafi yüklənmələr, dönmə sürətləri) əsasında qiymətləndirməyə imkan verir. Əlavə olaraq, peyk naviqasiya sistemləri əsasında aparılan ölçmələr riyazi modelin adekvatlığını artırır [5-8].

Gündəlik uçuşlar zamanı BQQ-lərdən toplanmış böyük həcmdə uçuş məlumatlarının intellektual analizi ənənəvi üsullarla seçilməsi mümkün olmayan anomaliyaların tapılması və ümumi təhlükəsizlik şablonlarının hazırlanması üçün böyük imkanlar yaradır. Bu kontekstdə anomaliyalar hərəkətlərin qeyri-adi ardıcılığı, hərəkətlər arasında qeyri-adi vaxt sərfiyyatı, unudulmuş hərəkətlər və s. kimi xətaləri təyin edə bilər. Bu məqsədlə klaster analizi metodlarından istifadə olunursa, klasterlərdə normal məlumatlar, kənarlaşmalarda anomaliyalar cəmləşmiş olur. Tədbiq olunan üsullar parametrlərin fiziki anlamına fikir vermədiyi üçün növbəti addım kimi sahə ekspertlərinin tapılan anomaliyaları dəqiqləşdirməsi tələb olunur [9,10].

Klaster emalı üsulunun aprobasiyası

Uçuş məlumatlarının qeydə alınmış qiymətlərinin həqiqətə uyğunluğunu təyin etmək üçün bir neçə təyyarənin eyni trayektoriya üzrə hədəfə yanaşma manevrlərindən (vertikal profildə) barometrik hündürlük, (horizontal profildə) kurs və həqiqi sürət parametrlərinin ölçülmə qiymətləri analiz edilmişdir. Ölçülmüş qiymətlərin manevrlərin yerinə yetirilmə bacarığından asılılığını minimallaşdırmaq məqsədi ilə nümunə üçün kiçik vaxt intervalı seçilmişdir. Bu halda ayrı-ayrı təyyarələrdə qeydə alınmış qiymətlərin həqiqiliyi onların oxşarlıq dərəcəsi əsasında qiymətləndirilə

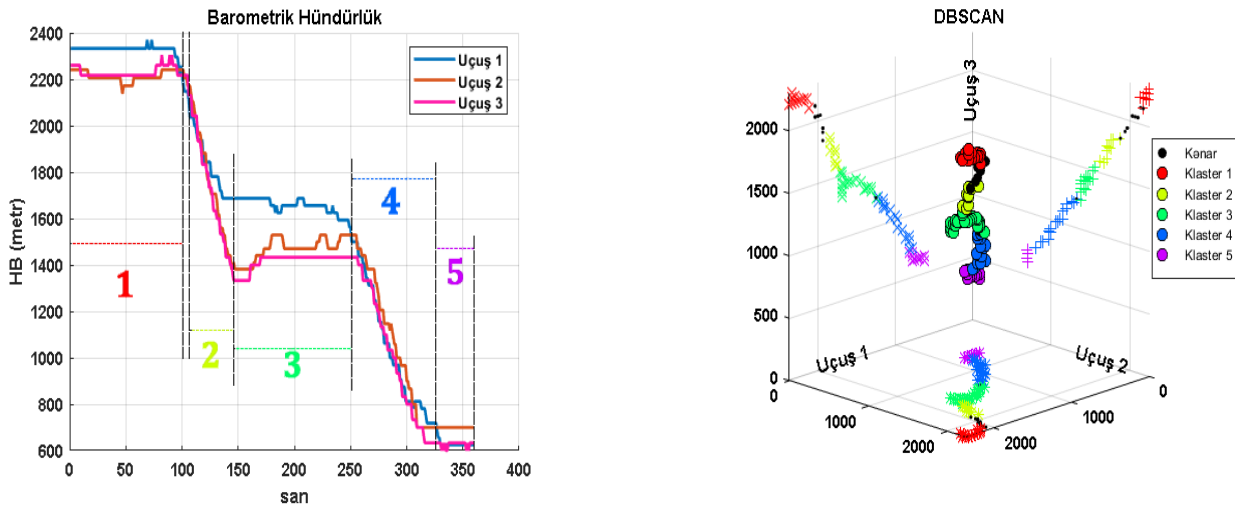
bilər. Belə yanaşma qrup uçuşları zamanı uçuş məlumatlarının kompleks emalı və pilotların qrupda uçuş bacarığının qiymətləndirilməsi üçün də istifadə oluna bilər.

İlk növbədə, uçuş məlumatlarının emalı üçün istifadə olunan intellektual analiz metodlarından biri kimi DBSCAN klaster analizi alqoritmi nəzərdən keçirilmişdir. MatLab sistemində realizə olunmuş DBSCAN alqoritmi $n \times p$ ölçülü matrisə yerləşdirilmiş qiymətləri $n \times 1$ ölçülü vektor kimi nəticələndirir, yəni matrisin sətirləri arasındakı oxşarlıq dərəcəsi hər bir sətirin yer aldığı klasterin nömrəsi ilə ifadə olunur. Oxşarlıq meyarı kimi sətirlər (yəni p ölçülü nöqtələr) arasındakı məsafə və klaster yaradılması üçün tələb olunan minimal sətirlər sayı daxil edilməlidir. Nəticə kimi bütün sətirlərin yeganə klasterə yerləşməsi oxşarlıq dərəcəsinin yüksək olması kimi qiymətləndirilə bilər. Bir neçə klasterin yaranması fiziki prosesin ayrı-ayrı mərhələlərini, klasterlərdən kənar qalan nöqtələr isə sapsmaları ifadə edə bilər.

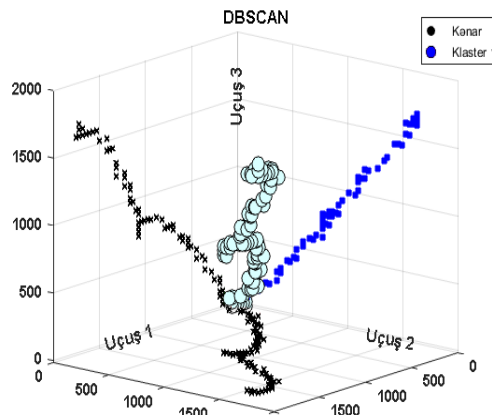
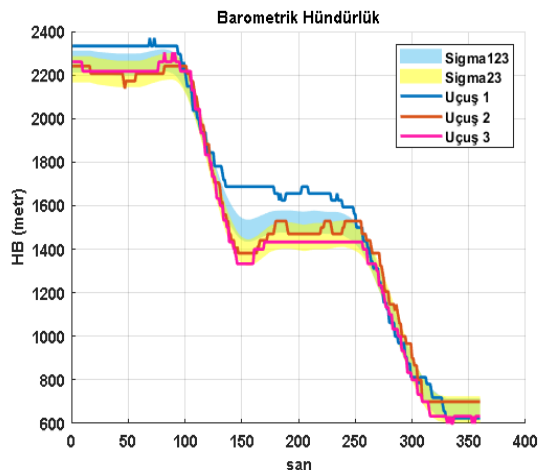
Nümunə üçün şəkil 1 və 2-də eyni uçuş tapşırığına uyğun bir neçə barometrik hündürlük əyrilərinin DBSCAN alqoritminə əsasən emalının nəticələri verilmişdir. Birinci halda əyrilər giriş matrisinin sütunlarına (p sayda əyri), ikinci halda sətirlərinə (n sayda əyri) yerləşdirilmişdir və uyğun olaraq, uçuş mərhələlərini və ayrı-ayrı uçuşların oxşarlıqlarını təyin etməyə imkan verir. Klasterlərdən kənar qalan nöqtələr, yuxarıda deyildiyi kimi, barometrik-hündürlük cihazının ölçü qiymətlərində sapsmaları, yaxud pilotun uçuş tapşırığının yerinə yetirilməsində xətaqlarını biruzə verir. Klasterə aid edilmiş əyrilər əsasında, üç siqma qaydasına uyğun olaraq, konkret uçuş tapşırığının hündürlük komponentində buraxılan qiymətlər diapazonu təyin oluna bilər (şək. 2). Bu diapazondan kənar qalan uçuş anları araşdırılma obyektinə ola bilər.

Kurs və hava sürəti əyrilərini DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik hündürlük əyrilərinə uyğun uçuş mərhələlərinə bölmək mümkün olmamışdır, lakin bu parametrlər əsasında da eyni uçuşlarda oxşarlıq olması təyin olunmuşdur (şək. 3 və 4).

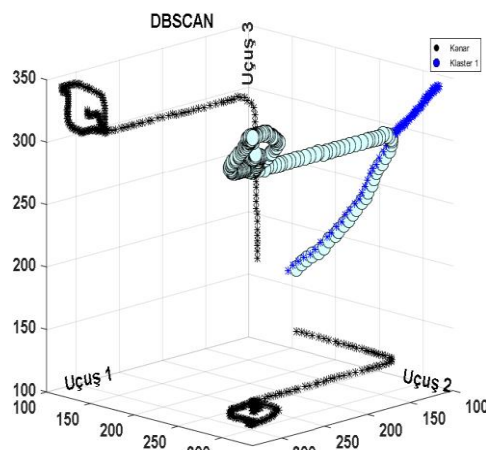
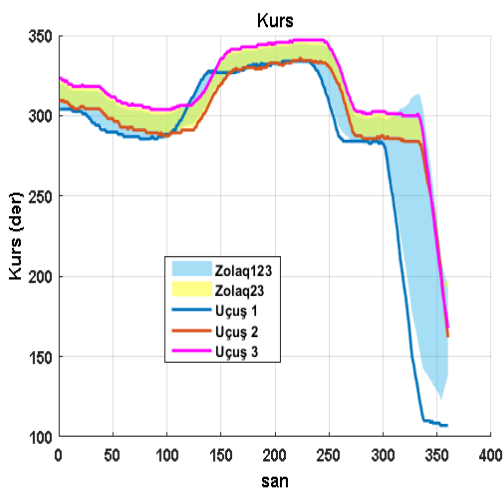
DBSCAN alqoritmi vasitəsilə bütün uçuş parametrlərinin kompleks emalı üçün onların qiymətlərinin normallaşdırılması, yəni parametrlərin multikollinearlığı və sabit sıxlıqda olmadıqları nəzərə alınaraq, qiymətlərdə müəyyən uyğunlaşdırılmaların aparılması tələb olunur. Bizim halda barometrik hündürlük, kurs və hava sürəti parametrlərinin birgə emalı üçün onların qiymətləri daha sadə üsulla, yəni əmsallardan istifadə etməklə bir-birinə uyğun dəyişmə intervalına salınmışdır. Bu parametrlərin DBSCAN alqoritmi ilə birgə emalının nəticəsi onların ayrı-ayrılıqda emalının nəticələri ilə eyni olmuşdur, yəni eyni uçuşların oxşarlığı təyin olunmuşdur (şək. 5).



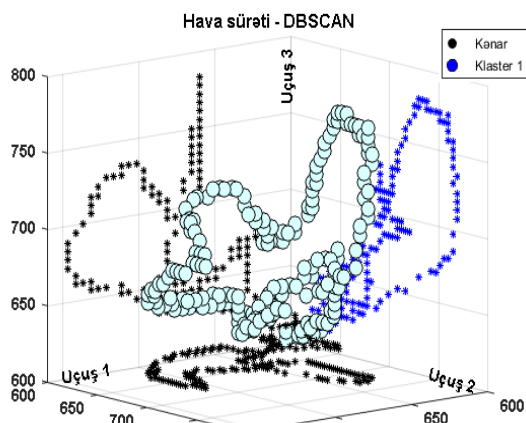
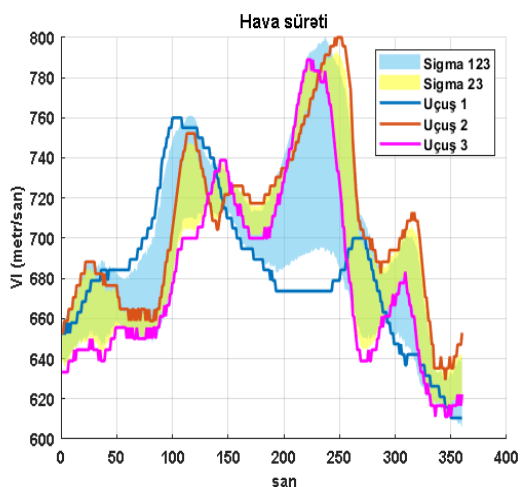
Şək. 1. DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik hündürlük əyrilərinin uçuş mərhələlərinə bölünməsi



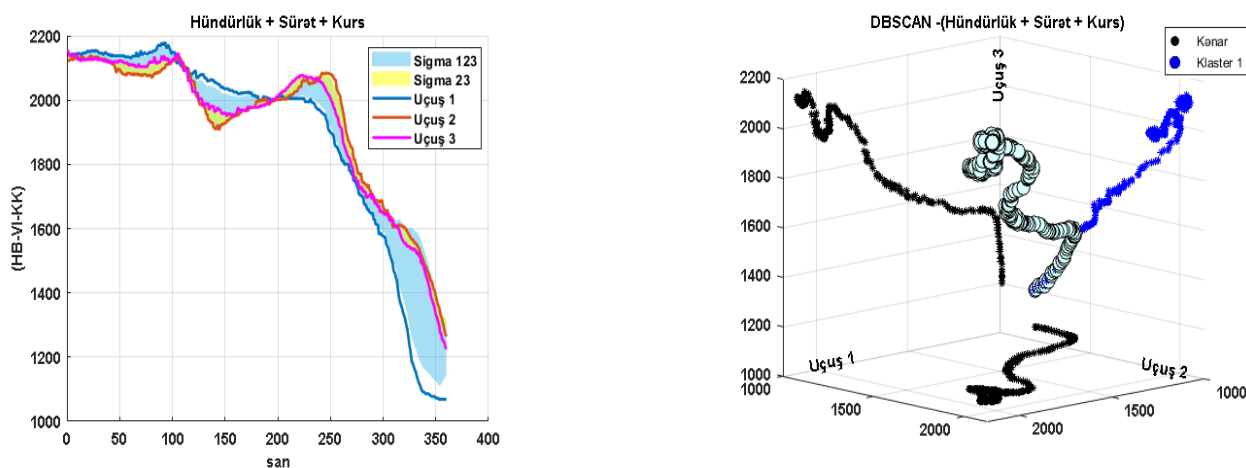
Şək. 2. DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik-hündürlük cihazlarının ölçü qiymətlərində sapmaların, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması



Şək. 3. DBSCAN alqoritmi əsasında kurs cihazlarının ölçü qiymətlərində sapmaların, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması



Şək. 4. DBSCAN alqoritmi əsasında hava sürəti cihazlarının ölçü qiymətlərində sapmaların, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması



Şək. 5. DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik-hündürlük, kurs və hava sürəti əyrilərinin birgə emalından qrup uçuşunun müvəffəqliyinin təyini, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması

Nəticə

Araşdırma nəticəsində BQQ-lərdə qeydə alınan parametrik uçuş məlumatlarındakı ölçü nəticələrinin qiymətləndirilməsi məsələsinin müxtəlif metodoloji və riyazi üsullarla, o cümlədən YES-lərdə yığılmış arxiv materiallarının intellektual emalı əsasında həll olunması mümkünlüyü öz təsdiqini tapmışdır. İntellektual emal üsulları, uçuş aparatları tiplərinin özünəməxsus xüsusiyyətlərinin tamamilə nəzərə alınmasını tələb etmədiyi üçün, parametrik uçuş məlumatlarının emalı prosesində universal riyazi alət kimi geniş tətbiq oluna bilər. Belə yanaşma eyni uçuş tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi və həmçinin qrup uçuşlarından sonra onların qiymətləndirilməsi üçün daha məqsədəuyğundur. Bu üsulların YES-lərdə istifadə olunması məqsədi ilə daha ətraflı araşdırılması nəzərdə tutulur.

ƏDƏBİYYAT

1. Попов Ю.В. Об одном подходе к определению информативности регистрируемых параметров бортовых устройств регистрации. / Проблемы безопасности полетов. №11, 2013 - стр.3-27.
2. ГОСТ 20058-80 (ISO 1151). Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения. М.: Издательство стандартов, 1981. 54 с.
3. Попов Ю.В., Фомин А.Г. Датчики регистрации бортовых устройств регистрации для оценки состояния воздушного судна. / Проблемы безопасности полетов. №9, 2016 - стр.21-29.
4. Попов Ю.В. Мониторинг и диагностика системы управления самолетом по информации, зарегистрированной бортовым устройством регистрации. / Проблемы безопасности полетов. №9, 2012 - стр.3-13.
5. Корсун О.Н., Лысюк О.П., Зиновьев А.В., Гребнев О.Н. Оценивание погрешностей измерения скорости и высоты спутниковой навигационной системой при маневрировании самолета. / Проблемы безопасности полетов. №10, 2008 - стр.49-58.
6. Корсун О.Н., Мотлич П.А. Комплексный контроль бортовых измерений основных параметров полета летательного аппарата. / Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 1, 2013. с. 135-148. // technomag.edu.ru/doc/508634.html
7. Корсун О.Н., Мотлич П.А. Алгоритмы комплексной обработки бортовых измерений, основанные на взаимосвязи между линейными и угловыми параметрами движения летательного аппарата. / Навигация и управление летательными аппаратами: Труды московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). №18, 2017. с. 2-12. // aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA_18.pdf

8. Кулифеев Ю.Б., Куликов В.Е. Формирование пространственной математической модели воздействий атмосферной турбулентности на полет летательного аппарата. / Навигация и управление летательными аппаратами: Труды московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). №18, 2017. с. 13-34. //aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA_18.pdf
9. Pagels, David A. (2015) "Aviation Data Mining", Scholarly Horizons: University of Minnesota, Morris Undergraduate Journal: Vol. 2: Iss. 1, Article 3. //digitalcommons.morris.umn.edu/horizons/vol2/iss1/3
10. Lishuai Li and R. John Hansman. Anomaly detection in airline routine operations using flight data recorder data. Report No. ICAT-2013-4 June 2013. //core.ac.uk/download/pdf/16520235.pdf

REFERENCES

1. Popov Y.V. Ob odnom podxode k opredeleniyu informativnosti registriruemix parametrov bortovix ustroystv registratsii. / Problemi bezopasnosti poletov. №11, 2013 - стр.3-27. (rus)
2. GOST 20058-80 (ISO 1151). Dinamika letatelnix apparatov v atmosfere. Termini, opredeleniya i oboznacheniya. Moskva: Izdatelstvo standartov, 1981. 54 с. (rus)
3. Popov Y.V., Fomin A.G. Datchiki registratsii bortovix ustroystv registratsii dlya otsenki sostoyaniya vozdushnogo sudna. / Problemi bezopasnosti poletov. №9, 2016 - стр.21-29. (rus)
4. Popov Y.V. Monitoring i diagnostika sistemi upravleniya samoletom po informatsii, zaregistrirovannoy bortovim ustroystvom registratsii. / Problemi bezopasnosti poletov. №9, 2012 - стр.3-13. (rus)
5. Korsun O.N., Lisyuk O.P., Zinovyev A.V., Grebnev O.N. Otsenivaniye pogreshnostey izmereniya skorosti i visoti sputnikovoy navigatsionnoy sistemoy pri manevrirovanii samoleta. / Problemi bezopasnosti poletov. №10, 2008 - стр.49-58. (rus)
6. Korsun O.N., Motlich P.A. Kompleksniy kontrol bortovix izmereniy osnovnix parametrov poleta letatel'nogo apparata. / Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdaniye MGTU im. N. E. Baumana. № 1, 2013. с. 135-148. //technomag.edu.ru/doc/508634.html (rus)
7. Korsun O.N., Motlich P.A. Algoritmi kompleksnoy obrabotki bortovix izmereniy, osnovannie na vzaimosvyazi mezhdru lineynimi i uglovimi parametrami dvizheniya letatel'nogo apparata. / Navigatsiya i upravlenie letatel'nimi apparatami: Trudi moskovskogo instituta elektromexaniki i avtomatiki (MIEA). №18, 2017. с. 2-12. // aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA_18.pdf (rus)
8. Kulifeyev Y.B., Kulikov V.E. Formirovanie prostranstvennoy matematicheskoy modeli vozdeystviy atmosfernoy turbulentsnosti na polet letatel'nogo apparata. / Navigatsiya i upravleniye letatel'nimi apparatami: Trudi moskovskogo instituta elektromexaniki i avtomatiki (MIEA). №18, 2017. с. 13-34. // aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA_18.pdf (rus)
9. Pagels, David A. (2015) "Aviation Data Mining", Scholarly Horizons: University of Minnesota, Morris Undergraduate Journal: Vol. 2: Iss. 1, Article 3. // digitalcommons.morris.umn.edu/horizons/vol2/iss1/3
10. Lishuai Li and R. John Hansman. Anomaly detection in airline routine operations using flight data recorder data. Report No. ICAT-2013-4 June 2013. //core.ac.uk/download/pdf/16520235.pdf

ACCURACY OF PARAMETRIC FLIGHT INFORMATION FROM FLIGHT DATA RECORDERS

N.N. Kelbiyev, N.N. Balayev

The article describes the composition, measurement bases and mathematical approaches used in the processing of parametric flight data have be recorded on the flight data recorders. It has been understood that the increase in the number of flight parameters registered on flight data

recorders of new generation aircraft's are demand creates new processing methods. The

YERÜSTÜ KOMPLEKSLƏR, BURAXILIŞ AVADANLIQLARI, UÇAN APARATLARIN VƏ ONLARIN SİSTEMLƏRİNİN İSTİSMARI

Keywords: flight data recorder, the ground processing systems, flight data processing, measurement errors, accuracy of data, a time series, intellectual analysis, spatial clustering.

ДОСТОВЕРНОСТЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ БОРТОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕГИСТРАЦИИ

Н.Н. Келбиев, Н.Н. Балаев

В статье рассматриваются общий состав записываемой в бортовых устройствах регистрации параметрической полетной информации, основы их измерений и используемые в процессе обработки математические подходы. Выяснено, что увеличение количества параметров полета, регистрируемых на бортовых регистраторах летательных аппаратов нового поколения, потребовало создание новых методов их обработки. Относительно новый в этой области метод кластерного анализа был опробован в качестве дополнения к традиционным процедурам обработки полетных данных. Результаты подтвердили полезность новых методов для обработки параметрической полетной информации летательных аппаратов старшего поколения.

Ключевые слова: бортовое устройство регистрации, наземная система обработки, обработка полетной информации, погрешности измерений, достоверность данных, временной ряд, интеллектуальный анализ, пространственная кластеризация.

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Kəlbəyev Namiq Nazim oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası

Vəzifəsi: İnformasiya Texnologiyaları kafedrasının doktorantı

Maraq sahəsi: avtomatika, radiotexnika, informasiya texnologiyaları

E-mail: namiq86@gmail.com

Əlaqə telefonu: +994 77-747-73-32

Soyadı, adı, atasının adı: Balayev Nail Naib oğlu

İş yeri: Azərbaycan Hava Yolları QSC, "Silkway" MMC GHC filialı

Vəzifəsi: "Silkway" MMC GHC filialı, şöbə rəisi

Maraq sahəsi: aviasiya mühəndisliyi, informasiya texnologiyaları

E-mail: nail.turkabadli@gmail.com

Əlaqə telefonu: +994 55 711 99 47

Rəyçi: t.e.d., prof. Ə.S. Səmədov

UOT 621. 391.272

AKUSTOOPTİK MARKER, ONUN İŞLƏNMƏSİ VƏ TƏDQIQI**A.R. Həsənov, E.A. Ağayev**

Milli Aviasiya Akademiyası

Bu məqalədə yüksək dəqiqliyə malik distant ölçmələr üçün markerin xüsusiyyətləri, onun formalaşdırılmasının akustooptik üsulu və həmin üsulun reallaşdırılması üçün vasitələr müzakirə olunur. Üsul Breq difraksiyası rejimində işləyən akustooptik modulyator əsasında sintez olunur. Dayaq parametri kimi lazer uzaqlıqölçəni vasitəsi ilə təyin edilmiş məsafə istifadə edilir. Dayaq parametri əsasında ona perpendikulyar olan və yüksək dəqiqliyə malik ölçü markeri formalaşdırılır. Təqdim olunan üsul nəzəri tədqiqatlar, ədədi analizlər və zəruri interpretasiyalar ilə təsdiqlənir. Nəzəri tədqiqatların nəticələri eksperimental əprobasiya olunur. Nəzəri və eksperimental tədqiqatların nəticələri uyğun cədvəl və qrafiklər ilə təqdim olunur.

***Açar sözlər:** akustooptik, marker, modulyator, lazer, məsafədən ölçmə, elektroakustik çevirici, fotoelastik mühit, akustooptik prosessor.*

Giriş

Bir çox praktiki məsələlərin həlli prosesində obyektin ölçülərinin və ya hər hansı bir ölçüsünün məsafədən (distant) təyini problemi yaranır. Bu problemin həlli 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 skanerləyici lazer uzaqlıq ölçənlərindən [1], passiv və aktiv videomüşahidələrin müxtəlif alqorimlərindən [2,3,4] və s. istifadə olunur. Böyük ölçülü obyektlərin həndəsi parametrlərinin lazer treanqulyasiyası prinsipinə əsaslanan təyini üsulu da məlumdur [5].

Obyektin ölçülərinin və ya hər hansı bir ölçüsünün distant təyini probleminin həllinin yuxarıda təsvir olunan üsul və vasitələrinin heç biri yüksək dəqiqlik təmin etmir və kiçik (məsələn, santimetr və daha kiçik tərtibli) ölçülərin təyini üçün istifadə oluna bilməz.

Kiçik ölçü və sürüşmələrin təyini üçün üsul [6] sayılı məqalədə müzakirə olunur. Burada ölçülməsi tələb olunan obyektin videogörüntüsü, üfüqi və şaquli xətlərin sintezindən ibarət olan ölçü toru ilə müqayisə olunur. Ölçü toru və obyektin videogörüntüsü monitora müxtəlif kanallar vasitəsi ilə birlikdə canlandırılır. Ona görə də, miqyasların ayrılıqda dəyişdirilməsi mümkün olur.

Ölçmə prosesi seçilmiş markerə əsasən həyata keçirilir. Ölçü torunun parametrləri markerə uyğunlaşdırılır. Aydın ki, ölçmənin dəqiqliyi seçilmiş markerin dəqiqliyi ilə müəyyən olunur. Göstərilən işdə marker kimi tədqiqat obyektinin əvvəlcədən məlum olan xarakterik ölçüsündən istifadə etmək tövsiyə olunur. Tədqiqat obyektinin xarakteristikaları məlum olmadığı halda ölçmənin aparılmağı qeyri-mümkün olur. Bu şəraitdə digər markerin olması 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 aktuallığa malikdir. Belə marker sadəlik və dəqiqlik tələblərinə cavab verməklə bərabər istifadə də sadə olmalıdır.

İşin məqsədi distant ölçmələr üçün tələb olunan dəqiqliyə malik akustooptik markerin yaradılması, onun nəzəri əsaslarının işlənməsi və eksperimental əprobasiyasıdır.

Distant ölçmələr üçün zəruri olan markerin reallaşdırılması kontekstində fotoelastik effekt yüksək potensiala malikdir [7]. Bu 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 büruzə verir. FEM-in səthinə müəyyən bucaq altında istiqamətlənmiş lazer şüası qaçan difraksiya qəfəsindən səpələnir – difraksiya olunur.

Akustooptik markerin praktiki reallaşdırılmasının mükəmməlliyini və sonrakı fiziki-riyazi interpretasiyaların aydınlığını təmin etmək məqsədi ilə AOM-un əsas tərkib hissələrinin mühüm xarakteristikalarının qısa analizinin aparılmağı məqsəduyğundur.

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:

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

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.

Materialın keyfiyyət əmsalı M qarşılıqlı təsirin həndəsi quruluşundan asılı olmur və difraksiyanın daxili effektivliyini xarakterizə edir. Ona görə də FEM seçilən zaman bu parametrlər əsas hesab edilir.

Akustooptik markerin reallaşdırılması prosesində tətbiqi tövsiyə olunan bir sıra fotoelastik materialların parametrləri cədvəl 1-də verilir.

Cədvəl 1

Bir sıra fotoelastik materialların parametrləri

Sıra №-si	Material	Şıffaflıq oblastı, mkm.	λ , mkm.	Sıxlıq, ρ , q/sm ³	Akustik dalğa		Optik dalğa		Keyfiyyət $M \cdot 10^{-15}$, s ³ /kq	p	Mənbə
					Növü ¹ və yayılma istiqaməti	v , km/s	Polyarizasiya istiqaməti ²	N			
					1	$LiNbO_3$	0,4÷4,5	0,633	4,64	L[100]	6,57
					S[001]	3,59	⊥	2,29	2,92		[8]
			0,633		S[110]	1,77	[100]	2,55	5,17		[8]
2	SiO_2	0,12÷4,5	0,589	2,648	L[001]	3,63	⊥	1,544	1,48	0,27	[8]
			0,589		L[100]	5,72	[001]	1,553	2,38		[8]
			0,633		L[100]	3,56		1,986	50		[8]
3	$PbMoO_4$	0,42÷5,5	0,633	6,95	L[001]	3,63		2,262	36,3	0,3	[8]
4	TeO_2	0,35÷5	0,633	6	L[001]	4,2	⊥	2,26	34,5	0,339	[8]
Şüşəvari material											
5	TФ-7		0,633	4,52	L	3,63	⊥	1,728	5,12	0,204	[8]

¹ L - uzununa dalğa, S - yerdəyişmə dalğası;

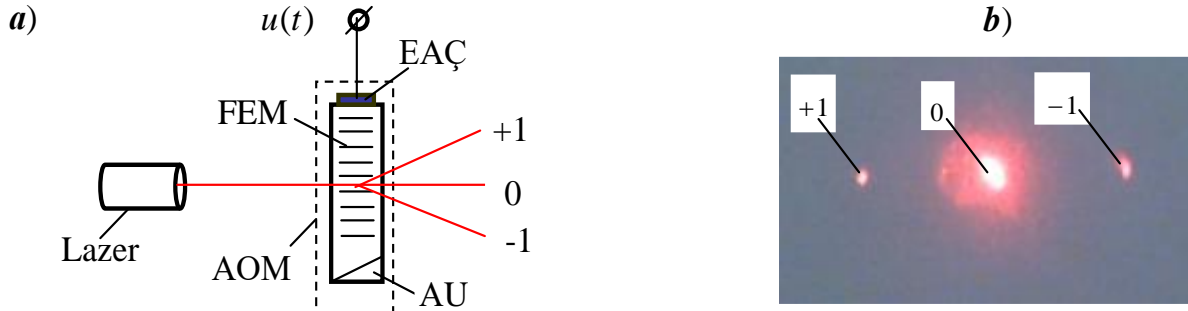
² ||, ⊥ - optik dalğanın polyarizasiya istiqamətinin akustik dalğa vektoruna uyğun olaraq paralel və ya perpendikulyar olduğunu göstərir.

Cədvəl 1 – də verilən fotoelastik materialların parametrlərinin müqayisəli analizindən aydın görünür ki, akustooptik marker qurulan zaman kristallik materialların tətbiqi daha yaxşı nəticələr təmin edə bilər.

AOM-un digər əsas tərkib hissəsi EAÇ-dır. Müasir akustooptik prosessorlarda 150-200 MHz tezliklərə qədər EAÇ kimi $LiNbO_3$, daha yüksək tezliklərdə isə - ZnO geniş tətbiq olunur. Qeyd edək ki, $LiNbO_3$ əsasında hazırlanmış EAÇ-ın qalınlığı bir neçə millimetr təşkil etsə də, ZnO halında bu ölçü bir neçə mikrondan böyük olmur.

Raman-Nat və Breq difraksiyalarını fərqləndirirlər. Raman-Nat difraksiyası lazer şüasının FEM-in səthinə perpendikulyar düşdüyü halda müşahidə olunur (şəkil 1). Fotoelastik qarşılıqlı təsirdən sonra AOM-un arxa fokal müstəvisində simmetrik difraksiya tərtibləri formalaşır. Qeyd edək ki, şəkil 1 – də zəif fotoelastik qarşılıqlı təsire xas olan iki difraksiya tərtibi göstərilmişdir. Şəkil 1,a Raman-Nat difraksiyasının sxematik təsvirini, şəkil 1,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 1. Raman-Nat difraksiyası: a) – sxematik təsviri, b) – real görünüşü

Raman-Nat difraksiya oblastı qarşılıqlı təsir parametrlərinin $Q \leq 0,3$ qiymətlərinə cavab verir.

Raman-Nat difraksiyası əsasında reallaşdırılmış qurğular təqribən 100MHz tezliyə qədər geniş tətbiq olunurlar.

Breq difraksiyası halında (şəkil 2) lazer şüası FEM səthinə

$$\theta_B \approx 0,5 \lambda / \Lambda \quad (1)$$

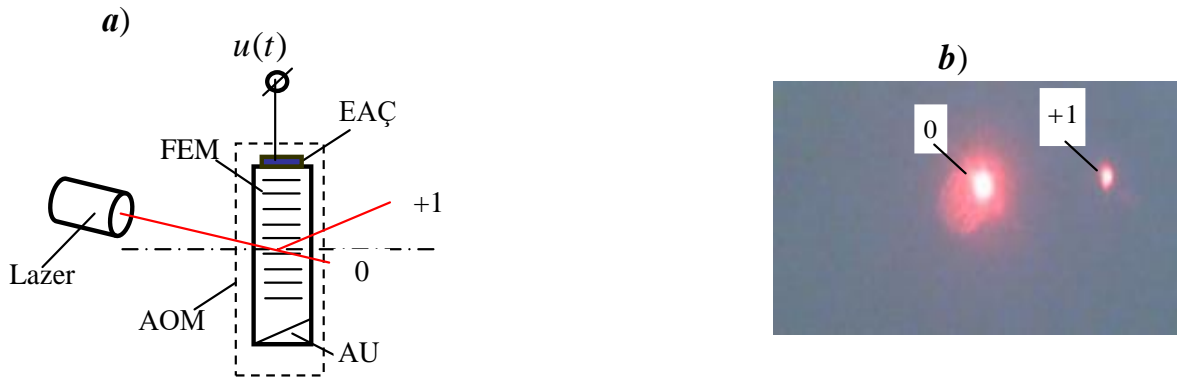
bucağı altında düşür, burada θ_B - Breq bucağı, λ və Λ – uyğun olaraq optik və elastik dalğaların uzunluqlarıdır.

Şəkil 2,a Breq difraksiyasının sxematik təsvirini, şəkil 2,b isə onun real vəziyyətini əks etdirir.

Breq difraksiya oblastı qarşılıqlı təsir parametrlərinin $Q \geq 4\pi$ qiymətlərinə cavab verir.

Müxtəlif difraksiya rejimlərinin izahı üçün şəkil 1 və şəkil 2-də 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 bu işin əsas məqsədidir.*

Qeyd edək ki, Breq difraksiyası əsasında reallaşdırılmış qurğular 10MHz tezlikdən onlarla QHS tezliyə qədər geniş tətbiq olunur [9].

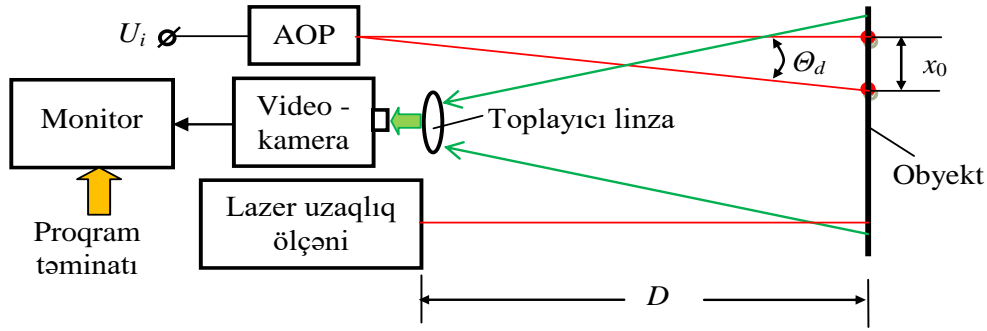


Şəkil 2. Breq difraksiyası: a) – sxematik təsviri, b) – real görünüşü

Təsvir

Akustooptik markerin formalaşdırılma və istifadə mexanizminin mahiyyətini yüksək dəqiqliyə malik ölçmə sistemi əsasında izah etmək daha əlverişlidir (şəkil 3). Bu sistemin tərkibinə akustooptik prosessor (AOP), videokamera, toplayıcı linza, lazer uzaqlıqölçəni və monitor daxildir.

Elastik dalğanın tezliyi U_i idarəedici gərginliklə tənzimlənən AOP, ölçmələrin 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.

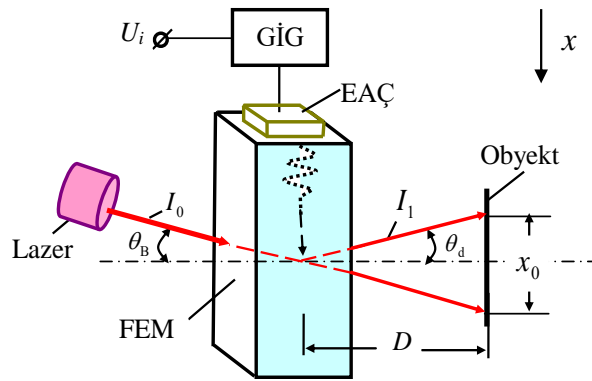


Şəkil 3. Akustooptik markerin formalaşdırılma və istifadə mexanizmi

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

Nəzəriyyə

Akustooptik markerin nəzəri əsaslarını şəkil 4 – də verilən sxem əsasında formalaşdıraraq. 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 v elastik dalğanın FEM-də yayılma sürətidir. Yuxarıda qeyd olunan qaçan difraksiya qəfəsinin addımı Λ olur.



Şəkil 4. Distant markerin formalaşdırılmağı üçün istifadə olunan AOP-un sxematik təsviri

Ümumi halda difraksiya θ_d və (1) ifadəsindən təyin olunan Breq θ_B bucaqları aşağıdakı münasibətlə bağlıdır:

$$\sin\theta_B + \sin\theta_d = \lambda/\Lambda. \tag{2}$$

Difraksiya bucağının EAÇ-ın düyünlərinə qoşulmuş gərginlikdən asılılığının xarakterini müəyyənləşdirmək üçün (2) ifadəsini düşmə və difraksiya bucaqları üçün 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

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

kimi təyin olunur. Bu halda difraksiya bucağı

$$\theta_{d0} = \arcsin(0,5 \lambda/\Lambda_0) \tag{3}$$

olur, yəni eyniliklə düşmə bucağına bərabər olur.

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 $\lambda=0,64mkm$ təşkil edir. Şüşəvari FEM (TF-7) üzərində reallaşdırılmış AOM-un mərkəzi tezliyi $80MHs$ təşkil edir. İstifadə olunan FEM üçün $v=3630m/s$ təşkil edir (bax: cədvəl 1).

Düşmə və difraksiya bucaqlarını hesablayırıq: $\theta_B=\theta_{d0}=7,052\cdot 10^{-3}$.

Ədədi analizin nəticəsi göstərir ki, düşmə və difraksiya bucaqları çox kiçik kəmiyyətlərdir və ona görə də (3) ifadəsini aşağıdakı kimi daha sadə formada yazmaq olar:

$$\theta_{d0}\approx 0,5 \lambda/\Lambda_0. \quad (4)$$

Sonuncu düsturdan istifadə edərək difraksiya tərtiblərindəki işıq dəstələrinin obyekt üzərində yaratdıqları ləkələr arasındakı məsafəni x_0 (bax: şəkl.4) aşağıdakı kimi tapırıq:

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

burada D – AOM-dan obyektə qədər olan məsafədir.

İş prosesində düşmə bucağı dəyişməz qalır, yəni $\theta_B=\text{const}$. Ona görə də (4) 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:

$$\theta_d=0,5 \lambda f/v. \quad (6)$$

Seçilmiş FEM üçün $v=\text{const}$. Ona görə də (6) ifadəsinə əsasən difraksiya bucağının GİG tezliyindən düz mütənasib asılı olduğu təsdiqlənir. Breq difraksiyasının bu xassəsindən markerin ölçüsünün tənzimlənməsi üçün istifadə oluna bilər.

Difraksiya bucağının, GİG rəqsinin tezliyinin Δf qədər dəyişməsinə uyğun olan meyli $\Delta\theta_d$ (6) ifadəsindən aşağıdakı kimi tapılır:

$$\Delta\theta_d=0,5 \lambda \Delta f/v. \quad (7)$$

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 (7) düsturuna əsasən Δx sürüşməsi üçün aşağıdakı düsturu tapırıq:

$$\Delta x=D\cdot \sin(\Delta\theta_d)\approx 0,5 D\lambda \Delta f/v. \quad (8)$$

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 [10]:

$$\beta=2,44\lambda/d_0. \quad (9)$$

Distant ölçmə prosesinə lazer şüasının təsirini konkret misal ilə qiymətləndirək.

Ədədi analiz 2. Yarımkeçirici lazerin parametrləri: $\lambda =0,64mkm$; $d_0=4mm$. Bu lazerin $D=50m$ məsafədə yaratdığı işıq ləkəsinin diametrini təyin edək.

Verilənlərə əsasən (9) düsturu əsasında bucaq üzrə genişlənməni hesablayırıq: $\beta=3,904\cdot 10^{-4}$.

Lazerin $D=50m$ məsafədə yaratdığı işıq ləkəsinin diametri d hesablanır:

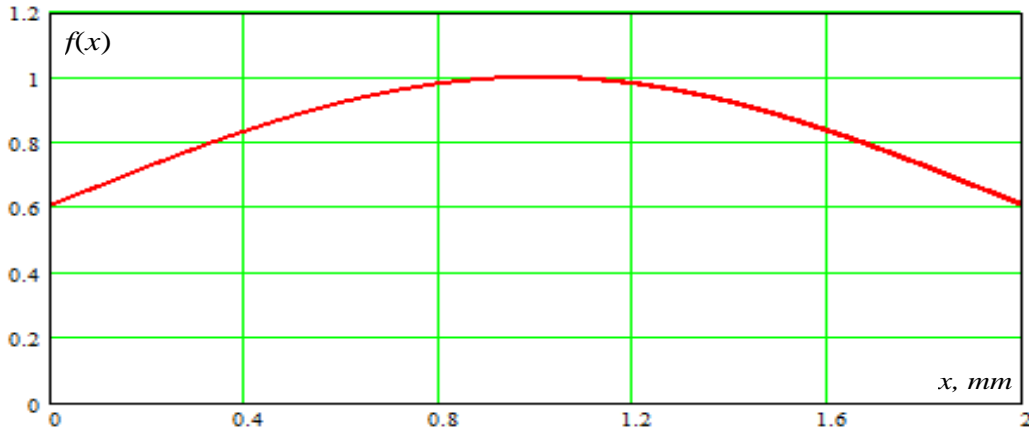
$$d=d_0+D\cdot \sin(\beta)=24mm.$$

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 ifadəni tərtib edirik:

$$f(x)=\exp\{-(x-0,5d)^2/[2(0,5d)^2]\}, \quad 0\leq x\leq d. \quad (10)$$

Lazer şüalanmasının en kəsiyində güc seli sıxlığının, $d=2mm$ halı üçün paylanma funksiyasının (10) düsturu əsasında qurulmuş qrafiki şəkil 5 – də verilir.



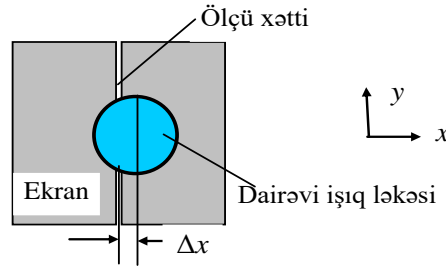
Şəkil 5. Lazer şüalanmasının en kəsiyində güc seli sıxlığının, $d=2mm$ halı üçün paylanma funksiyasının qrafiki

Şəkil 5 – də 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 edək (şəkil 6). Şaquli ölçü xətti ilə dairəvi işıq ləkəsinin kəsişmə xəttinin uzunluğu aşağıdakı təqribi bərabərliklə hesablanır:

$$Y(x) \approx d - 2|\Delta x|, \text{ o halda ki, } -0,5d \leq \Delta x \leq 0,5d, \quad (11)$$

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



Şəkil 6. Ölçü xətti ilə işıq ləkəsinin qarşılıqlı vəziyyəti

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

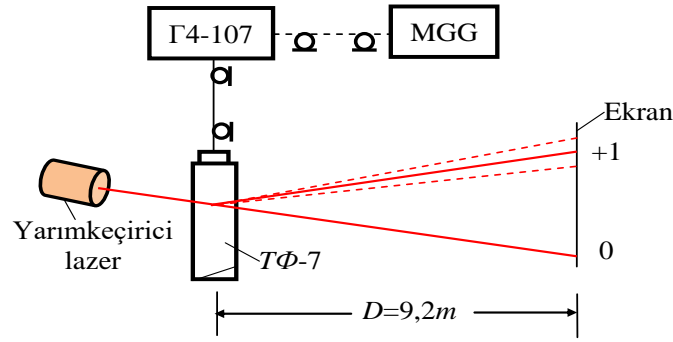
Təcrübə

Akustooptik markerin yuxarıda təqdim olunan reallaşdırılma ideyasının eksperimental aprobeiyası, mərkəzi tezliyi $f_0=80MHz$ olan AOM üzərində həyata keçirilmişdir. Eksperimental avadanlıq şəkil 7 – 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, [11] sayılı məqalədə verilən sxem üzrə yığılmışdır;
4. Akustooptik modulyator $T\Phi-7$ şüşəvari material əsasında hazırlanmışdır, $f_0=80MHz$;
5. Ekran.

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



Şək. 7. Eksperimental tədqiqatlar üçün qurğunun sxemi

Akustooptik markerin statik tənzimləmə 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 2-də verilir. Müqayisəli analizi sadələşdirmək məqsədi ilə bu cədvələ (5) və (8) düsturlarına uyğun təyin edilmiş hesabat qiymətləri də daxil edilmişdir.

Cədvəl 2

Markerin statik tənzimləmə xarakteristikası

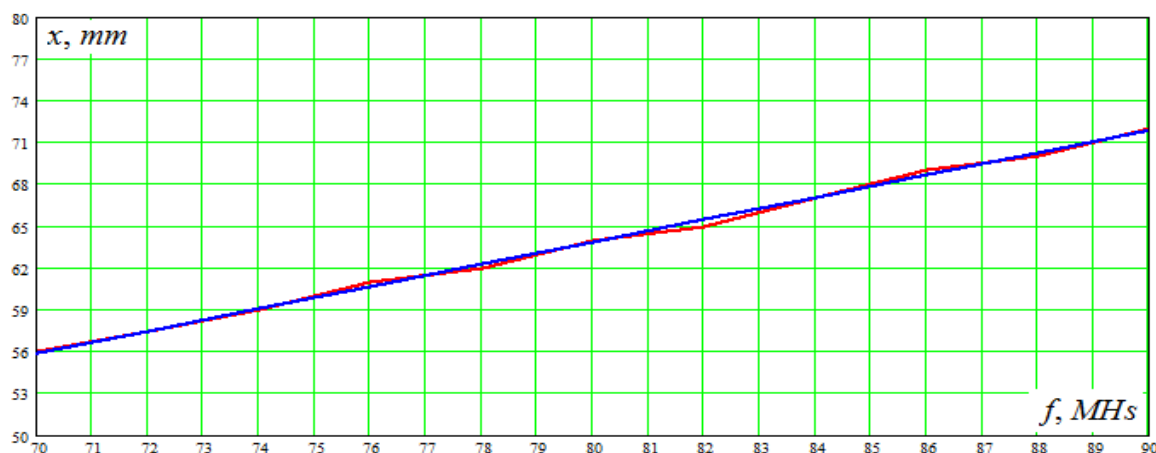
S/s	Tezlik, MHs	İşıq selinin yaratdığı ləkənin sürüşməsi, mm	
		Hesabat qiyməti	Eksperimental qiymət
1	70	55,88	56
2	72	57,48	57,5
3	74	59,08	59
4	76	60,67	61
5	78	62,27	62
6	80	63,87	64
7	82	65,46	65
8	84	67,06	67
9	86	68,66	69
10	88	70,25	70
11	90	71,85	72

Markerin statik tənzimləmə xarakteristikasının cədvəl 2-də verilən qiymətlər əsasında qurulmuş hesabat və eksperimental qrafikləri şəkil 8-də təsvir olunmuşdur.

Təcrübi və nəzəri qrafiklərin buraxıla biləcək dərəcədə kiçik olan fərqi eksperimental ölçmələrin nəticələrinin yuvarlaqlaşdırılmağı ilə əlaqədardır. Aydın ki, monitorun ekranında formalaşdırılan ölçü toru vasitəsi ilə aparılan ölçmələr prosesində qiymətləndirmə piksel dəqiqliyi ilə aparılır və göstərilən xətlər yaranmır.

Akustooptik markerin dinamik tənzimləmə xarakteristikasını müşahidə etmək üçün yüksək tezlikli siqnal generatoru (Г4-107) xarici tezlik modulyasiyası rejiminə keçirilir və onun modulyasiyaedici girişinə MGG qoşulur.

Mişarvari gərginlik, generatorun tezliyinin 70-90 MHs intervalda dəyişməsinə təmin edir. Sıfır və bir tərtibli işığın dinamik rejimdə ekrandakı vəziyyəti şəkil 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.



Şək. 8. Markerin statik tənzimləmə xarakteristikasının hesabat (göy) və eksperimental (qırmızı) qrafikləri

Şəkil 9-da verilən tezlik şkalası akustooptik markerin statik iş rejimində təyin olunmuşdur.



Şək. 9. Sıfır və bir tərtibli işığın dinamik rejimdə ekranda yerləşməsi

Nəticə

Distant ölçmənin dəqiqlik səviyyəsi seçilmiş ölçü markerinin xarakteristikaları ilə müəyyən olunur. Ona görə də ölçmələrin nəticələrinə qoyulan tələblər yüksək olduqda yüksək dəqiqliyə malik markerdən istifadə olunmağı zəruriyyəti yaranır. Akustooptik marker bu kontekstdə yüksək potensiala malikdir. Bu markerin təmin etdiyi dəqiqlik yalnız yüksək tezlikli siqnal generatorunun nisbi qeyri-stabilliyi ilə məhdudlana bilər. Kvars stabilizasiyalı generatorlardan istifadə etməklə bu qüsuru aradan qaldırmaq mümkündür.

ACOUSTOPTIC MARKER, ITS DEVELOPMENT AND RESEARCH

A.R. Hasanov, E.A. Agayev

In this article the features of the marker for high-precision remote measurements, the acousto-optic method of its formation and the means of its implementation are discussed. The method on the base on an acousto-optical modulator, which operates in the Bragg diffraction mode, is synthesized. The distance determined by the laser rangefinder as a reference parameter is used. Based on the reference parameter, perpendicular to it a marker with high accuracy is formed. The presented method is confirmed by theoretical studies, numerical analysis and necessary interpretations. The results of theoretical studies have been tested experimentally. The results of theoretical and experimental studies are presented in the corresponding tables and graphs.

Key words: acousto-optic, marker, modulator, laser, remote measurement, electroacoustic transformer, photoelastic medium, acousto-optic processor.

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ МАРКЕР, ЕГО РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ**А.Р. Гасанов, Э.А. Агаев**

В данной статье обсуждаются особенности маркера для высокоточных дистанционных измерений, акустооптический метод его формирования и средства его реализации. Метод синтезирован на основе акустооптического модулятора, который работает в режиме дифракции Брэгга. Определенное лазерным дальномером расстояние используется в качестве опорного параметра. На основе опорного параметра формируется перпендикулярный к нему маркер с высокой точностью. Представленный метод подтверждается теоретическими исследованиями, численным анализом и необходимыми интерпретациями. Результаты теоретических исследований апробированы экспериментально. Результаты теоретических и экспериментальных исследований представлены соответствующими таблицами и графиками.

Ключевые слова: акустооптика, маркер, модулятор, лазер, дистанционное измерение, электроакустический преобразователь, фотоупругая среда, акустооптический процессор.

ƏDƏBİYYAT

1. Christie D., Jiang C., Paudel D., Demonceaux C. 3D Reconstruction of Dynamic Vehicles using Sparse 3D-Laser-Scanner and 2D Image // International Conference on Informatics and Computing, 2016, pp. 61–65. DOI:10.1109/IAC.2016.7905690.
2. Hirschmuller H. Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information // Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE transactions on, 30(2), 2007. DOI: 10.1109/TPAMI.2007.1166.
3. Hu F.J., Zhao Y. Comparative research of matching algorithms for stereo vision // Journal of Computational Information Systems, vol. 9, no. 13, pp. 5457–5465.
4. Elena Bebeselea-Sterp, Raluca Brad and Remus Brad, “A Comparative Study of Stereovision Algorithms” International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 8(11), 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2017.081144>.
5. Михайличенко А.А, Клещенко А.Б. Способ бесконтактного измерения размеров крупногабаритных объектов // Компьютерное зрение, 24–28 сентября 2017, Пермь, Россия.
6. Pashayev A.M., Hasanov A.R., Iskenderov I.A., Agayev E.A., Kerimov S.M. Imaging method application peculiarities in contactless determination of aircraft loading limitations // Asian Journal of computer and information systems (ISSN:2321-5658), Vol 2, No 1 (2014): February 2014.p.9-13.
7. Christopher C. Davis. Lasers and Electro-optics. Cambridge University Press, 2014. DOI:<https://doi.org/10.1017/CBO9781139016629>.
8. Гасанов А.Р. Основы теории и техники формирования и обработки сигналов акустооптическими методами. - Б.: ЭЛМ, 1999, -55 с.
9. Huan Li , Qiyu Liu , Mo Li. GHz integrated acousto-optics // 2016 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN), 2016. DOI: 10.1109/OMN.2016.7565815.
10. Пашаев А.М., Гасанов А.Р., Абдурагимов К.Ф. Источники света для акустооптических процессоров // Национальная Академия Авиации Азербайджана, Ученые записки, 2007, том.9. №1. с.35÷40.
11. Гасанов Р.А. Цифровой формирователь пилообразного напряжения // Альтернативная энергетика и экология, 2009 , №7, с.113÷116.

REFERENCES

1. Christie D., Jiang C., Paudel D., Demonceaux C. 3D Reconstruction of Dynamic Vehicles using Sparse 3D-Laser-Scanner and 2D Image // International Conference on Informatics and Computing, 2016, pp. 61–65. DOI:10.1109/IAC.2016.7905690.

2. Hirschmuller H. Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information // Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE transactions on, 30(2), 2007. **DOI:** 10.1109/TPAMI.2007.1166.
3. Hu F.J., Zhao Y. Comparative research of matching algorithms for stereo vision // Journal of Computational Information Systems, vol. 9, no. 13, pp. 5457–5465.
4. Elena Bebeselea-Sterp, Raluca Brad and Remus Brad, “A Comparative Study of Stereovision Algorithms” International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 8(11), 2017. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2017.081144>.
5. Mikhaylichenko A.A., Kleshchenkov A.B. Sposob beskontaktnogo izmereniya razmerov krupnogabaritnykh ob’yektov // Komp’yuternoye zreniye, 24–28 sentyabrya 2017, Perm’, Rossiya.
6. Pashayev A.M., Hasanov A.R., Iskenderov I.A., Agayev E.A., Kerimov S.M. Imaging method application peculiarities in contactless determination of aircraft loading limitations // Asian Journal of computer and information systems (ISSN:2321-5658), Vol 2, No 1 (2014): February 2014.p.9-13.
7. Christopher C. Davis. Lasers and Electro-optics. Cambridge University Press, 2014. **DOI:**<https://doi.org/10.1017/CBO9781139016629>.
8. Gasanov A.P. Osnovy teorii i tekhniki formirovaniya i obrabotki signalov akusto-opticheskimi metodami.-B.: ELM, 1999, -55 s.
9. Huan Li , Qiyu Liu , Mo Li. GHz integrated acousto-optics // 2016 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN), 2016. **DOI:** 10.1109/OMN.2016.7565815.
10. Pashayev A.M., Gasanov A.P., Abduragimov K.F. Istochniki sveta dlya akustoopticheskikh prosessorov // Natsionalnaya Akademiya Aviatsii Azerbaydzhana, Uchenyye zapiski, 2007, tom.9. №1. s.35*40.
11. Gasanov R.A. T. Sifrovoy formirovatel piloobraznogo napryazheniya // Alternativnaya energetika i ekologiya, 2009, №7, s.113*116.

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Həsənov Afiq Rəşid oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası

Vəzifəsi: Elmi işlər üzrə prorektor, AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d., professor

Maraq sahəsi: Radiotexnika və radioelektronika

E-mail: afiq.gasanov.51@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 50 512 47 64

Soyadı, adı, atasının adı: Ağayev Elgün Ağamehti oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası, ETİ-üzrə analitik şöbə

Vəzifəsi: elmi işçi, Radioelektronika kafedrasının dissertantı

Maraq sahəsi: Radiotexnika və radioelektronika

E-mail: elgun84@yahoo.com

Əlaqə telefonu: +994 55 491 16 64

Rəyçi: f.-r.f.d., dos. İ.Ə. İsgəndərov

AVIASIYA ELEKTRONİKASI

UOT 621.373.13; 621.373.54

MƏNTİQ SXEMLƏRİ ƏSASINDA QURULMUŞ HƏSSAS ELEMENTLİ
İKİ AVTOGENERATORUN REZONANS TEZLİKLƏRİNİN TƏDQIQI

R.N. Nəbiyev, Q.İ. Qarayev, R.R. Rüstəmov

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə, strateji əhəmiyyətli obyektlərin perimetrlərinin mühafizə-xəbərdarlıq sistemlərində tətbiq edilən diferensial tutum duyğacıları üçün rəqəmsal məntiq elementlərində qurulan iki avtogeneratorun tezlik dəyişmələri, eləcə də onların bir-birinə nəzərən sinxron işləmələri ətraf mühitdən və həssas elementlərin uzunluqlarından asılı olaraq müxtəlif şəraitlərdə tədqiq olunmuşdur. Müxtəlif uzunluqlu həssas elementlər birləşdirilmiş avtogeneratorların rezonans tezliklərinin dəyişmə qiymətlərinin riyazi gözləməsi və dispersiyası hesablanmışdır.

Nəticədə, məlum olmuşdur ki, mühafizə-xəbərdarlıq sistemlərində istifadə edilən diferensial tutum duyğacılarında məntiq elementlərində qurulmuş avtogenerator sxemlərinin tətbiqi mümkündür.

Açar sözlər: mülki aviasiya, aviasiya təhlükəsizliyi, mühafizə-xəbərdarlıq sistemi, diferensial tutum duyğacı, avtogenerator sxemi, rezonans tezliyi, həssas element, dispersiya.

Müasir dövrdə beynəlxalq hava daşımalarına xidmət edən strateji əhəmiyyətli mülki aviasiya obyektlərinin dayanıqlı fəaliyyətinin və mühafizəsinin təmin edilməsi, terrorizmin yeni təzahürlərinə qarşı aviasiya təhlükəsizliyinin təkmilləşdirilməsi, eləcə də bu sahədə beynəlxalq aləmdə dövlətin nüfuzunun qorunması vacib məsələlərdən hesab edilir [1, 2].

Gözlənilən təhlükələrə qarşı vaxtında, dayanıqlı və etibarlı cavab verməsi strateji əhəmiyyətli obyektlərin mühafizə-xəbərdarlıq sistemlərinin inteqrasiya olunma səviyyəsindən asılıdır. Dayanıqlı və etibarlı fəaliyyəti mühafizə-xəbərdarlıq sistemində, ətraf mühitin təsirindən asılı olmayaraq, baş verməsi mümkün olan təhlükələr haqqında ilkin mərhələdə informasiya almağa imkan yaradır [3-5]. Pozucunu (obyekti) ilkin mərhələdə aşkar edən bu sistemlərə inteqrasiya olunan müxtəlif nəzarət konturlarından biri də tutum duyğacılarıdır [6].

Tutum duyğacıları vasitəsilə obyektin (məs., insanın) yaxınlaşmasını nisbətən uzaq məsafədən aşkar etmək mümkündür [7]. Obyektin aşkaredilməsi imkanlarını artırmaq üçün tutum duyğacılarının həssaslıq məsafəsi, ətraf mühitin dəyişməsinə adaptasiya olunması xüsusiyyəti, eləcə də istifadə edilən avtogeneratorların qurulma sxemləri [8, 9], həssas elementlərin (HE-lərin) ölçüləri və quraşdırılma konfigurasiyası kompleks şəkildə tədqiq edilməlidir [10, 11].

Məqalədə məqsəd, tezliklərinin dəyişmə diapazonunu və bir-birinə nəzərən sinxron işləmələrini müxtəlif şəraitlərdə tədqiq etməklə, rəqəmsal məntiq elementlərində qurulmuş iki avtogeneratorun diferensial tutum duyğacılarında tətbiqinin mümkünlüyünü müəyyənləşdirməkdən ibarətdir.

Qoyulan məqsədə çatmaq üçün avtogeneratorların tezlik dəyişmələrinin zamandan və HE-in uzunluğundan asılılığı, eləcə də həssaslıq məsafəsinin HE-lərin uzunluqlarından asılılığı tədqiq edilmişdir.

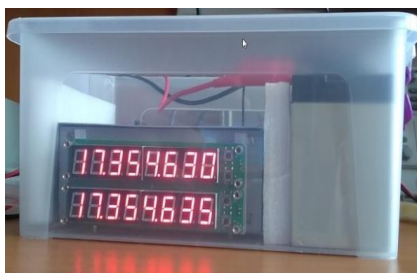
Tədqiqat üçün K155JA3 markalı iki rəqəmsal mikrosxemdən istifadə etməklə bir çap lövhəsi üzərində eyni sxem üzrə iki avtogenerator qurulmuşdur. Hər iki mikrosxemin daxilində yerləşən məntiq elementləri avtogeneratorların sxemlərində simmetrik çarpaz paylanmışdır [9]. Avtogeneratorların sxemləri yerləşdirilmiş metal korpus, real istismar şəraitinə uyğun olaraq bütün təcrübələrdə torpaqlanmışdır [7], təcrübələrin açıq ərazidə yerinə yetirilməsi zamanı yağıntılardan

qorunmaq üçün əlavə olaraq hermetik plastmas qabda yerləşdirilmişdir (şək. 1). Şəkildə tezliyin video-kamera ilə çəkilmiş qeyd olunan qiymətləri görünür.

Təcrübələr Milli Aviasiya Akademiyasının (MAA) və Azəraeronaviqasiya HHİ-nin VOR-DME (VOR - hər tərəfə istiqamətlənmiş azimutal radiomayak; DME - məsafəölçən avadanlıq) sistemi yerləşən obyektinin ərazisində yerinə yetirilmişdir. Təcrübələrdə avtogenetorların tezlikləri, model nömrəsi "SKU00653" olan səkkizrəqəmli iki tezlikölçən cihaz vasitəsilə ölçülmüşdür (şək. 2). Tezlikölçən cihazların dəqiqliyi "GWInstek GOS 620" markalı siqnal generatoru ilə yoxlanılmış və onların yüksək dəqiqliyə malik olduğu müəyyən edilmişdir (1 MHz tezliyi 0,1 Hz dəqiqliklə ölçür) [12]. Sürətli tezlik dəyişmələrini qeydə almaq üçün 250 kadr/san çəkilişə imkan verən GoPro video-kamerasından istifadə edilmişdir.



Şək. 1. Avtogenetorlar metal korpusta və hermetik qabda



Şək. 2. Səkkizrəqəmli tezlikölçən cihaz



Qapalı (metal seyfdə və laboratoriya şəraitində) və açıq yerdə (MAA-nın və VOR-DME sistemi yerləşən obyektin ərazisində) fərqli günlərdə yerinə yetirilmiş təcrübələr aşağıda təsvir edilmişdir. Avtogenetorların tezliyinin zamana görə dəyişmələrini müəyyənləşdirmək üçün tezliklərin dəyişmə diapazonu beş və bir saat müddətlərində tədqiq edilmişdir. Dördü laboratoriyada, biri MAA-nın ərazisində olmaqla, ilk beş təcrübənin hər biri beş saat davam etməklə yerinə yetirilmişdir (cədv. 1).



Cədvəl 1

Avtogenetorların tezlik dəyişmələrinin tədqiqi üçün yerinə yetirilmiş təcrübələr

Təcrübə	Məkan	Antenanın uzunluğu, m	Bir saat inter. ilə beş saat ərzində	Beş dəq. inter. ilə bir saat ərzində	Yaxınlaşma	HE-lərin uz.-na görə tez. dəy.
1	Seyf	-	+	+	-	-
2	Lab.	-	+	+	-	-
3	---	2	+	+	+	-
4	---	5	+	+	+	-
5	MAA-nın ərazisi	10	+	+	+	-
6	VOR-DME nav. sis. ərazisi	2; 5; 6; 10; 20; 30; 40	-	-	-	+
		50	-	+	+	+

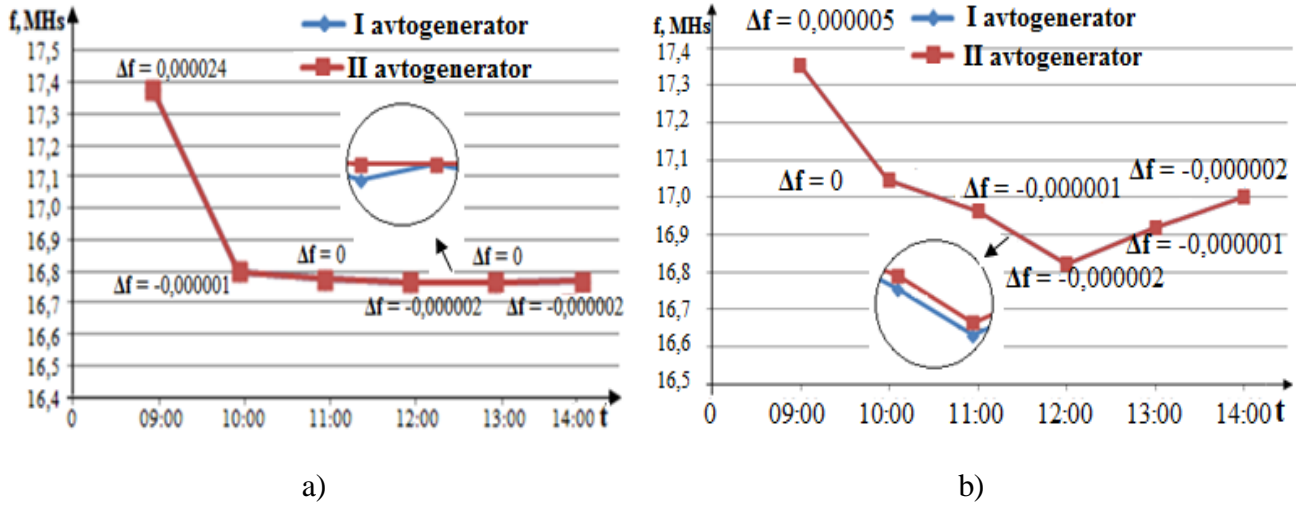
Beş saat davam edən təcrübələr. Bu təcrübələr, tezliklərin qiymətlərini beş saat ərzində bir saat interval ilə qeydə almaqla yerinə yetirilmişdir.

Məxsusi rezonans tezliklərinin dəyişmə diapazonunu müəyyən etmək üçün 1-ci və 2-ci təcrübədə avtogenetorlara HE-lər qoşulmur. Kənar təsirləri aradan qaldırmaq üçün 1-ci təcrübədə onlar metal seyfdə (ekranlanmış halda) yerləşdirilmişdir. Eyni şərtlərlə 2-ci təcrübə, metal seyfdən istifadə etmədən yerinə yetirilmişdir.

Avtogenetorların tezlik dəyişmələrinin 1-ci və 2-ci təcrübəyə uyğun qrafikləri şək. 3, a-da və şək. 3, b-də göstərilmişdir. Qiymətlərinin arasında kiçik fərq olsa da, bəzi şəkillərdə hər iki avtogenetorun ( - I avtogenetorun,  - II avtogenetorun) tezliklərinin qrafikləri üst-

üstə düşür. Şəkillərdə çevrələrin içərisində qrafiklərin bir hissəsinin tezlik oxu istiqamətində böyüdülmüş təsviri verilmişdir.

Qrafiklərdən görünür ki, rezonans tezlikləri aralarındakı fərq zaman keçdikcə azalaraq olduqca kiçik qiymətə, bəzi hallarda isə sifirə bərabər olmuşdur.



Şək. 3. Avtogenetörlərin tezliklərinin dəyişmə qrafikləri: a) laboratoriya şəraitində metal seyfdə, b) laboratoriya şəraitində

İşəduşən anda I və II avtogenetörlərin uyğun olaraq rezonans tezliklərinin qiymətləri: 1-ci təcrübədə, $f_1 = 17,374754$ MHz, $f_2 = 17,374778$ MHz (şək. 3, a), 2-cidə: $f_1 = 17,354630$ MHz, $f_2 = 17,354635$ MHz (şək. 3, b) olmuşdur.

Rezonans tezliklərinə HE-lərin təsirlərini müəyyənləşdirmək üçün 3-cü və 4-cü təcrübələrdə də əvvəlcə avtogenetörlərə HE-lər qoşulmur. Bu halda tezliklərin qeydə alınan qiymətləri uyğun olaraq, 3-cü təcrübədə: $f_1 = 16,615353$ MHz və $f_2 = 16,615354$ MHz; 4-cü təcrübədə: $f_1 = 16,333898$ MHz və $f_2 = 16,333913$ MHz olmuşdur.

Sonra, HE qismində iki naqıl, ayrı-ayrılıqda avtogenetörlərə qoşulur. HE-lərlə yerinə yetirilən bütün təcrübələrdə naqillərin uzunluqları eyni olmuşdur. Naqillər bir-birinə və döşəməyə paralel olmaqla dielektrik materialdan olan dayaqlara bərkidilir. Onların öz aralarındakı məsafə 10 sm, döşəmədən hündürlükləri 1 m, uzunluqları uyğun olaraq, 3-cü təcrübədə 2 m, 4-cüdə 5 m seçilir.

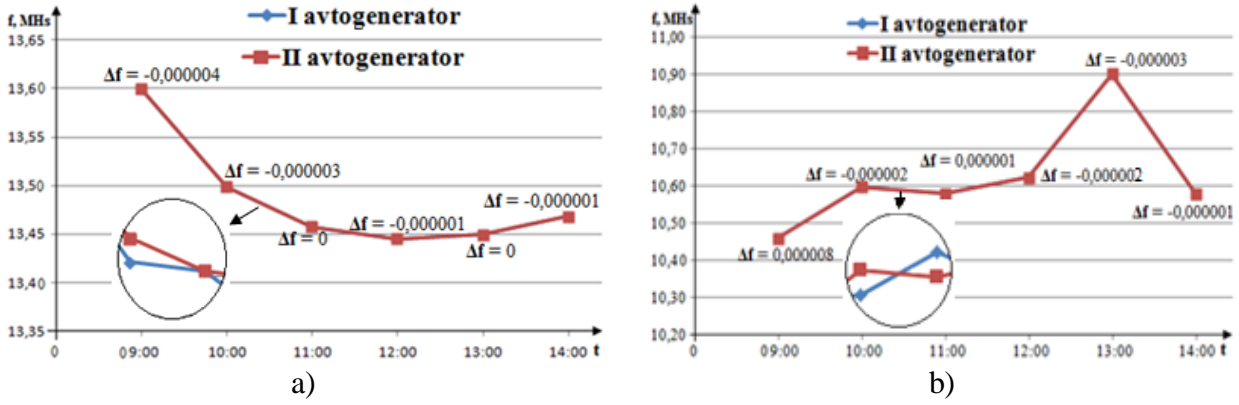
HE-lər qoşduqdan sonra, 3-cü təcrübədə: $f_1 = 13,599993$ MHz və $f_2 = 13,599989$ MHz; 4-cü təcrübədə: $f_1 = 10,459934$ MHz və $f_2 = 10,459942$ MHz olmuşdur. Tezliklərin belə dəyişməsi gözləniləndir - giriş tutumlarına HE-nin tutumunun əlavə olunması avtogenetörlərin tezliklərinin azalmasına səbəb olur [13].

Tezlik dəyişmələrinin 3-cü və 4-cü təcrübələrə uyğun qrafikləri şək. 4, a-da və şək. 4, b-də göstərilmişdir.

İlk dörd təcrübədə I və II avtogenetörlərin rezonans tezliklərinin dəyişməsinin maksimum qiyməti, uyğun olaraq:

- 1-ci təcrübədə, 0,605620 MHz və 0,605646 MHz;
- 2-ci təcrübədə, 0,351823 MHz və 0,351830 MHz;
- 3-cü təcrübədə, 0,131939 MHz və 0,131936 MHz;
- 4-cü təcrübədə, 0,119920 MHz və 0,119911 MHz

təşkil etmişdir.



Şəkil 4. 2 m (a) və 5 m (b) uzunluqlu HE-lər qoşulmuş avtoqeneratorların tezliklərinin dəyişmə qrafikləri

5-ci təcrübə MAA-nın ərazisində yerinə yetirilmişdir. Təcrübə, Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin Mətbuat xidmətinin 05 fevral 2019-cu il tarixli məlumatına əsasən, havanın temperaturu 8°C , atmosfer təzyiqi 775 mm civə sütunu, nisbi rütubət 70-80 % olan mühitdə [14] aparılmışdır. Avtoqeneratorlara HE-lər qismində, hər birinin uzunluğu 10 m olan və bir-birinə, eləcə də Yer səthinə paralel olmaqla dielektrik materialdan dayaqlara bərkidilən iki naqıl qoşulur. Naqillərin öz aralarındakı məsafə və Yerdən hündürlükləri 1 m təşkil edir (şəkil 5). HE-lərin hər biri avtoqeneratorlara 5 m uzunluqlu koaksial kabel vasitəsi ilə qoşulur. Koaksial kablərin ekran örtüyü, onlar avtoqeneratorlara birləşən tərəfdən yerlə birləşdirilir.

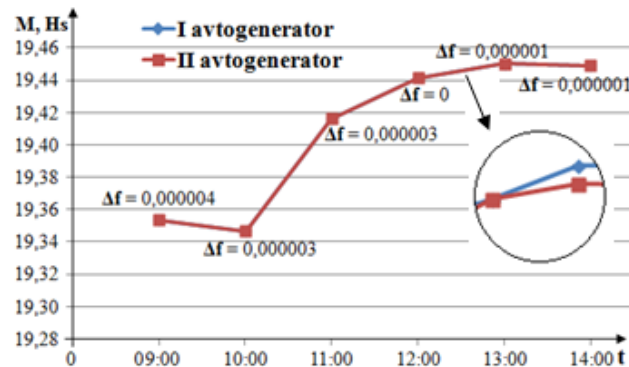


Şəkil 5. Ərazidə yerinə yeririlən təcrübənin fotosəkili

HE-lər qoşulmadığı halda avtoqeneratorların rezonans tezliklərinin qiymətləri uyğun olaraq, $f_1 = 17,709108$ MHzs və $f_2 = 17,709110$ MHzs, HE-lər qoşulduqdan sonra $f_1 = 19,353318$ MHzs və $f_2 = 19,353322$ MHzs olmuşdur. Göründüyü kimi, tezliklərin dəyişməsi gözlənilən əksinə olmuşdur. HE-lər qoşulanda tezliklərin belə dəyişməsi (artması) müxtəlif səbəblərə görə ola bilər.

Məsələn HE, açıq mühitdə antena qismində elektromaqnit dalğalarını qəbul edərək, ümumi giriş tutumunda elektrik yüklərinin toplanması hesabına avtoqeneratorun girişinin potensialını artırır. Bu da, avtoqeneratorun tezliyinin artmasına səbəb olan, ümumi giriş tutumunun effektiv qiymətinin azalmasına ekvivalentdir. Bir avtoqenerator sxemi üçün ümumi giriş tutumu avtoqeneratorun girişinin, koaksial kabelin və HE-nin tutumları ilə müəyyən olunur. Aşağıda qeyd edilmiş, naviqasiya ərazisində yerinə yetirilən təcrübələrdə HE-in uzunluğu 6 m olanda avtoqeneratorun tezliyinin HE-siz olan qiymətdən yüksək olması halının təkrarlanması, bu halın rezonans hadisəsi ilə bağlı olduğunu göstərir. Bu işə tədqiqat obyektinə aid olmadığı üçün, onun təhlili aparılmamışdır.

HE-lər qoşulduqdan sonra tezlik dəyişmələrinin qrafikləri şəkil 6-da göstərilmişdir. Qrafiklərdən göründüyü kimi, beş saat ərzində davam edən təcrübədə tezliklərin son qiymətləri, başlanğıc qiymətlərə nəzərən I avtoqeneratorada $0,095692$ MHzs, II avtoqeneratorada isə $0,095689$ MHzs artmışdır. Tezliklərin fərqi müxtəlif saatlarda olduqca kiçik qiymətə çatmış, maksimum fərq (saat 09:00-da) $0,000004$ MHzs-ə bərabər olmuşdur.



Şək. 6. 10 m uzunluqlu HE-lər qoşulmuş avtogenetrların beş saat ərzində tezliklərinin dəyişməsi

Bütün təcrübələrdə, avtogenetrların rezonans tezliklərinin qeydə alınan qiymətləri təsadüfi xarakterli olmuşdur. Qeydə alınan qiymətlərin müqayisəsi göstərir ki, təcrübələrin başlanğıcında (09:00) avtogenetrların rezonans tezlikləri arasında olan fərq: 1-ci təcrübədə, $\Delta f = 0,000024$ MHz; 2-cidə, $\Delta f = 0,000005$ MHz; 3-cüdə, $\Delta f = -0,000004$ MHz; 4-cüdə, $\Delta f = 0,000008$ MHz; 5-cidə, $\Delta f = 0,000004$ MHz digər saatlarda yaranan fərqlərdən çoxdur. Bu qiymətləri, təcrübələrin başlanğıcında duyğacın işə düşməsi zamanı əmələ gələn kobud xəta [15] hesab edərək nəzərə almamaq mümkündür. Başlanğıc qiymətləri nəzərə alınmadan, yerinə yetirilən beş təcrübə zamanı Δf təsadüfi kəmiyyətlərinin beş saat ərzində mümkün qiymətlərinin riyazi gözləməsinin, dispersiyasının və orta kvadratik meylinin hesablanmış qiymətləri cədvəldə verilmişdir (cədv. 2):

Cədvəl 2

Δf təsadüfi kəmiyyətlərinin riyazi gözləməsinin, dispersiyasının və orta kvadratik meylinin qiymətləri

№	$M_N(\Delta f)$	$D_N(\Delta f)$	$\sigma_N(\Delta f)$
1	-10^{-6}	$8 \cdot 10^{-13}$	$89 \cdot 10^{-7}$
2	$-1,2 \cdot 10^{-6}$	$5,6 \cdot 10^{-13}$	$7,48 \cdot 10^{-7}$
3	-10^{-6}	$12 \cdot 10^{-13}$	$10,95 \cdot 10^{-7}$
4	$-1,4 \cdot 10^{-6}$	$18,4 \cdot 10^{-13}$	$13,56 \cdot 10^{-7}$
5	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$14,4 \cdot 10^{-13}$	$120 \cdot 10^{-7}$

Bir saat davam edən təcrübələr. Bu təcrübələrdə tezliklərin qiymətləri bir saat ərzində beş dəqiqə interval ilə qeydə alınmışdır. Bütün şərtlər beş saat ərzində yerinə yetirilən təcrübələrdə olduğu kimi qalmışdır. Əlavə olaraq bir təcrübə, meteoroloji radiolokator obyektinin ərazisində 50 m uzunluqlu naqillər vasitəsi ilə yerinə yetirilmişdir.

Avtogenetrların tezlik dəyişmələrinin **1-ci və 2-ci təcrübələrə** uyğun qrafikləri şəkildə göstərilmişdir (şək. 7, a və şək. 7, b).

Qrafiklərdən görüldüyü kimi, avtogenetrların rezonans tezlikləri bir saat ərzində təqribən bərabər şəkildə azalır (şək. 7). Tezliklərin qiymətləri arasında fərq əhəmiyyətli dərəcədə azdır ($\Delta f \leq 0,000003$ MHz). Bu fərq hətta, $\Delta f = 0,000001$ MHz-ə bərabər olmuşdur.

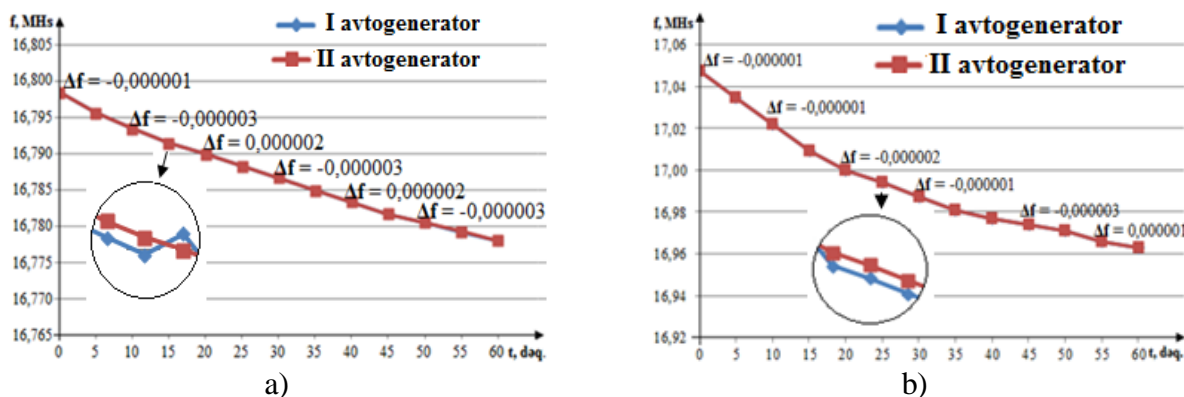
3-cü və 4-cü təcrübələrdən avtogenetrların tezlik dəyişmələrinin qrafikləri şəkildə göstərilmişdir (şək. 8, a və şək. 8, b).

Qrafiklərdən görüldüyü kimi avtogenetrların rezonans tezlikləri zamana görə dəyişir. Qiymətlərin müqayisəsindən görünür ki, avtogenetrların rezonans tezliklərinin qiymətləri arasında olan fərq əhəmiyyətli dərəcədə azdır, yəni 3-cü təcrübədə $\Delta f \leq 0,000002$ MHz, 4-cüdə $\Delta f \leq 0,000003$ MHz olmuşdur (şək. 8, a və şək. 8, b). Bu fərq hətta, bəzi hallarda sifira bərabər olmuşdur.

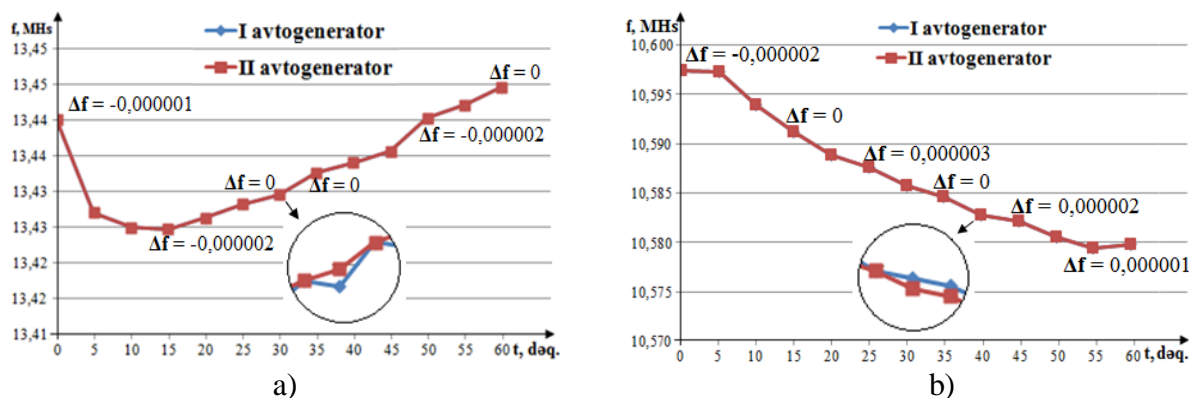
Bir saat ərzində tezliklərin qiymətlərinin zamana görə dreyfi:

3-cü təcrübədə, I avtogenetrlar üçün, $\Delta f_{ZI} = \pm 0,009965$ MHz ($13,429734$ MHz \div $13,449664$ MHz); II avtogenetrlar üçün, $\Delta f_{ZII} = \pm 0,009966$ MHz ($13,429732$ MHz \div $13,449664$ MHz);

4-cü təcrübədə, I avtoqenerator üçün, $\Delta f_{zI} = \pm 0,0090275$ MHzs ($10,579381$ MHzs÷ $10,597436$ MHzs); II avtoqenerator üçün, $\Delta f_{zII} = \pm 0,009026$ MHzs ($10,579382$ MHzs÷ $10,597434$ MHzs) olmuşdur. Δf_z -in dəyişmə diapazonu ölçü sisteminin diskretlik dərəcəsinə müəyyən edir.



Şəkil 7. HE-siz avtoqeneratorların rezonans tezliklərinin bir saat ərzində dəyişmə qrafikləri: a) seyfədə, b) otaqda



Şəkil 8. 2 m (a) və 5 m (b) uzunluqlu HE-lər qoşulmuş avtoqeneratorların 1 saat ərzində rezonans tezliklərinin dəyişmə qrafikləri

5-ci və 6-cı təcrübələrdən avtoqeneratorların tezlik dəyişmələrinin qrafikləri uyğun olaraq, şəkil 9, a-da və şəkil 9, b-də göstərilmişdir.

Qiymətlərin müqayisəsindən görünür ki, tezliklər arasında fərq əhəmiyyətli dərəcədə azdır, yəni 5-ci təcrübədə $\Delta f \leq 0,000003$ MHzs (şəkil 9, a), 6-cı təcrübədə $\Delta f \leq 0,000004$ MHzs (şəkil 9, b), yarım saat sonra bu fərq hər iki təcrübədə sıfıra bərabər olmuşdur. Qrafiklərdən görüldüyü kimi, avtoqeneratorların rezonans tezlikləri eyni formada dəyişir.

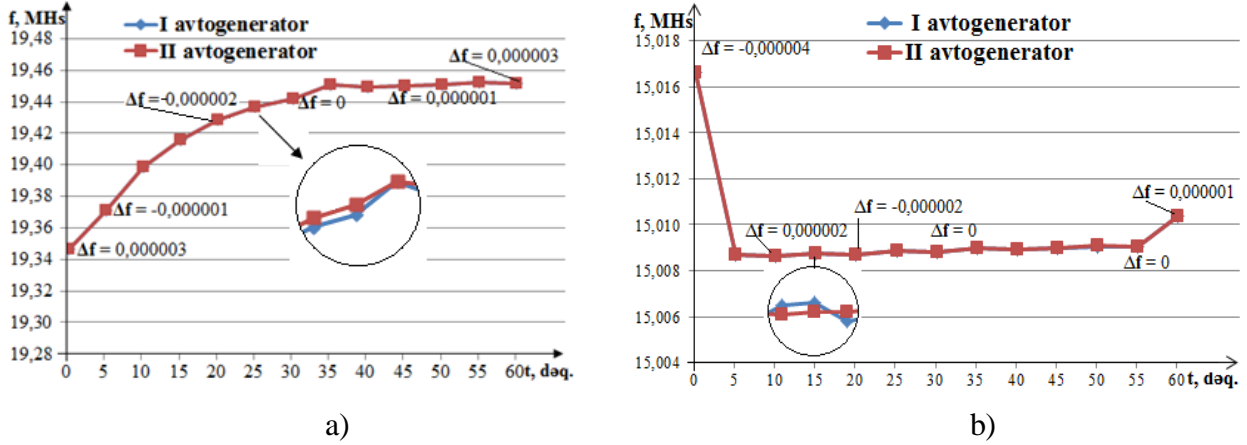
Şəkil 9, a-ya diqqət yetirsək görürük ki, avtoqenerator işə düşən andan rezonans tezliklər hər iki avtoqeneratorda otuz beş dəqiqə ərzində artmış, otuz beşinci dəqiqədən saatın sonuna kimi çox kiçik fərqlə həm azalma, həm də artma istiqamətində dəyişmişdir. Bir saat ərzində rezonans tezliklər hər iki avtoqeneratorda $0,105322$ MHzs artmışdır.

Şəkil 9, b-də avtoqenerator işə düşən andan beş dəqiqə ərzində rezonans tezliklər hər iki avtoqeneratorda azalmış, əlli beşinci dəqiqəyə kimi çox kiçik fərqlə həm azalma, həm də artma istiqamətində dəyişmiş, saatın sonunda isə artmışdır. Bir saat ərzində davam edən təcrübədə tezliklərin son qiymətləri, başlanğıc qiymətlərə nəzərən I və II avtoqeneratorlarda uyğun olaraq, $0,006271$ MHzs, II avtoqeneratorda isə $0,006266$ MHzs azalmışdır.

Bir saat ərzində avtoqeneratorların rezonans tezlik dəyişmələrinin maksimum qiyməti, I avtoqenerator üçün $\Delta f_{zI} = \pm 0,052964$ MHzs ($19,346528$ MHzs ÷ $19,452456$ MHzs), II avtoqenerator üçün $\Delta f_{zII} = \pm 0,0529635$ MHzs ($19,346531$ MHzs ÷ $19,452458$ MHzs) olmuşdur (şəkil 9, a).

Bir saat ərzində avtoqeneratorların rezonans tezlik dəyişmələrinin maksimum qiyməti, I avtoqenerator üçün $\Delta f_{zI} = \pm 0,004001$ MHzs ($15,008618$ ÷ $15,016619$ MHzs), II avtoqenerator üçün $\Delta f_{zII} = \pm 0,003998$ MHzs ($15,008620$ ÷ $15,016615$ MHzs) olmuşdur (şəkil 9, b).

Tezlik dəyişmələrinin HE-lərin uzunluqlarından asılılığı (cədv. 1, təcrübə 6). Tezlik dəyişmələrinin HE-in uzunluğundan asılılığı üç gün ərzində cədv. 3-də göstərilən mühitdə tədqiq edilmişdir.



Şəkl. 9. 10 m (a) və 50 m (b) uzunluqlu HE-lər qoşulmuş avtogeneratorların 1 saat ərzində rezonans tezliklərinin dəyişmə qrafikləri

Tədqiqat zamanı 2 m, 5 m, 6 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m və 50 m uzunluqlu HE-lərdən, duyğacın korpusunu torpaqlamaq üçün 4,5 m uzunluqlu mis məftildən istifadə olunmuşdur. HE-lər, avtogeneratorların hər birinə ayrı-ayrılıqda birbaşa birləşdirilmişdir. Təcrübələr naviqasiya obyektinin ərazisində yerinə yetirilmişdir (şəkl. 10).



Şəkl. 10. VOR-DME radiolokator obyektinin ərazisində qoyulmuş təcrübə: a) arxadan, b) yandan görünüş

Cədvəl 3

Təcrübələrin yerinə yetirildiyi üç gündə hava şəraiti

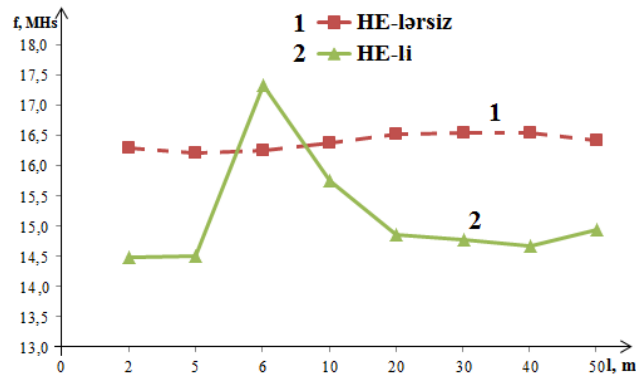
Günlər	Havanın temperaturu, (°C)	Atmosfer təzyiqi, (mm c.st.)	Rütubətlik, (%)	Mənbə
I	22-24	750-758	50-60	[16]
II	21-23	761	45-50	[17]
III	26-28	757	45-50	[18]

İşə salındıqda hər iki avtogeneratorun tezlikləri, həssas elementlərsiz və torpaqlanmasız 17,12 MHz, 60 san keçəndən sonra 17,01 MHz, torpaqlanma olduqda 16,82 MHz olmuşdur.

HE-lərin uzunluqlarından asılı olaraq üç fərqli gündə qeydə alınmış tezlik dəyişmələrinin orta qiymətlərinin qrafik təsvirləri şəkl. 11-də verilmişdir. 0,01 MHz dəqiqliklə təkrarlandığı üçün hər iki avtogeneratorun tezlikləri şəkildə bir əyri ilə göstərilmişdir.

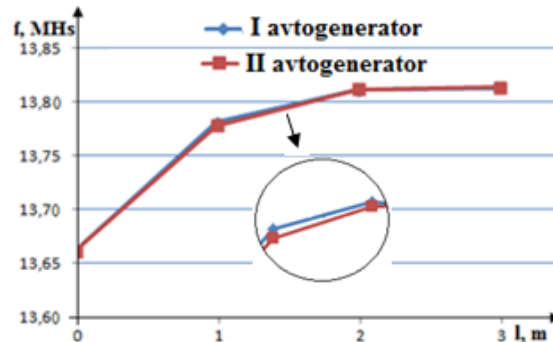
Şəkildən görüldüyü kimi, HE-lərsiz hər iki avtogeneratorun tezlikləri 16,5 MHz ətrafında ±0,5 MHz-dən kiçik qiymətlərlə dəyişir (şəkl. 11, 1-ci əyri).

6 və 10 m istisna olmaqla, HE-lərin qalan bütün uzunluqlarında hər iki avtogenatorun tezlikləri 14,5 MHS ətrafında dəyişir. Burada, HE-in uzunluğu 6 m olan hal xüsusilik təşkil edir.



Şək. 11. HE-lərin uzunluqlarından asılı olaraq avtogenatorların tezliklərinin üç fərqli gündə dəyişməsinin orta qiymətlərinə uyğun qrafik təsvirlər

Bu halda, üç fərqli gündə yerinə yetirilən bütün təcrübələrdə hər iki avtogenatorun tezliklərinin HE-siz hala nisbətən yüksək olması təkrarlanmış və uyğun olaraq, $f_{1or} = 17,345066$ MHS və $f_{2or} = 17,345066$ MHS olmuşdur (şək. 11, 2-ci əyri).



Şək. 12. 2 m uzunluqlu HE-lərə insanın yaxınlaşması zamanı avtogenatorların tezliklərinin dəyişməsi

Yaxınlaşma ilə yerinə yetirilən təcrübələr. Tutum duyğacının həssaslıq məsafəsinin HE-lərin uzunluqlarından asılılığı tədqiq edilmişdir. Bunun üçün 2 m, 5 m, 10 m və 50 m uzunluqlu HE-lərə m çəkili (93 kq - ölçmələri aparən tədqiqatçının çəkisidir) insan yaxınlaşanda avtogenatorların tezlik dəyişmələri qeyd edilmişdir.

Cəd. 1, təcrübə 3, yaxınlaşma. Təcrübələr laboratoriya şəraitində yerinə yetirilir. Avtogenatorlara HE-lər qismində hər birinin uzunluğu 2 m olan, eləcə də bir-birinə və döşəməyə paralel iki naqıl birləşdirilir. Naqillər dielektrik dirəklərə bərkidilir, onların bir-birindən olan məsafəsi 10 sm, döşəmədən hündürlüyü 1 m təşkil edir.

Tədqiqat zamanı yaxınlaşma, 3 m məsafədən başlayaraq HE-nin orta nöqtəsinə perpendikulyar istiqamətdə yerinə yetirilmiş və hər metr ($L = 3; 2; 1; 0$ m) yaxınlaşmada tezliyin qiyməti qeydə alınmışdır (cəd. 4). $L = 0$ insanın HE-yə toxunduğu qiymətdir.

Tezlik dəyişmələrinin qrafikləri şək. 12-də göstərilmişdir. Qrafiklərdən görünür ki, insanın HE-lərə yaxınlaşması zamanı avtogenatorların rezonans tezlikləri hər dəfə azalma istiqamətində dəyişir.

İnsanın HE-dən sıfır (toxunduğu hal) və 3 m məsafədə olduğu anlarda rezonans tezliklərinin fərqi (Δf_{ob}), I avtogenator üçün $\Delta f_{ob} = 0,151298$ MHS, II avtogenator üçün $\Delta f_{ob} = 0,152476$ MHS təşkil edir.

Cədvəl 4

2 m uzunluqlu HE-yə yaxınlaşma zamanı avtogeneratorların tezliklərinin qiymətləri

I (m)	I avtogenerator, f_1 (MHs)	II avtogenerator, f_2 (MHs)
0	13,661799	13,661016
1	13,781477	13,778263
2	13,811120	13,811674
3	13,813097	13,813492

Cədv. 1, təcrübə 4, yaxınlaşma. HE-nin uzunluğu 5 m seçilmişdir. Tədqiqat zamanı 3 m məsafədən başlayaraq, perpendikulyar istiqamətdə HE-yə üç fərqli nöqtədən (I halda, avtogeneratorlara qoşulduğu hissədən; II halda, orta hissədən; III halda, uc hissədən) yaxınlaşma yerinə yetirilmiş və tezliklərin qiymətləri bütün hallarda hər metr yaxınlaşmada qeydə alınmışdır (cədv. 5).

Cədvəl 5

5 m uzunluqlu HE-yə yaxınlaşma zamanı avtogeneratorların tezliklərinin qiymətləri

I (m)	I avtogenerator, f_1 (MHs)			II avtogenerator, f_2 (MHs)		
	I hal	II hal	III hal	I hal	II hal	III hal
0	11,238468	11,207155	11,209304	11,238467	11,207335	11,209322
1	11,240973	11,238147	11,238210	11,240965	11,238169	11,238253
2	11,241044	11,241434	11,242047	11,241045	11,241435	11,242048
3	11,241095	11,241639	11,242341	11,241093	11,241640	11,242341

Obyektin yaxınlaşması zamanı HE-ə toxunma anına nəzərən tezliyin dəyişməsi:

I avtogenerator

I halda $\Delta f_{ob} = 0,002627$ MHs

II halda $\Delta f_{ob} = 0,034484$ MHs

III halda $\Delta f_{ob} = 0,033037$ MHs

təşkil edir.

II avtogenerator

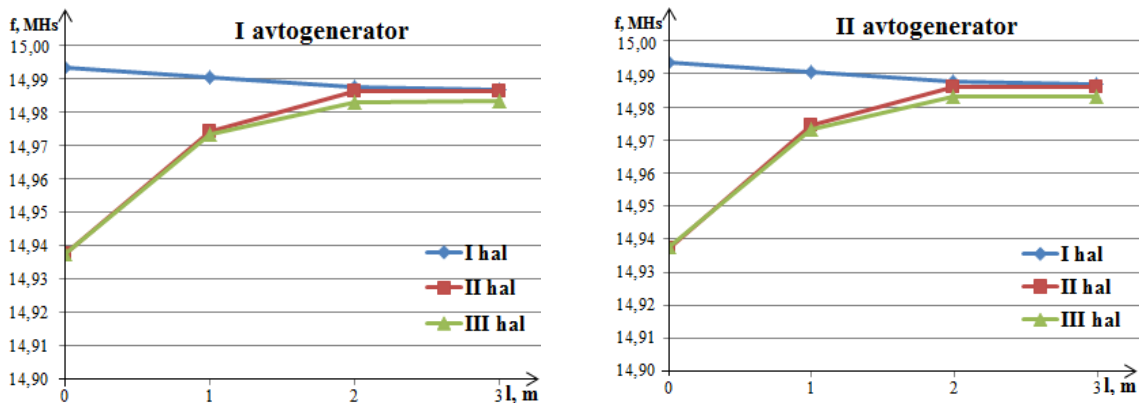
I halda $\Delta f_{ob} = 0,002626$ MHs

II halda $\Delta f_{ob} = 0,034305$ MHs

III halda $\Delta f_{ob} = 0,033019$ MHs

Tezlik dəyişmələrinin qrafikləri şəkl. 13-də göstərilmişdir. Göründüyü kimi, HE-lərə yaxınlaşma zamanı avtogeneratorların rezonans tezlikləri eyni tərzdə, I halda artma, II və III hallarda isə azalma istiqamətində dəyişir.

Həssas elementinin uzunluğu 50 m olan avtogeneratorların rezonans tezliyinin qiymətinin zamana görə dreyfini ($\Delta f_{zI} = \pm 0,004001$ MHs və $\Delta f_{zII} = \pm 0,003998$ MHs) nəzərə alsaq, n_{δ} ölçülən parametrlərin diskretliyinin qiyməti I avtogenerator üçün I halda $n_{\delta} \approx 2$, II halda $n_{\delta} \approx 12$, III halda $n_{\delta} \approx 11$, II avtogenerator üçün I halda $n_{\delta} \approx 2$, II halda $n_{\delta} \approx 12$, III halda $n_{\delta} \approx 11$ olur ki, bu da yaxınlaşan obyektin çəkisini 3 m-dən çox məsafədən müəyyənləşdirməyə imkan verir.



Şəkl. 13. Rezonans tezliklərinin avtogeneratorlara qoşulmuş 50 m uzunluqlu HE-lərə insanın yaxınlaşma məsafəsindən asılılığı

NƏTİCƏ

Çəkisi 93 kq olan insan 3 m məsafədən perpendikulyar şəkildə həssas elementlərə yaxınlaşarkən bütün hallarda avtogeneratorların tezliklərinin dəyişməsi baş vermişdir. Bu dəyişmələr, həssas elementlərin uzunluğu:

- 2 m oduqda - I avtogenerator üçün $\Delta f_{ob} = 0,151298$ MHz; II avtogenerator üçün $\Delta f_{ob} = 0,152476$ MHz;

- 5 m olduqda - I avtogeneratorunda I halda $\Delta f_{ob} = 0,002627$ MHz, II halda $\Delta f_{ob} = 0,034484$ MHz, III halda $\Delta f_{ob} = 0,033037$ MHz; II avtogeneratorunda I halda $\Delta f_{ob} = 0,002626$ MHz, II halda $\Delta f_{ob} = 0,034305$ MHz, III halda $\Delta f_{ob} = 0,033019$ MHz;

- 10 m HE-lərə 5 m uzunluqlu koaksial kabellər birləşdirildikdə - I avtogeneratorunda I halda $\Delta f_{ob} = 0,041996$ MHz, II halda $\Delta f_{ob} = 0,003452$ MHz, III halda $\Delta f_{ob} = 0,02788$ MHz; II avtogeneratorunda I halda $\Delta f_{ob} = 0,042017$ MHz, II halda $\Delta f_{ob} = 0,003455$ MHz, III halda $\Delta f_{ob} = 0,027876$ MHz təşkil edir.

Həssas elementinin uzunluğu 2 m olan avtogeneratorların rezonans tezliyinin qiymətinin laboratoriya şəraitində zamana görə dreyfini ($\Delta f_{zI} = \pm 0,009965$ MHz və $\Delta f_{zII} = \pm 0,009966$ MHz) nəzərə alsaq, n_0 ölçülən parametrlərin diskretliyinin qiyməti hər iki avtogeneratorunda $n_0 = 15$ olur ki, bu da yaxınlaşan obyektin çəkisini müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Həssas elementlərin uzunluğu 50 m olanda avtogeneratorların rezonans tezlik qiymətlərinin zamana görə dreyfini ($\Delta f_{zI} = \pm 0,004001$ MHz və $\Delta f_{zII} = \pm 0,003998$ MHz) nəzərə alsaq, n_0 ölçülən parametrlərin diskretliyinin qiyməti hər iki avtogenerator üçün I halda $n_0 \approx 2$, II halda $n_0 \approx 12$, III halda $n_0 \approx 11$ olur ki, bu da yaxınlaşan obyektin çəkisini 3 m-dən çox məsafədən müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Yerinə yetirilən təcrübələrdə Δf təsadüfi kəmiyyətlərinin dispersiyalarının ($D_1(\Delta f) = 8 \cdot 10^{-13}$; $D_2(\Delta f) = 5,6 \cdot 10^{-13}$; $D_3(\Delta f) = 12 \cdot 10^{-13}$ $D_4(\Delta f) = 18,4 \cdot 10^{-13}$ və $D_5(\Delta f) = 14,4 \cdot 10^{-13}$) müqayisəsindən görünür ki, 2-ci təcrübədə hesablanmış dispersiyanın qiyməti digərlərindən çox kiçikdir, 4-cü təcrübədə hesablanmış dispersiya ilə 2-ci arasındakı nisbət ($D_4(\Delta f) / D_2(\Delta f) \approx 3,3 \cdot 10^{-13}$) təxminən 3-ə bərabərdir. Bu da onu göstərir ki, avtogeneratorların 2-ci təcrübədə göstərilən təcrübə üzrə tədqiqi zamanı tezliklərin bir-birinə daha çox sinxron şəkildə dəyişilməsi baş verir.

Həssas elementlərin uzunluqlarından asılı olaraq rezonans tezliklərin dəyişmələrinə diq-qət yetirdikdə görürük ki, avtogeneratorların tezliklərinin ən kiçik qiymətləri həssas elementlərin uzunluqları 2 m olduqda ($f_{1or} = 14,479189$ MHz və $f_{1o2} = 14,479186$ MHz) qeydə alınmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, hər iki avtogeneratorunda rezonans tezliklərin qiymətləri həssas elementlər olmayan qiymətlərdən kiçik, lakin həssas elementlərin uzunluqları 6 m olduqda böyük ($f_{1or} = 17,345066$ MHz və $f_{1o2} = 17,345066$ MHz) olmuşdur.

Təcrübələrin nəticələri göstərir ki, bütün hallarda hər iki avtogeneratorun rezonans tezlikləri zamandan asılı olaraq hər iki istiqamətdə (artma və ya azalma) kiçik fərqlə təqribən bərabər şəkildə dəyişir. Rezonans tezliklərin fərqi zaman keçdikcə azalaraq olduqca kiçik qiymətə, hətta sifra bərabər olur. Bütün təcrübələrdə, avtogeneratorların rezonans tezliklərinin qeydə alınan qiymətləri təsadüfi xarakter daşıyır. Uzunluqları 6 m-ə qədər olanda HE-lər avtogeneratorlara toplanmış parametrlə, 6 m-dən böyük uzunluqlarda isə paylanmış parametrlə (uzun xətt) tutumlar kimi qoşulur.

Beləliklə, göstərilən xüsusiyyətləri və yaxınlaşmaların təcrübələrdən alınan nəticələrinə əsaslanaraq qeyd etmək olar ki, obyektlərin perimetrələrinin mühafizə-xəbərdarlıq sistemlərində istifadə edilən diferensial tutum duyğacılarında məntiq elementlərində qurulmuş avtogenerator sxemlərinin tətbiqi mümkündür. Bu zaman, həssas elementlərin uzunluqlarından asılı olmayaraq diferensial tutum duyğacılarının ətraf mühitin dəyişməsinə adaptasiya olunması avtomatik yerinə yetirilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Энциклопедия безопасности авиации // Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий и др.; Под ред. Н.С. Кулика. - К. Техника, 2008. - 1000 с.; ил. - Библиогр.; с. 977-999.

2. Приложение 17 к Конвенции о международной гражданской авиации // Безопасность. Защита международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства. 2017, № 10.
3. Пашаев А.М., Набиев Р.Н., Нагиев Н.Т., Велиева Г.Д., Рустамов Р.Р. Особенности проектирования автоматизированного дистанционного охранного комплекса // Вопросы безопасности. 2018, № 1. С.32-51.
4. Paşayev A.M., Nəbiyev R.N., Ramazanov K.Ş., Rüstəmov R.R. Avtomatlaşdırılmış mühafizə-xəbərdarlıq sisteminin etibarlılığının qiymətləndirilməsi // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2018, №2. səh. 11-27.
5. Торокин, А.А. Инженерно-техническая защита информации: учеб. пособие / А.А. Торокин. - М.: Гелиос АРВ, 2005, 960 с.
6. Набиев Р.Н., Велиева Г.Дж., Рустамов Р.Р. Интегрированная дистанционная система охраны и особенности её создания // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. 2017, №1(19). С. 27-31.
7. Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Ramazanov K.Ş., Rüstəmov R.R. LC-generatorunun tezliyinin onun həssas elementinə yaxınlaşma məsafəsindən asılılığı // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2018, №1. səh. 28-41.
8. Набиев Р.Н., Гараев Г.И., Рустамов Р.Р. Сравнительный анализ электрических схем ёмкостных датчиков // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017, № 3 (188). С. 51-64.
9. Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Rüstəmov R.R. Tutum duyğacıları üçün avtogenenerator sxemlərinin tədqiqi // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2019, 21 №2. səh. 26-33.
10. Исследование уединенной емкости и индуктивности прямого провода толщиной d=1 мм и длиной 1.40 м. <http://electricaleather.com/d/358095/d/issledovanie-uedinennoy-emkosti-i-induktivnosti.pdf>.
11. Галков А., Хомутов О., Якунин А. Ёмкостная адаптивная охранная система, патент РФ № 2297671 (С2), с приоритетом от 23. 06. 2005 г. - Бюллетень «Изобретения. Полезные модели». 2007, № 11.
12. Осциллограф GW Instek GOS-620. <https://www.geo-ndt.ru/pribor-11745-oscillograf-gw-instek-gos-620.htm>
13. Ершов М. Ёмкостной датчик // Радио. 2004, №3. стр. 40-42.
14. <http://hafta.az/index2.php?m=yazi&id=230810>.
15. Məlikov T.Q. Kəbud xətlər // Müşahidə nəticələrinin riyazi araşdırılması. 2006, səh. 35-36.
16. <https://report.az/ekologiya/sabaha-yagis-yagacaq-simsek-caxacaq>.
17. <https://news.milli.az/society/752377.html>.
18. <http://eco.gov.az/az/xeberler/9-mayda-gozlenilen-hava-seraiti-9396>.

REFERENCES

1. Entsiklopediya bezopasnosti aviatsii // N.S. Kulik, V.P. Kharchenko, M.G. Lutskiy i dr.; Pod red. N.S. Kulika. - K. Tekhnika, 2008. - 1000 s.; il. - Bibliogr.; s. 977-999.
2. Prilozheniye 17 k Konventsii o mezhdunarodnoy grazhdanskoy aviatsii // Bezopasnost'. Zashchita mezhdunarodnoy grazhdanskoy aviatsii ot aktov nezakonnoy vmeshatel'stva. 2017, № 10.
3. Pashayev A.M., Nabyeyev R.N., Nagiyeu N.T., Veliyeva G.D., Rustamov R.R. Osobennosti proyektirovaniya avtomatizirovannogo distantsionnogo okhrannogo kompleksa // Voprosy bezopasnosti. 2018, № 1. S.32-51.
4. Paşayev A.M., Nəbiyev R.N., Ramazanov K.Ş., Rüstəmov R.R. Avtomatlaşdırılmış mühafizə-xəbərdarlıq sisteminin etibarlılığının qiymətləndirilməsi // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2018, №2. səh. 11-27.
5. Torokin, A. A. Inzhenerno-tekhnicheskaya zashchita informatsii: ucheb. posobiye / A.A. Torokin. - M.: Gelios ARV, 2005, 960 s.

6. Nabiyev R.N., Veliyeva G.Dzh., Rustamov R.R. Integrirovannaya distantsionnaya sistema okhrany i osobennosti yeyo sozdaniya // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. 2017, №1(19). S. 27-31.
7. Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Ramazanov K.Ş., Rüstəmov R.R. LC-generatorunun tezliyinin onun həssas elementinə yaxınlaşma məsafəsindən asılılığı // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2018, №1. səh. 28-41.
8. Nabiyev R.N., Garayev G.I., Rustamov R.R. Sravnitel'nyy analiz elektricheskikh skhem yomkostnykh datchikov // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki. 2017, № 3 (188). S. 51-64.
9. Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ., Rüstəmov R.R. Tutum duyğacları üçün avtogenerator sxemlərinin tədqiqi // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2019, 21 №2. səh. 26-33.
10. Issledovaniye uedinennoy yemkosti i induktivnosti pryamogo provoda tolshchinoy d=1 mm i dlinoy 1.40 m. <http://electricaleather.com/d/358095/d/issledovanie-uedinennoy-emkosti-i-induktivnosti.pdf>.
11. Galkov A., Khomutov O., Yakunin A. Yemkostnaya adaptivnaya okhrannaya sistema, patent RF № 2297671 (S2), s prioritetom ot 23. 06. 2005 g. - Byulleten' «Izobreteniya. Poleznyye modeli». 2007, № 11.
12. Ostsilloqraf GW Instek GOS-620. <https://www.geo-ndt.ru/pribor-11745-oscilloqraf-gw-instek-gos-620.htm>
13. Yershov M. Yemkostnoy datchik // Radio. 2004, №3. str. 40-42.
14. <http://hafta.az/index2.php?m=yazi&id=230810>.
15. Məlikov T.Q. Kobud xətlər // Müşahidə nəticələrinin riyazi araşdırılması. 2006, səh. 35-36.
16. <https://report.az/ekologiya/sabaha-yagis-yagacaq-simsek-caxacaq/>.
17. <https://news.milli.az/society/752377.html>.
18. <http://eco.gov.az/az/xeberler/9-mayda-gozlenilen-hava-seraiti-9396>.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ДВУХ АВТОГЕНЕРАТОРОВ,
ПОСТРОЕННЫХ НА ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ С ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ
ЭЛЕМЕНТАМИ**

Р.Н. Набиев, Г.И. Гараев, Р.Р. Рустамов

В статье исследуются изменения частоты, а также синхронная работа относительно друг друга двух автогенераторов, построенных на цифровых логических схемах для дифференциально-ёмкостных датчиков, используемых в охранно-оповестительных системах по периметру стратегически важных объектов, в зависимости от длины чувствительных элементов и при разных условиях окружающей среды. Рассчитано математическое ожидание и дисперсия изменений резонансных частот генераторов с различной длиной чувствительных элементов.

В результате была обнаружена возможность применения схемы автогенератора, построенного на логических элементах в дифференциальных датчиках, используемых в системах охранно-оповестительных.

Ключевые слова: гражданская авиация, авиационная безопасность, охранно-оповестительная система, дифференциально-ёмкостной датчик, схема автогенератора, резонансная частота, чувствительный элемент, дисперсия.

**THE INVESTIGATION OF RESONANT FREQUENCIES OF TWO
AUTOGENERATORS WITH SENSITIVE ELEMENTS, BUILT ON LOGIC CIRCUITS**

R.N. Nabiyev, G.I. Garayev, R.R. Rustamov

The article studies the frequency changes as well as synchronous operation of two auto oscillators relative to each other, built on digital logic circuits for differential capacitive sensors used in security and warning systems in the perimeters of strategically important objects, depending on the length of sensitive elements and under different environmental circumstances. The

math expectation and variance of changes in the resonant frequencies of sensitive elements have been calculated.

As a result, it has been found that the auto-generator circuits built on logic circuits in differential sensors used in the security-warning systems of the territories are applicable.

Keywords: *civil aviation, aviation security, guarding-warning system, differential capacitive sensor, autogenerator circuit, resonant frequency, sensitive element, dispersion.*

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Nəbiyev Rasim Nəsim oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası, ETNAPİ

Vəzifəsi: Aviasiya elektronikasısı şöbəsinin rəisi, t.e.d., professor

Maraq sahəsi: Aviasiya texnikası; aeronaviqasiya, cihazqayırma, elektronika

E-mail: nabiyevrasim@gmail.com

Əlaqə telefonu: +994 55 754 76 46

Soyadı, adı, atasının adı: Qarayev Qədir İsxan oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası, ETNAPİ

Vəzifəsi: Aviasiya elektronikasısı şöbəsinin böyük elmi işçisi, t.f.d.

Maraq sahəsi: Aviasiya texnikası; aeronaviqasiya, cihazqayırma, elektronika

E-mail: qedir71@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 70 321 81 15

Soyadı, adı, atasının adı: Rüstəmov Ruslan Rüstəm oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası

Vəzifəsi: “Aviasiya təhlükəsizliyi” kafedrasının baş müəllimi və doktorantı

Maraq sahəsi: Aviasiya təhlükəsizliyi, mühafizə sistemləri

E-mail: Ruslan__433@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 050 586 46 16

Rəyçi: *f.-r.f.d., dos. Ş.P. Nuriyeva*

УДК 621.317.333.6

ПРОБОЙНАЯ УСТАНОВКА С ЭЛЕКТРОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Р.А. Ибрагимов, Н.М. Свихнушин, А.Э. Зейналова

Национальная Академия Aviации

В статье описывается пробойная установка для испытания электрической прочности изоляции электронных и электротехнических изделий. Приводятся функциональная и принципиальная схемы разработанной авторами и внедренной на одном из специализированных предприятий пробойной установки в составе автоматической системы контроля и диагностики электронной аппаратуры, с описанием ее работы. Указывается на недостатки существующих пробойных установок и предлагается альтернативное решение регулирования выходного испытательного напряжения этих установок с использованием современных электронных компонентов.

Ключевые слова: пробойная установка, электрический пробой, электрическая прочность, испытательное напряжение, электромагнитная совместимость, электромагнитные помехи, формирователь синусоидального напряжения, электронный потенциометр.

Для определения запаса электрической прочности изоляции электронных и электротехнических изделий производится испытание ее повышенным напряжением, вырабатываемым пробойной установкой. Выходное напряжение пробойной установки (ПУ), называемое испытательным, значительно превышающее рабочее, прикладывается в течение времени достаточного для развития разряда в местном дефекте вплоть до пробоя. Таким образом, приложение повышенного напряжения позволяет не только выявить дефекты, но и гарантировать необходимый уровень электрической прочности изоляции в период ее эксплуатации.

Изоляция считается выдержавшей испытание повышенным напряжением в том случае, если не было пробоев, частичных разрядов, выделений газа или дыма, резкого снижения напряжения и возрастания тока через изоляцию, местного нагрева изоляции [1].

Целью работы является разработка пробойной установки в составе автоматической системы контроля и диагностики электронной аппаратуры.

Испытание повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты (50 Гц) производится посредством повышающего трансформатора с регулировочным устройством на стороне входного напряжения. Схема установки должна содержать также автоматический выключатель питания и максимальную токовую защиту для отключения питания трансформатора при пробое [2]. Время приложения испытательного напряжения может быть 1, 5 и 30 минут в зависимости от характеристик испытываемых цепей. Скорость нарастания до максимального и спада до нулевого значения должно происходить плавно с постоянной скоростью, допускающей визуальный отсчет на измерительных приборах.

В настоящее время в составе эксплуатируемых промышленных ПУ используются лабораторные автотрансформаторы (ЛАТР). По массогабаритным характеристикам и, главное, сложности автоматического управления, ЛАТР-ы не вписались в одно из наших приложений. Поэтому, нам пришлось искать альтернативные решения для достижения цели. Одним из таких решений было использование силового трансформатора, количество витков выходных обмоток которого кратны степени 2. Пример такого трансформатора приведен на рис.1, где I обмотка имеет n витков, II обмотка $2n$, III обмотка $4n$ витков и т.д. Напряжение на выходе трансформатора будет соответствовать сумме напряжений обмоток, которые подключаются последовательно соответствующими реле.

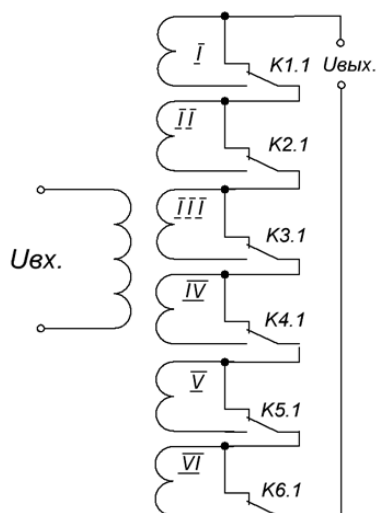


Рис. 1. Силовой трансформатор с числом витков выходных обмоток кратными к 2

Фактически, при этом получаем трансформатор с гибким коэффициентом трансформации тоже кратный степени 2 [3]. В общем случае такое решение выглядит вполне оправданным. Но наличие коммутирующих элементов приводит к существенному недостатку, заключающемуся в том, что при повышении (и понижении) испытательного напряжения вследствие переключения выходных обмоток силового трансформатора происходит их кратковременный разрыв (рис.2а).

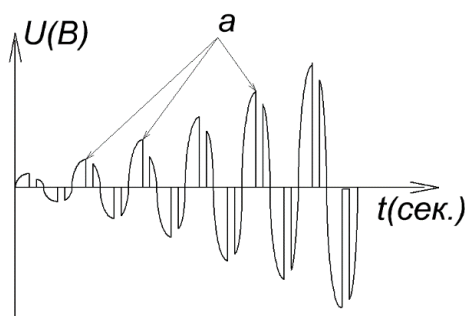


Рис.2. Пример разрывов синусоидального напряжения

На рисунке 3 приведена функциональная схема разработанной ПУ в которой устранен указанный недостаток. Она состоит из входного сетевого трансформатора Тр1, регулятора входного напряжения А1, формирователя синусоидального напряжения А2, выходного трансформатора Тр2 и порогового устройства А3.

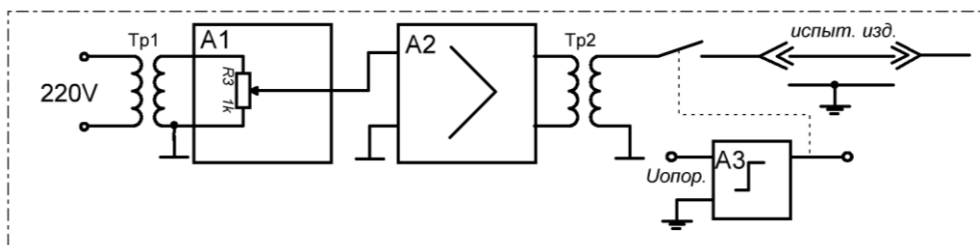


Рис 3. Функциональная схема ПУ

Принципиальная схема устройства приведена на рис.4. Сетевое напряжение через понижающий трансформатор Тр1 и делителя напряжения R7-R9 подается на вход DA1. На DA1 сформирована схема смещения положительной полярности около 3 вольт для

обеспечения прохождения входного переменного напряжения через электронный потенциометр DS1804-10 [4]. В зависимости от логического уровня на входе \overline{INC} DD1 тактируемыми импульсами на входе U/D можно изменять уровень выходного напряжения.

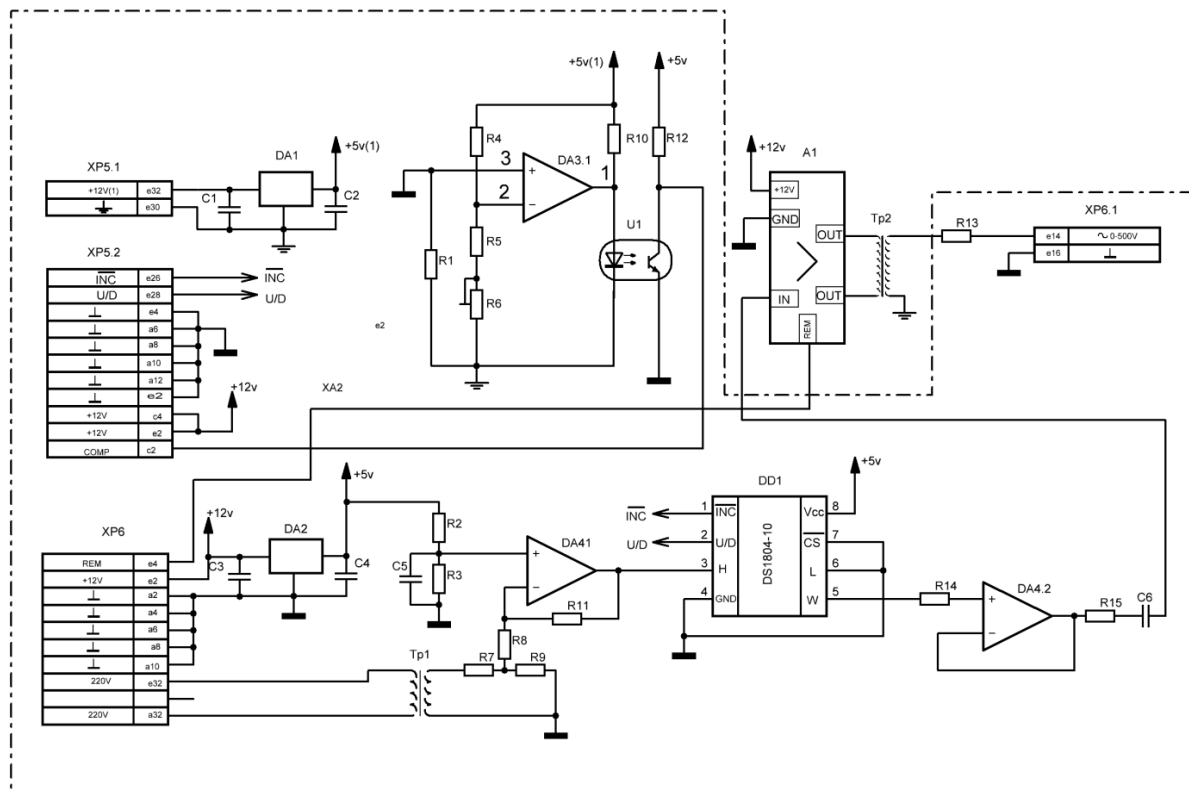


Рис.4. Принципиальная схема ПУ

С выхода потенциометра синусоидальное напряжение посредством повторителя напряжения подается на вход формирователя синусоидального напряжения, представляющего собой низкочастотный усилитель мощности [5]. Конденсатор С6 является блокирующим и препятствует прохождению на вход формирователя постоянных составляющих входного сигнала.

Выход формирователя нагружен выходным силовым трансформатором Tr2, коэффициент трансформации которого доходит до 200. Напряжение на выходе формирователя может меняться в диапазоне от 0 до 27 вольт, что соответствует изменению испытательного напряжения на выходе трансформатора от нуля до 540 вольт. Высокое испытательное напряжение с выходной обмотками Tr2 подается на испытуемые изделия. При этом если между испытуемым изделием и корпусом возникает электрический пробой, то срабатывает компаратор DA2, и с выхода оптоэлектронного транзистора U1 подается сигнал отключения испытательного напряжения.

Заклучение

Использование в схеме электронного потенциометра позволяет плавно, без разрывов увеличивать или уменьшать выходное напряжение, что сказывается на электромагнитной совместимости нашей разработки.

В настоящее время приведенная схема пробойной установки реализована в составе автоматической системы испытания составных частей специальной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://electricalschool.info/main/visokovoltny/418-izoljacija-jelektricheskikh-ustanovok.html>
2. Новодворец Л.А. Испытание и проверка силовых кабелей. – М.: ДМК издательство,

2003 – 172 s.

3. Бочко А. Усовершенствование лабораторного трансформатора. – М.: Журнал «Радио», 1973, №2, 64 с.
4. <https://datasheetspdf.com/datasheet/search.php?sWord=ds1804>
5. Дуглас Селф. Проектирование усилителей мощности звуковой частоты. Третье издание. – М.: ДМК издательство, 2009 – 536 с.

REFERENCES

1. <http://electricalschool.info/main/visokovoltny/418-izoljacija-jelektricheskikh-ustanovok.html>
2. Novodvorec L.A. Ispytanie i proverka silovyh kabelej. – М.: ДМК izdatelstvo, 2003 – 172 s.
3. Bochko A. Usovershenstvovanie laboratornogo transformatora. – М.: Zhurnal «Radio», 1973, №2, 64.
4. <https://datasheetspdf.com/datasheet/search.php?sWord=ds1804>
5. Duglas Self. Proektirovanie usilitelej moshnosti zvukovoj chastoty. Trete izdanie. - М.: ДМК izdatelstvo, 2009 – 536 s.

ELEKTİK DEŞİLMƏ QURĞUSUNUN DƏYİŞƏN CƏRƏYAN SINAQ GƏRGİNLİYİNİN ELEKTRON TƏNZİMLƏNMƏSİ

R.Ə. İbrahimov, N.M. Svixnuşın, A.E. Zeynalova

Məqalədə elektron və elektrikmexaniki məhsulların izolyasiyasının elektrik möhkəmliyini yoxlamaq üçün deşilmə qurğusu təsvir edilmişdir. Müəlliflər tərəfindən işlənmiş və ixtisaslaşdırılmış müəssisələrin birində tətbiq edilmiş elektron aparatlarına avtomatik nəzarət və diaqnostika sistemində yerləşdirilmiş deşilmə qurğusunun funksional və prinsipial sxemləri göstərilmiş və işləmə prinsipi verilmişdir. Mövcud deşilmə qurğularının çatışmazlıqları göstərilmiş və müasir elektron komponentlərdən istifadə etməklə, izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin (elektrik deşilməsinin) yoxlanılması üçün dəyişən cərəyan sınaq gərginliyinin tənzimlənməsinə yeni yanaşma təqdim edilmişdir.

Açar sözlər: elektrik deşilmə qurğusu, elektrik deşilməsi, elektrik möhkəmliyi, sınaq gərginliyi, elektromaqnit uyğunluğu, elektromaqnit küyləri, sinusoidal gərginlik formalaşdırıcısı, elektron potensiyometr.

ELECTRONIC REGULATING OF AC TEST TENSION OF ELECTRICAL BREAKDOWN DEVICE

R.A. İbragimov, N.M. Svihnushin, A.E. Zeynalova

The article described the electrical breakdown device for checking the electrical strength (electrical breakdown) of the insulation of electronic and electromechanical devices. The functional and principal schemes based on the operating principle of electronic breakdown device which placed in the automatic control and diagnostic system were developed by the authors. The existing breakdown device deficiencies described and supplied alternative solutions of the regulation of the output voltage of the device by using modern electronic components.

Keywords: Electrical breakdown device, electrical breakdown, electrical strength, tested voltage, electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, sinusoidal voltage-regulator, electronic potentiometer.

Сведения об авторах:

Фамилия, имя, отчество: Ибрагимов Рафаиль Алигули ог.

Место работы: Национальная Академия Авиации, НИИТАП

Должность: начальник отдела Авиационных микроэлектронных датчиков, д.ф.т., доцент

Область научных интересов: микроэлектронная сенсорика, ИИС контроля и диагностики.

E-mail: rafu63@rambler.ru

Телефон: +994 50 310 79 03

Фамилия, имя, отчество: Свихнушин Николай Михайлович

Место работы: Национальная Академия Авиации, НИИТАП

Должность: старший научный сотрудник отдела Авиационных микроэлектронных датчиков

Область научных интересов – информационно-измерительные и управляющие системы

E-mail: svhn@mail.ru

Телефон: +994 50 775 63 45

Фамилия, имя, отчество: Зейналова Айгюн Эльданиз кызы

Место работы: Национальная Академия Авиации, НИИТАП

Должность: инженер отдела Авиационных микроэлектронных датчиков

Область научных интересов: современные ИТ и робототехника.

E-mail: aygunzeynalova95@gmail.com

Телефон: +994 55 593 85 48

Rəyçi: t.e.d., prof. R.N. Nəbiyev

PACS: 07.77-n; 07.77.-Ka; 29.40Wk; 85.30De; 85.60Dw

MİKROPIKSELLİ SELVARI FOTODİOLAR VƏ P-TERFENİL ƏSASLI RADİASIYA DETEKTORLARI

F.İ. Əhmədov

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutu

*Təqdim edilən işdə yeni nəsil MSFD-3NK fotodiodu əsasında və ölçüləri 3*3*35mm olan p-terfenil əsasında hazırlanmış detektorun ionlaşdırıcı radiasiya şüalanmasını qeydetmə həssaslığı tədqiq edilmişdir. Təcrübədə istifadə edilən yeni nəsil MSFD-3NK fotodiodunun aktiv sahəsi 3.7*3.7 mm, işləmə gərginliyi 91.3 V, gücləndirmə əmsalı $1*10^5$, tutumu 160 pF, toplam piksel sıxlığı $1.37*10^5$ piksel və foton qeyd etmə effektivliyi 35-40 % olmuşdur. Hazırlanmış detektor modulunun qamma şüaları geniş enerji intervalında Kompton kənarına görə xəttilik əyrisi, onun qeyd etmə bildiyi minimum və maksimum enerji müəyyən edilmişdir. Bu tip detektorların minimum qeyd etmə bildiyi enerji 59.6keV və maksimum enerji isə 2.381MeV olmuşdur. Bununla yanaşı yeni hazırlanmış detektor modulu beta zərrəciklərə də həssas olmuş və 656keV enerjili monoenergetik beta zərrəciyinə uyğun gələn enerji ayırdetməsi 22% alınmışdır.*

Açar sözlər: Mikropikselli selvari fotodiod; MAPD; foton qeydetmə effektivliyi; fotogücləndirici; əməliyyat gücləndiricisi; ionlaşdırıcı; qamma; ssintilyator; beta zərrəcik; p-terfenil.

GİRİŞ

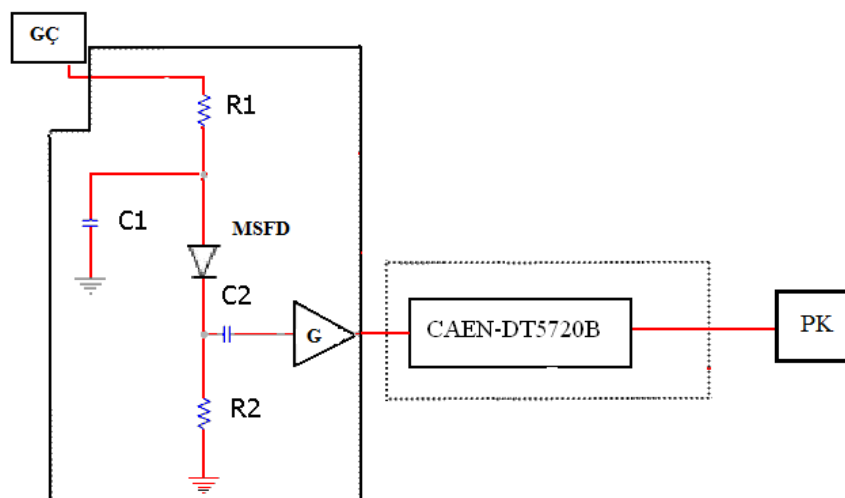
Hazırda yüksək enerjilər fizikasında və təhlükəsizlik sahəsində p-terfenil ssintilyatorları əsasında hazırlanan detektorlar əksər təcrübələr üçün optimal bir qeydedici hesab edilir [1-3].

P-terfenil ssintilyatorlarının əsas üstünlükləri, böyük ölçüdə yetişdirilmə texnologiyasının mənimsənilməsi, istənilən formaya salınması və qiymətə ucuz başa gəlməsi, bu ssintilyator materiallarının geniş tətbiq olunmasına imkan verir. Ssintilyator detektorları iki hissədən ibarətdir: ssintilyator və fotoqeydedici [1]. Ssintilyator detektorlarının əsas işləmə prinsipi ionlaşdırıcı şüalanmanın üzvi ssintilyatorun molekullarını həyəcanlandırması mexanizminə əsaslanır. Bu zaman həyəcanlanmış molekullar əsas hala qayıtdıqda görünən oblastda uyğun gələn ssintilyasiya fotonları buraxırlar. Ssintilyatorun əsas işi yüksək ionlaşdırma enerjisində malik olan enerjiləri (1keV yüksək enerjiləri) görünən dalğa uzunluqlarına çevirməkdir (2.25-4.2eV). Ssintilyator detektorunun digər hissəsi olan fotoqeydedici hissəsi isə məhz yaranan bu fotonların elektrik yükünə çevrilməsini təmin etməkdir. İstifadə edilən fotoqeydedicilər sadalanan bir sıra şərtləri ödəməlidir: yüksək kvant effektivliyinə, aşağı qaranlıq cərəyana, yüksək foton qeydetmə effektivliyinə, daxili gücləndirməyə malik olmalı, aşağı gərginlikdə işləməli, həcmi yüklər oblastının eni kiçik olmalı və radiasiyaya davamlı olmalıdır [1,4]. Hazırda istifadə edilən fotoqeydedicilər bu şərtlərin bəzilərini təmin etmirlər, məsələn: PIN fotodiodların minimum qeyd edilən foton həssaslığının 1000 foton tərtibində olması, daxili gücləndirməsinin 1 olması və eləcə də həcmi yüklər oblastının qalınlığının 100 mkm olmaması bunların geniş tətbiq olunmasını məhdudlaşdırır. Bununla yanaşı hazırda fotoqeydedici kimi istifadə edilən vakuum fotoelektron gücləndirici borular yuxarıda sadalanan parametrlərin bəzilərini ödəsə də əsas çatışmayan cəhətləri: yüksək gərginlikdə işləməsi (1000V) və foton qeydetmə effektivliyinin kiçik olması (10-20%) bu tip fotoqeydedicilərin tətbiqində çətinliklər yaradır. Son illərdə silisium əsaslı mikropikselli selvari fotodiod (MSFD) qeydediciləri sahəsində əldə edilmiş uğurlar onların ssintilyator detektorlarında geniş tətbiq edilmə imkanlarını reallığa çevirmişdir. Hazırda istifadə edilən MSFD fotoqeydedicilərinin gücləndirmə əmsalının $\sim 10^5$, foton qeydetmə effektivliyinin 35-40%, işləmə gərginliyinin isə $\sim 90V$ olması məhz gələcək ssintilyator detektorlarının MSFD-lər əsasında hazırlanmasının daha optimal olduğunu göstərir [5-7].

Təqdim edilən işin əsas məqsədi MAPD üzrə əməkdaşlıq çərçivəsində bizim tərəfimizdən hazırlanmış MSFD-3NK fotodiodları və p-terfenil ssintilyator əsaslı radiasiya detektorlarının qamma şüaları və beta zərrəciyi qeydetmə həssaslığını tədqiq etməkdir.

TƏCRÜBƏ VƏ NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

MSFD fotodiodu və ssintilyator əsaslı detektordan alınan siqnalın qeyd edilməsi üçün şəkil 1-də verilən təcrübi dövrədən istifadə edilmişdir. Ölçmələr zamanı istifadə edilən siqnal gücləndiricisi (G) və gərginlik çeviricisi (GÇ) bizim tərəfimizdən təkmilləşdirilmişdir. Siqnal gücləndiricilərinin hazırlanmasında LMH-6657 tipli əməliyyat gücləndiricisi istifadə edilmişdir.



Şəkil 1. Amplitud paylanma spektrini çəkmək üçün istifadə edilən təcrübi dövrə

Bu tip gücləndiricinin vahid gücləndirmədə buraxma zolağı 270MHz olmuşdur. Hazırlanmış gücləndiricinin tam gücləndirməsi 36 əmsal və buraxma zolağı 45MHz olmuşdur. MSFD fotodiodu qidalandırmaq üçün yeni GÇ-i hazırlanmışdır. GÇ-i +5V gərginliyi +100V gərginliyə çevirməyə imkan vermişdir. Bu zaman çıxışda gərginlik kənara çıxması 20mV olmuşdur.

Təcrübədə istifadə edilən fotodioudun parametrləri cədvəl 1-də verilmişdir. İstifadə edilən fotodioudlardan MSFD-3N1P fotodioudunun istehsalı 2008-ci ildə və MSFD-3NK fotodioudunun istehsalı isə 2014 ildə olmuşdur [5, 8].

Cədvəl 1

MSFD fotodioudların parametrləri

Adı	MAPD-3N1P	MAPD-3NK
Sahəsi (mm*mm)	3*3	3.7*3.7
İşləmə gərginliyi (V)	94.5	91.3V
Gücləndirmə əmsalı	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$
Tutumu (pF)	120	160
FQE (450-550nm) (%)	25-30	35-40%
Toplam piksel sayı	$1.35 \cdot 10^5$	$1.37 \cdot 10^5$

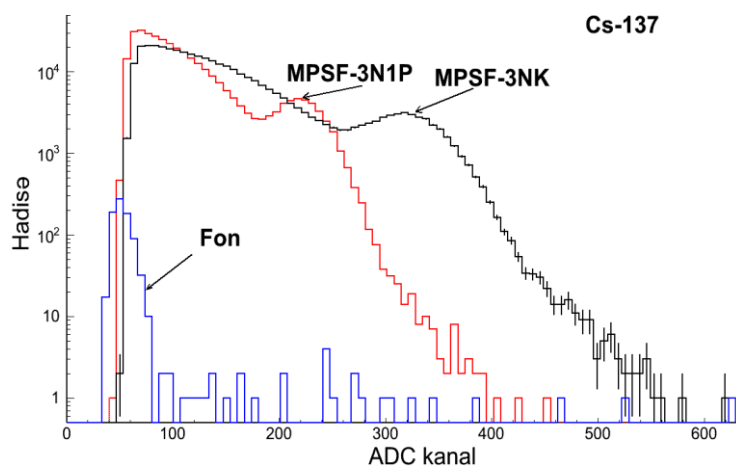
İonlaşdırıcı şüalanmanı qeyd etmək üçün istifadə edilən p-terfenil ssintilyatorların parametrləri cədvəl 2-də verilmişdir.

MSFD fotodioudlardan alınan siqnalların işlənməsi üçün CAEN -5720 analoq rəqəm çeviricisi istifadə edilmişdir. Spektrlərin işlənməsi C++ proqramlaşma dilində yazılmış alqoritm vasitəsi ilə personal kompüterdə həyata keçirilmişdir. İonlaşdırıcı mənbə olaraq: gamma şüalar üçün ^{241}Am , ^{133}Ba , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{228}Th və ^{60}Co , betta zərrəcik üçün ^{137}Cs (557keV, 605keV, daxili keçid elektronu 624 keV və 656 keV) mənbəsindən istifadə edilmişdir.

P-terfenil ssintilyatorunun parametrləri [9]

Adı	P-terfenil
Ölçüsü (mm*mm*mm)	3*3*35
Maksimal şüalanma (nm)	420
İşıq çıxışı (foton/MeV)	27000
Parçalanma müddəti (nsan)	3.7

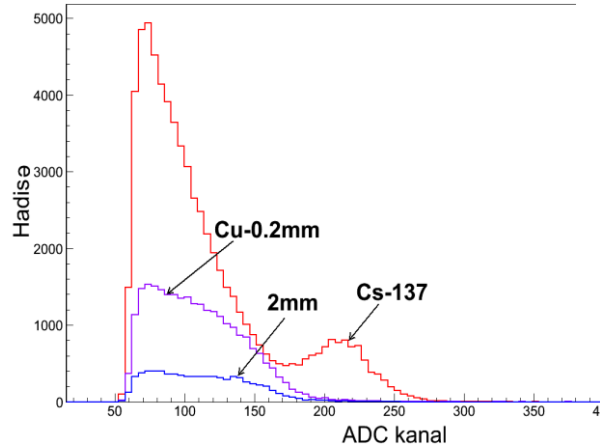
Şəkil 2-də p-terfenil ssintilyatoru və MSFD-3N1P və MSFD-3NK fotodiodu əsasında hazırlanmış detektorun qamma şüaları qeydetmə həssaslığı göstərilmişdir. P-terfenil ssintilyatorlar fotodiodlara şəffaf epoksid yapışqanı ilə yapışdırılmışdır. Detektor ilə radioizotop arası məsafə 5 mm seçilmişdir. Spektrlərin çəkilməsi zamanı təbii radiasiya fonu da nəzərə alınmışdır.



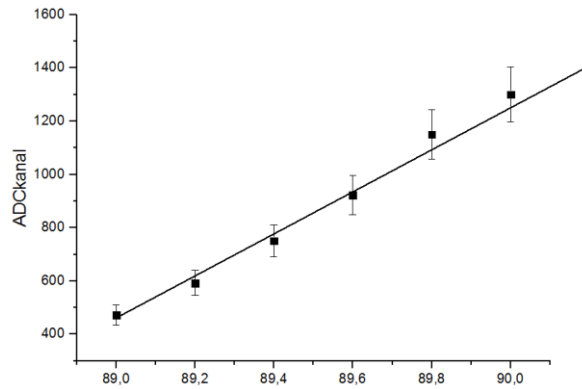
Şəkil.2. MSFD (3N1P və 3NK) fotodiod və plastik ssintilyator əsasında hazırlanmış detektorun ^{137}Cs izotopunun buraxdığı ionlaşdırıcı şüalanmanın amplitud spektri

İlkin olaraq ^{137}Cs radioizotopunun spektri çəkilmişdir. Şəkil 2-də MSFD (3N1P və 3NK) fotodiodları ilə qeyd edilən ^{137}Cs radioizotopunun amplituda görə paylanma spektri verilmişdir. Spekrtdən görüldüyü kimi MSFD-3N1P fotodiodu ilə qeyd edilən hadisələrin maksimumu ADC-in 400-cü kanalında və MSFD-3NK fotodiodlarında isə bu 550-ci kanalda müşahidə edilmişdir. Məlumdur ki, ^{137}Cs radioizotopunun parçalanması zamanı parçalanmanın 93,5 % hissəsi enerjisi 661,7 keV olan səviyyəyə keçir. Lakin bu keçiddən 661,7 keV enerjili qamma şüalarının buraxılması 85,1 % təşkil edir. Yerdə qalan hissəsi 8,4 %-i daxili keçidlə müşahidə edilir [8]. Belə daxili keçid zamanı 661,7 keV enerjili qamma şüası udulur və enerjisi təqribən 626 keV olan monoenergetik elektronun buraxılması ilə nəticələnir. Bununla yanaşı ^{137}Cs mənbəsi maksimal enerjiləri 0,84 MeV və 0,5 MeV olan iki beta zərrəciklərini buraxır. Məhz bu səbəbdən də spekrtdə qamma şüalarının yaratdığı hadisələrlə yanaşı beta zərrəciklərinin yaratdığı hadisələrdə müşahidə edilmişdir. Spekrtdə müşahidə edilən hadisələrdən hansı hissəsinin beta zərrəciklərə məxsus olmasını müəyyən etmək olduqca vacibdir. Bu məqsədlə şəkil 3-də MSFD-3N1P fotodiodu ilə ^{137}Cs radioizotopunun amplituda görə çəkilən spektri göstərilmişdir. Amplitud paylanma spektrinin 186–400-cü kanallarındakı hadisələrin beta zərrəciklərə məxsus olmasını yoxlamaq üçün qalınlıqları 100 – 2000 mkm arasında dəyişən mis lövhələr detektorla ^{137}Cs mənbəsi arasında yerləşdirilmişdir. Spekrtdən görüldüyü kimi 100 mkm qalınlıqlı mis lövhə detektorla radioizotop arasında yerləşdirildikdə beta zərrəciklərə uyğun gələn hadisələrin sayı azalmışdır. Mis təbəqələrin qalınlığı 2 mm olduqda 626 keV enerjili beta zərrəciklər tam udulmuş və bu zaman spekrtdə yalnız 662 keV enerjili qamma şüaların Kompton kənarı müşahidə edilmişdir. Xüsusi ilə 50–150 kanallara düşən hadisələrə baxsaq görərik ki, bu oblastdakı hadisələrin sayı daha kəskin azalır. Bu hissədəki hadisələrdə mis təbəqənin qalınlığı artdıqca isə spekrtdə hadisələrin sayının ümumi azalması

müşahidə edilmişdir. Bu intervaldakı hadisələrin azalması məhz maksimal enerjiləri 0,5 MeV və 0,84 MeV olan beta zərrəciklərin aşağı enerji oblastının udulması nəticəsində baş vermişdir. Spekrtdən görüldüyü bu tip detektorun qeyd etdiyi beta zərrəciklərinin orta sayı təqribən 10500 hadisə olmuşdur.



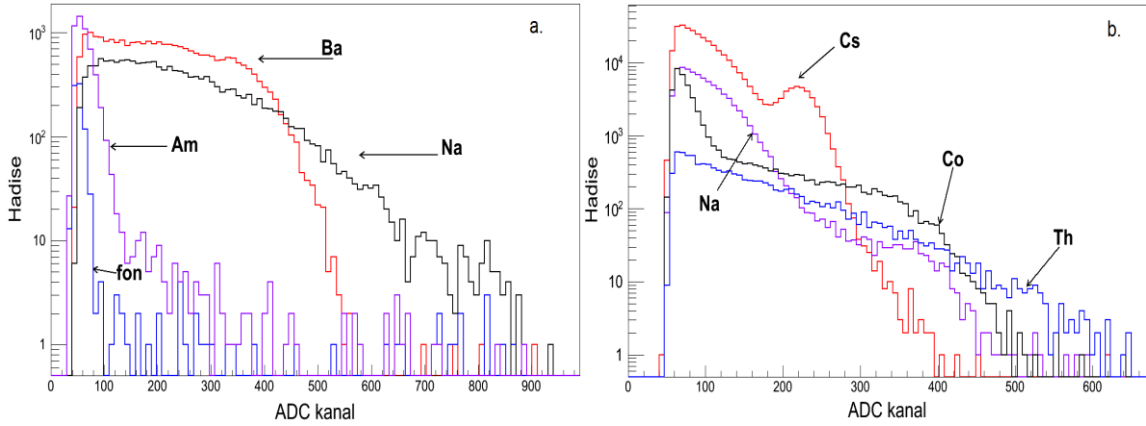
Şəkil 3. Müxtəlif qalınlıqlı mis təbəqə ilə ^{137}Cs radioizotopunun amplituda görə çəkilmiş spektri



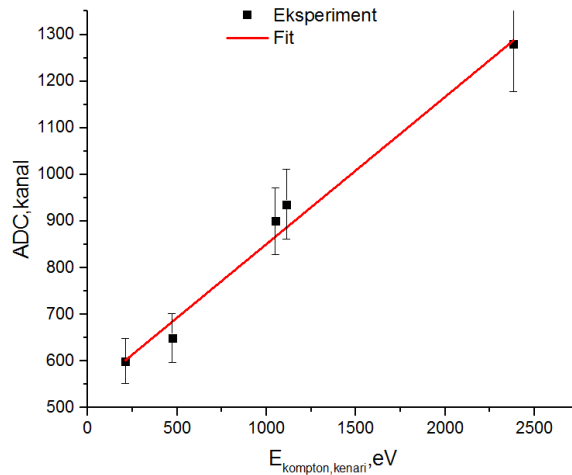
Şəkil 4. MSFD-3NK fotodiodu və p-terfenil ssintilyatoru əsasında hazırlanmış detektor ilə qeyd edilən monoenergetik beta zərrəciklərin amplitudunun gərginlikdən asılılığı

Şəkil 4-də MSFD-3NK fotodiodu və p-terfenil ssintilyatoru əsasında hazırlanmış detektorun ^{137}Cs mənbəsindən buraxılan monoenergetik beta zərrəciklərinin amplitudunun gərginlikdən asılılığı göstərilmişdir. MSFD-3NK fotodioduna tətbiq edilən gərginliyi dəyişərək siqnalın amplitudunun və enerji ayırdetməsinin dəyişməsi müşahidə edilmişdir. MSFD-3NK fotodiodlarına tətbiq edilən gərginliyin 89 – 90 V intervalında dəyişməsi 0,2 V addımla edilmişdir. Hər ölçmə müddəti 7 dəqiqə seçilmişdir. MSFD-3NK fotodioduna tətbiq edilən gərginliyin 89 V qiymətində monoenergetik beta zərrəciyinə uyğun gələn amplitud 472-ci kanalda müşahidə edilmişdir. Gərginliyin sonrakı qiymətlərində beta zərrəciyinə uyğun gələn amplitud 1,25 dəfədən başlayaraq 3 dəfəyə qədər artmışdır. Amplitudun kəskin dəyişməsi 89,8 V (1340kanal) gərginliyindən başlayaraq 90 V (1450kanal) gərginliyə kimi müşahidə edilmişdir. Amplitudun bu oblastda belə kəskin dəyişməsi selvari oblastda gücləndirmə əmsalının və fotodiodun foton qeydetmə effektivliyinin artması hesabına baş vermişdir. Gərginliyin sonrakı böyük qiymətlərində MSFD-3NK fotodiodlarının xarakteristikalarının idarə edilməsi çətinləşmişdir. MSFD-3NK fotodiodlarına tətbiq edilən gərginliyin müxtəlif qiymətlərində monoenergetik beta zərrəciyinə uyğun gələn enerji ayırdetməsi 22–24% arasında dəyişmişdir. Maksimum amplitudun yarım eni tətbiq edilən gərginlikdən asılı olaraq 122–364 kanal arasında dəyişmişdir. Spekrilər çəkilən zaman tam qeyd edilən hadisələrin sayı 26808 hadisə olmuşdur. Monoenergetik beta zərrəciklərinə uyğun gələn hadisə tam hadisələrin 26%-ni təşkil etmişdir.

Bununla yanaşı p-terfenil ssintilyatoru və MSFD fotodiodundan ibarət detektorun enerjiləri 60 keV–3 MeV intervalında olan ionlaşdırıcı qamma şüalarını qeyd etməsini yoxlamaq üçün ^{241}Am , ^{133}Ba , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{60}Co və ^{228}Th nöqtəvi radioizotopundan istifadə edilmişdir. Bu zaman plastik ssintilyatorla qeyd edilən qamma şüalarının Kompton kənarına uyğun gələn enerjiləri 60 keV–2,381 MeV arasında dəyişmişdir (şəkil 5).



Şəkil 5. MSFD-3N1P və plastik ssintilyator əsasında hazırlanmış detektor ilə qeyd edilən müxtəlif enerjili qamma şüaların amplituda görə paylanma spektri



Şəkil 6. MSFD-3N1P fotodiodu və plastik ssintilyator əsasında hazırlanmış detektorun kalibrənmə əyrisi

Şəkil 6-da p-terfenil əsasında hazırlanmış detektorun Kompton kənarına görə kalibrənmə əyrisi verilmişdir. Əyridən görüldüyü kimi bu asılılıq xəttidir və belə ifadə edilir:

$$\text{ADC} = 535.22 + E_{\text{Kompton kənarı}} \times 0.31 \quad (1)$$

Burada ADC Kompton kənarına uyğun gələn siqnalın amplitudu və $E_{\text{Kompton kənarı}}$ - Kompton kənarına uyğun gələn enerjidir və keV ilə ifadə edilmişdir.

MSFD və p-terfenil ssintilyatoru əsasında hazırlanmış detektorların amplitud paylanma spektrindən görünür ki, bu tip detektorların minimum qeyd etdiyi enerji ^{241}Am izotopunun buraxdığı 59,6 keV enerjili qamma şüaları olmuş və hazırlanmış detektor bloku öz xəttiliyini 2.381 MeV enerjiyə qədər tam saxlamışdır.

NƏTİCƏ

P-terfenil və MSFD fotodiodlar əsasında hazırlanmış detektorların qamma və beta zərrəcikləri qeydetmə həssaslığı tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, yeni hazırlanmış detektorlar öz xəttiliyini geniş enerji oblastında 59.6 keV-2.381 MeV tam saxlayır. Yaranan siqnalın

amplitudu enerjiden asılı olaraq xətti dəyişir. Bununla yanaşı, bu tip detektorların beta zərrəcikləri qeyd etmə həssaslığı da tədqiq edilmişdir. Monoenergetik beta zərrəciyi üçün enerji ayırdetməsi 22% alınmışdır. Alınan nəticələrdən müəyyən edilmişdir ki, MSFD fotodiod və p-terfenil əsaslı yeni detektorlar ionlaşdırıcı dozimetriya sahəsində uğurla tətbiq oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Knoll G.F. Radiation Detection and Measurement 3rd edition: USA: Wiley Publishers., 2000, 802 p.
2. Renker D. Properties of avalanche photodiodes for applications in high energy physics, astrophysics and medical imaging. Nucl. Instrum. Meth. A, 2002, V. 486, p.164-169.
3. Ivashkin A., Akhmadov F., Asfandiyarov R., Bravar A., Blondel A., Dominik W., Fodor Z., Gazdzicki M., Golubeva M., Guber F., Hasler A., Korzenev A., Kuleshov S., Kurepin A., Hadron calorimeter with MAPD readout in the NA61/SHINE experiment, arXiv preprint arXiv:1205.4864.
4. Renker D, Geiger-mode avalanche photodiodes, history, properties and problems. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. A 56, 2006, pp 48–56.
5. Sadygov Z, Olshevski O., Chirikov I. et al. Three advanced designs of micro-pixel avalanche photodiodes: Their present status, maximum possibilities and limitations. Nucl. Instrum. Meth. A, 2006, V. 567, p. 70-73.
6. Ahmadov F., Ahmadov G., Guliyev E., Khorev S., Sadigov A., Sadygov Z., Suleymanov S., Development of compact radiation detectors based on MAPD photodiodes with Lutetium Fine Silicate and Stilbene scintillators. Journal of Instrumentation, vol.10, 2015, p.1-7.
7. Z. Sadygov, F. Ahmadov, X. Abdullaev et al. Development of scintillation detectors based on micro-pixels avalanche photodiodes, Proceedings of Science, 2012, (PhotoDet 2012) 37.
8. Ahmadov F., Ahmadov G., Guliyev E., Madatov R., Sadigov A., Sadygov Z., Suleymanov S., New gamma detector modules based on micropixel avalanche photodiode, Journal of Instrumentation, V12, N01, 2017, p. C01003.
9. www.amcrys-h.com.

REFERENCES

1. Knoll G. F. Radiation Detection and Measurement 3rd edition: USA: Wiley Publishers., 2000, 802 p.
2. Renker D. Properties of avalanche photodiodes for applications in high energy physics, astrophysics and medical imaging. Nucl. Instrum. Meth. A, 2002, V. 486, p.164-169.
3. Ivashkin A., Akhmadov F., Asfandiyarov R., Bravar A., Blondel A., Dominik W., Fodor Z., Gazdzicki M., Golubeva M., Guber F., Hasler A., Korzenev A., Kuleshov S., Kurepin A., Hadron calorimeter with MAPD readout in the NA61/SHINE experiment, arXiv preprint arXiv:1205.4864.
4. Renker D, Geiger-mode avalanche photodiodes, history, properties and problems. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. A 56, 2006, pp. 48–56.
5. Sadygov Z, Olshevski O., Chirikov I. et al. Three advanced designs of micro-pixel avalanche photodiodes: Their present status, maximum possibilities and limitations. Nucl. Instrum. Meth. A, 2006, V. 567, p. 70-73.
6. Ahmadov F., Ahmadov G., Guliyev E., Khorev S., Sadigov A., Sadygov Z., Suleymanov S., Development of compact radiation detectors based on MAPD photodiodes with Lutetium Fine Silicate and Stilbene scintillators. Journal of Instrumentation, vol.10, 2015, p.1-7.
7. Z. Sadygov, F. Ahmadov, X. Abdullaev et al. Development of scintillation detectors based on micro-pixels avalanche photodiodes, Proceedings of Science, 2012, (PhotoDet 2012) 37.
8. Ahmadov F., Ahmadov G., Guliyev E., Madatov R., Sadigov A., Sadygov Z., Suleymanov S., New gamma detector modules based on micropixel avalanche photodiode, Journal of Instrumentation, V12, N01, 2017, p. C01003.
9. www.amcrys-h.com.

МИКРОПИКСЕЛЬНЫЕ ЛАВИННЫЕ ФОТОДИОДЫ И ДЕТЕКТОРЫ РАДИАЦИИ НА ОСНОВЕ P-ТЕРФЕНИЛ**Ф.И. Ахмедов**

В представленной работе была исследована чувствительность регистрации ионизирующего излучения детектора на основе нового МЛФД-3НК и сцинтиллятора *p*-терфенил, размером 3*3*35 мм. Чувствительная поверхность фотодиода МЛФД-3НК, используемая в эксперименте, составляла 3,7*3,7 мм, рабочее напряжение 91,3 В, коэффициент усиления $1*10^5$, емкость 160 пФ, общая плотность пикселей $1,37*10^5$ пикселей, а эффективность регистрации фотонов 35-40%. Была определена минимальная и максимальная энергия регистрации детекторным модулем по линейной кривой границы комптоновского распределения. Минимальная энергия регистрации составила 59,6 кэВ, а максимальная энергия 2,318 МэВ. Кроме того, новый детекторный модуль был чувствителен к бета-частицам, и энергетическое разрешение моноэнергетического бета-излучения 656 кэВ составило 22%.

Ключевые слова: Микропиксельный лавинный фотодиод; MAPD; эффективность детектирования фотонов; фотоумножитель; операционный усилитель; ионизация; гамма; сцинтиллятор; бета-частица; *p*-терфенил.

MICRO-PIXEL AVALANCHE PHOTODIODES AND RADIATION DETECTORS BASED ON P-TERPHENYL**F.I. Ahmadov**

The detection sensitivity of the ionizing radiation detector based on the new MAPD-3NK and *p*-terphenyl scintillator, with the dimensions as 3*3*35 mm, has been investigated in the article. The sensitive surface of the MAPD-3NK photodiode was 3.7*3.7 mm, the operating voltage was 91.3 V, the gain was $1*10^5$, the capacity was 160 pF, the total pixel density was $1.37*10^5$ pixels, and the photon detection efficiency about 35-40%. The minimum and maximum detection energy of the detector module was determined from the linear curve of the Compton distribution boundary. The minimum registration energy was 59.6 keV, and the maximum energy was 2.318 MeV.

In addition, the new detector module was sensitive to beta particles, and the energy resolution of 656 keV monoenergetic beta radiation was 22%.

Keywords: Micropixel Avalanche Photodiode; MAPD; photon detection efficiency; photomultiplier; operational amplifier; ionization; gamma; scintillator; beta particle; *p*-terphenyl.

Müəllif haqqında məlumat:**Soyadı, adı, atasının adı:** Əhmədov Fərid İbrahim oğlu**İş yeri:** AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutu**Vəzifəsi:** "İnnovativ ionlaşdırıcı şüa mənbələri qəbulediciləri" laboratoriyasının böyük elmi işçisi, t.f.d.**Maraq sahəsi:** yarımkeçirici foto qeydedicilər, ionlaşdırıcı detektorlar, dozimetrlər, spektroskopiya və radiasiya davamlığı**E-mail:** farid-akhmedov@yandex.ru**Əlaqə telefonu:** +994 51 420 08 20**Rəyçi:** t.e.d., dos. X.İ. Abdullayev

AERONAVİQASIYA AVADANLIQLARI VƏ KOMPLEKSLƏRİ

UOT 629.7

İNERSİAL NAVİQASIYA SİSTEMİNİN QURULMA PRİNSİPLƏRİ VƏ
İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ

Pilotsuz uçuş aparatları üçün İNS modeli.

R.N. Nəbiyev, A.Z. Məmmədov

Milli Aviasiya Akademiyası

Atmosfer şəraitində və fiziki mühit təsirlərində GPS siqnallarının qısamüddətli yox olması halları baş verir. İnersial naviqasiya sisteminin (İNS) maneələrə qarşı davamlılığı çox yüksək olduğundan yüksək intensivlikli küylər şəraitində etibarlı uçuşları təmin etmək mümkün olur. Məqalədə platformalı və platformasız İNS-in tərkibi, işləmə prinsipi, strukturu, üstünlükləri və çatışmazlıqları kimi məsələlərə baxılmış və bu sistemin istifadəsinin vacibliyini şərtləndirən əsas səbəblər göstərilmişdir. İşdə kiçikölçülü pilotsuz uçuş aparatları üçün yaxşılaşdırılmış parametrlərə malik MEMS (mikroelektromexaniki sistem) giroskop və akselerometri əsasında inersial naviqasiya sisteminin modeli təklif olunmuşdur.

Açar sözlər: pilotsuz uçuş aparatı, inersial naviqasiya sistemi, inersial ölçmə modulu, giroskop, kren, tanqaj, kurs, mövqe, sürət, bucaq.

Giriş. Müasir dünyanı naviqasiya sistemləri olmadan, yəni insan həyatının bütün sahələrini əhatə edən inersial qurğular olmadan təsəvvür etmək çox çətindir. Bu növ duyğuların yaradılması və araşdırılması inersial naviqasiya sistemlərinin (İNS) bir hissəsi olaraq müasir naviqasiya komplekslərində istifadə olunmasına yol açmışdır [1]. Mürəkkəb konstruktiv quruluşlarına, mikroölçülərinə görə mikromexaniki qurğuların və inersial ölçü modullarının (İMU-inertial measurement unit) hazırlanması inkişaf etmiş sənayeyə sahib ölkələrdən yüksək texnologiyalar tələb edir.

Mövzunun aktuallığı. Bir çox texnoloji inkişafın gələcəyi olaraq görülən avtonom nəqliyyat vasitələri, texnoloji imkanların verdiyi qabaqcıl xüsusiyyətləri və imkanları ilə texnologiyaları öz təsir sahəsində saxlayan ölkələr qarşısında bizim üçün vacib əhəmiyyət kəsb edir. Strateji əhəmiyyətə malik olan bu nəqliyyat vasitələrinin təkmilləşdirilib, istehsalının həyata keçirilməsi hədəf olaraq müəyyənləşdirilməlidir. Bu məsələ sənayenin müxtəlif sahələrinə tətbiq oluna bilməsi baxımından da, mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Son illər ərzində İNS raketləri idarə edən elektromexaniki qurğulardan tutmuş, hazırda bir çox müasir nəqliyyat vasitələrində istifadə edilən yarımkeçirici cihazlara qədər təkmilləşdirilmişdir. Bu inkişafın yayılma sürəti 1960-ci illərdə istehsal edilən ballistik raket proqramlarının dövründə artmışdır və həmin dövrdə minlərlə kilometr uzaqlıqda istifadə edilən yüksəkdeqiqlikli avtonom naviqasiya sisteminə böyük ehtiyac var idi [2]. İNS -lərdə peyk və radorabitə sistemləri ilə əlaqə məqsədli şəkildə kəsilərsə, idarəetmə bloku İNS-lə birlikdə ekranlanıb və idarəetmə daxili proqramla aparılsa, onda düşmən də onun fəaliyyətini dayandıra bilməz. Son 20 il ərzində sürətli inkişaf yolu keçən mikromexaniki inersial qurğular vasitəsilə inkişaf etdirilən, kənardan təsir olmadan fəaliyyət göstərən İNS hazırda mülki və hərbi naviqasiya sistemlərinin standart bir hissəsi olaraq uçuş aparatlarının, gəmilərin, raketlərin, kosmik aparatların mühüm bir hissəsinə çevrilmişdir.

Bu formada inkişaf etdirilən sistemlərin, xüsusilə son illərdə müxtəlif nəqliyyat vasitələrinə tətbiqi, avtonom sistemlərin inkişaf etdirildiyi və yüksək nəticələrin əldə edildiyi göz qabağındadır. Buna, limanlarda yük daşıyan avtonom nəqliyyat vasitələrini, dəniz altında araşdırma apara bilən insansız nəqliyyat vasitələrinin müxtəlif məqsədlərdə uğurla istifadə edilməsini, sıx şəhərdaxili və

şəhərlərarası nəqliyyatda insansız yol getmə qabiliyyətinə malik olan maşınların və ya bomba zərərsizləşdirmə robotlarının inkişaf etdirilməsini misal olaraq göstərmək olar [3].

İşin məqsədi avtonom naviqasiya sistemlərinin perspektiv inkişaf istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi və kiçikölçülü pilotsuz uçuş aparatları üçün optimallaşdırılmış parametrlərə malik inersial naviqasiya sisteminin modelinin qurulmasıdır.

Məsələnin həlli yolları və müzakirəsi. Gələcəkdə bu tədqiqat çərçivəsində yazılacaq İNS alqoritmi vasitəsilə ölçmələr qiymətləndirilib mövqe, sürət kimi məlumatların əldə edilməsi və bundan başqa konseptual anlayışlara əsasən, bu sistemin xəta modelini qurub Kalman süzgecindən istifadə edilərək xətanın minimallaşdırılması nəzərdə tutulur. İNS üçün təməl olan ölçmələrin inersial ölçü modulundan (IMU) əldə edilməsi və bucaq sürəti və xətti təcil məlumatlarını verən inersial qurğuların birgə işlədiyi ölçmə blokunun işlənməsi məqsədəuyğundur. Aviasiyada uçan aparatların idarə edilməsində naviqasiya sistemlərinin, o cümlədən inersial naviqasiya sistemlərinin vacib, praktiki əhəmiyyəti vardır. Peyk və yerüstü radiotexniki naviqasiya sistemlərinin inkişafı İNS-in tətbiq sahələrini məhdudlaşdırsa da, bir çox hallarda onun istifadəsi əvəzolunmaz əhəmiyyət kəsb edir. Bu yüksək intensivlikli küylər şəraitində uçuşların təmin olunması üçün çox vacibdir. İNS-in maneələrə qarşı davamlılığı çox yüksək olduğundan yüksək intensivlikli küylər şəraitində etibarlı uçuşları təmin etmək mümkün olur. Son dövrlərdə ucuz qiymətli, eləcə də kiçik qabarit ölçülü mikroelektromexaniki sistem (MEMS) texnologiyası əsasında hazırlanmış giroskoplara və akselerometrlərə malik, yeni tip inersial qurğular yaradılmışdır [4]. Buna baxmayaraq hələ ki, MEMS giroskop və akselerometrləri inersial sistemlərin tərkibində istifadə edən zaman dəqiqlik baxımından informasiyanı korreksiya etmək lazım gəlir.

GPS, QLOMASS, Galileo kimi sistemlərin geniş tətbiqi ilə sürətin və koordinatların müəyyən edilməsində kifayət qədər dəqiqlik təmin edilir [5]. Peyk naviqasiya qəbul edicisində qısamüddətli siqnalların yox olması halında, digər korreksiyaedici informasiyadan istifadə oluna bilər. Kompleks naviqasiya sistemləri üçün əsas iş rejimi inersial və peyk sistemlərinin inteqrasiyası hesab olunur. Bir-birindən bu qədər fərqlənən, iki naviqasiya sisteminin inteqrasiyasının vacibliyi onların hər birində olan prinsipial müxtəlif xarakterli xətalara izah olunur. Faktiki olaraq, bir çox naviqasiya tapşırıqları yalnız GPS-in köməyi ilə yerinə yetirilə bilər. İnersial qurğular isə yalnız stabilizasiya və idarəetmə üçün istifadə olunur. Lakin GPS – in maneələrə olan zəifliyi naviqasiya duyğalarının tətbiqinin vacibliyini göstərir və eləcə də, naviqasiya duyğalarından GPS yararlı olmayan yerlərdə (məsələn, hər hansı bir obyektə, tuneldə və ya mağarada) tətbiq oluna bilər.

İNS komponentlərdəki (giroskoplar və akselerometrlər) xətalara səbəbindən mövqeyi tam mükəmməl göstərə bilmir. Həmin xətalara müəyyən edilən mövqedəki xətalara vaxt keçdikcə daha da artmasına səbəb olur. Qısamüddətli uçuşları yerinə yetirən nəqliyyat vasitələrində isə bu xətalara qəbul edilə bilər. Daha uzunmüddətli hərbi tapşırıqları yerinə yetirmək üçün, əsasən İNS-in səbəb olduğu xətalara mümkün olduqca sıfıra yaxın olaraq azaldılması üçün naviqasiya sisteminə korreksiyaedici periodik tədbirlər görülməsi lazım gəlir. Bundan başqa, yüngül və ifrat yüngül uçuş aparatlarının meydana çıxması İNS-ə qoyulan çəki-qabarit tələblərini çox kəskin sərtləşdirmişdir ki, bu da ənənəvi İNS-lərdən imtina olunmasına gətirib çıxarmışdır. GPS bütün dünyada dəqiq fəaliyyət göstərməyi ilə tanınan naviqasiya sistemini təklif edir. Lakin, o da məlumdur ki, ucuz qiymətə yüksək keyfiyyətə malik və özünə məxsus dəqiqliyi ilə tanınan İNS demək olar ki, bütün prosesləri GPS-in köməyi olmadan da yerinə yetirə bilər [6, 7].

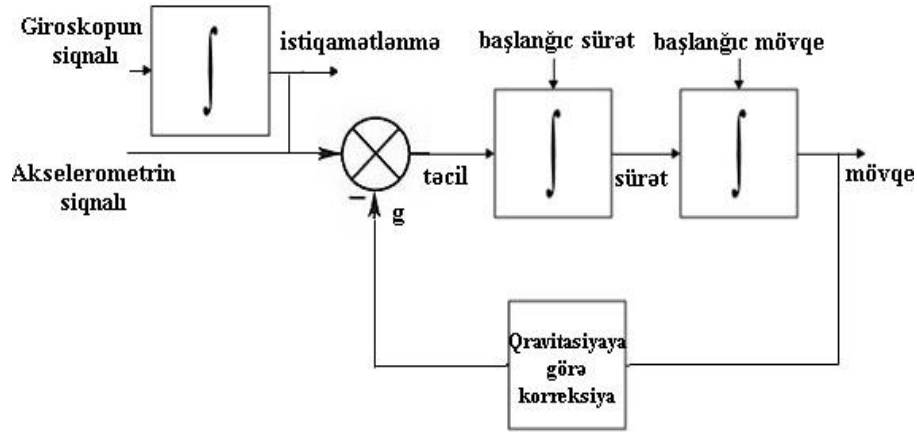
Aydındır ki, hər iki sistemi birlikdə istifadə etdikdə etibarlılığı və naviqasiya kompleksinin işinin dəqiqliyini artıraraq bir-birini tamamlayacaq və korreksiya edəcəkdir. İNS və GPS sistemlərinin birgə istifadəsi kəsilməz informasiya mübadiləsi tələb olunan tətbiqi naviqasiyalarda bir sıra problemlərin həllinə gətirib çıxaracaqdır.

İnersial Naviqasiya Sistemləri (İNS). Aviasiya naviqasiya sistemləri sahəsində texnologiyaların və elmin inkişafına görə uçuş aparatlarının bort cihazlarına olan ümumi tələblər müəyyən olunur [5]. Bu tələblər mülki aviasiya üçün birbaşa olaraq uçuşların təhlükəsizliyinin təmin edilməsinə qoyulan sərt tələblərdən irəli gəlir. Aviasiya üçün vacib sistemlərdən biri də, məhz İNS-dir. İnersial naviqasiyanın mahiyyəti hərəkət edən obyektə quraşdırılmış cihaz və qurğular vasitəsilə obyektin təcilinin və onun bucaq sürətlərinin, həmin verilənlər əsasında isə obyektin

yerinin (koordinatlarının), kursunun, sürətinin, qət etdiyi yolun və digər parametrlərin təyin edilməsindən, eləcə də obyektin stabiləşdirilməsi və onun hərəkətinin idarə edilməsi üçün tələb olunan parametrlərin təyin edilməsindən ibarətdir.

Pilotlu və pilotsuz uçuş aparatlarının naviqasiya sistemlərinin yaradılması ən çətin problemlərdən biri sayılır və bunu həll etmək alimlərin, mühəndislərin və uçuşun təmin edilməsi məsələləri ilə məşğul olan mütəxəssislərin üzərinə düşür. Uçuş aparatının koordinatlarının və Yerə nəzərən uçuş sürəti kimi naviqasiya parametrlərinin müəyyən edilməsi üçün bir sıra metodlar mövcuddur. Bu metodlar avtonom və qeyri-avtonom olmaqla iki yerə ayrılır. Kənar sistemlə əlaqəni tələb etməyən inersial metod avtonomluğu ən yaxşı şəkildə təmin edir. Bu metod, hərəkət edən obyektin koordiantları, sürəti və təcili arasında mexanikadan məlum olan əlaqəyə əsaslanır.

İnersial naviqasiya sistemi (İNS) inersial ölçü modulundan və ya inersial istinad modulundan (İRÜ-inertial reference unit) və sərbəstdüşmə təcilini hesablamaq üçün naviqasiya təyinedicisindən ibarətdir. Adətən, İMU üç ədəd akselerometr və üç ədəd giroskopdan ibarət olur [8]. İnersial naviqasiya sisteminin struktur sxemi şəkl.1-də göstərilmişdir. Akselerometr uçuş aparatının hərəkət təcilini ölçən zaman onun işinə yerin qravitasiya sahəsi də təsir göstərir. Naviqasiya sistemi təcilin ölçülən qiymətindən bu qiyməti yəni, sərbəstdüşmə təcili g -ni çıxaraq həqiqi qiyməti verir.



Şəkl. 1. İnersial naviqasiya sisteminin struktur sxemi

Burada naviqasiya sistemi giroskopdan alınan sənədləri inteqrallayaraq obyektin istiqamətlənməsini, verilmiş zaman anında obyektin hərəkət təcilini ölçərək onu iki dəfə inteqrallamaqla koordinatı təyin edir. Müəyyən edilmiş koordinatla da əsasən g -nin qiyməti təyin olunur və ölçülən təcildən çıxılır.

İMU-nun əsas funksiyası hava gəmisinin kren (roll), tanqaj (pitch) və vurnuxma (yaw) bucaqları və xətti təcili haqqında informasiyanı hesablayıb lazımi sistemlərə ötürməkdir. Bu məlumatlar naviqasiya hesablamaları və kren-tanqaj displeyləri üçün istifadə olunur [9].

Mülki təyyarələrdə istifadə olunan İNS naviqasiya məlumatlarını lazımi sistemlərə (FMS-Flight management system, EFIS- Electronic flight instrument system və s.) ötürür. Sistem tərkibinə iki və ya üç ədəd İRU daxildir. Burada hər bir İRU üç ədəd lazer giroskopuna və üç ədəd akselerometrə malikdir. Bunlar da uyğun olaraq xətti təcili və bucaq sürətini verirlər. Sistem hava verilənləri kompyuteri (ADC) və uçuşu idarətmə kompyuterindən (FMC) əlavə məlumatlar alaraq naviqasiya parametrlərini hesablayır. Sistemin idarə olunması inersial sistemin rejim panelinin (IRMP-İnertial reference mode panel) köməyiylə həyata keçirilir [9, 10].

İnersial naviqasiya sistemi əsasən 2 qrupa ayrılır:

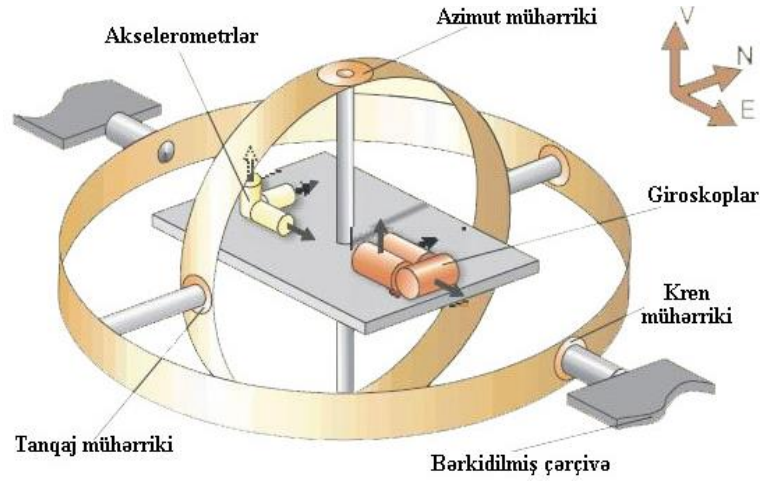
- Platformalı (Gimbale) sistemlər
- Platformasız (Strap-down) sistemlər

Platformalı sistemlərdə dayaq koordinat sistemi giroskop və akselerometrlərin stabiləşdirilmiş platformada yerləşdirilməsi yolu ilə alınır. Müasir İNS əsasən platformasız şəkildə qurulur. Burada akselerometrlərin ani çıxış sənədləri birbaşa kompyutərə daxil olur və dayaq

koordinat sistemində həm ani istiqamət, həm də bu istiqamətə uyğun korreksiya siqnalları hesablanır.

Platformalı İNS. Kardan asqı sistemi (Gimbaled) adlanan quruluş mexaniki bir sistemdir. Burada bir-birinə perpendikulyar olan sərbəst fırlanan ox üzrə istiqamətlənmiş üç ədəd akselerometr və 3 ədəd giroskopdan istifadə edilir. Bu qurğunun mərkəzində bir tərpnəmz lövhə üzərinə üç istiqamətdə ölçü apara biləcək şəkildə giroskoplar və akselerometrlər yerləşdirilmişdir. Platformalı İMU-nun quruluşu şək. 2-də göstərilmişdir [7, 11].

Sabit platforma üzərində olan giroskoplar platformanın hər hansı bir dönmə anını müəyyən etmək üçün istifadə edilir. Əldə edilən məlumatlar əsasında platformanın müvazinətdə qala bilməsini təmin etmək məqsədilə əks əlaqə dövrləri istifadə edilir.

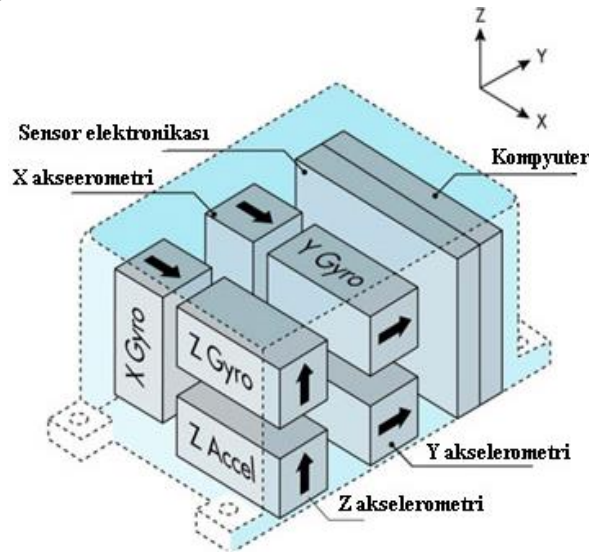


Şək. 2. Platformalı İMU

Bu növ sistem bəzi çatışmazlıqlara malikdir:

- bağlantı nöqtələri sürtünməyə məruz qalır;
- platforma sistemini naviqasiya sisteminə uyğun hala gətirə bilmək üçün enerji tələb olunur;
- sistemin kalibrasiyası çox çətindir və davamlı texniki xidmət tələb edir;
- enerji sərfi çoxdur, böyük kütləyə, qabaritə malikdir və bahadır.

Platformasız İNS. Platformasız İNS platformalı İNS sistemi ilə müqayisədə daha sadə konstruksiyaya malikdir. Platformasız (Strapdown) inersial naviqasiya qurğusunda ümumi sxem konstruksiyasının MEMS duyğacıları sabit bir çərçivə üzərinə üç istiqamətdə ölçü apara biləcək şəkildə yerləşdirilir (şək. 3).

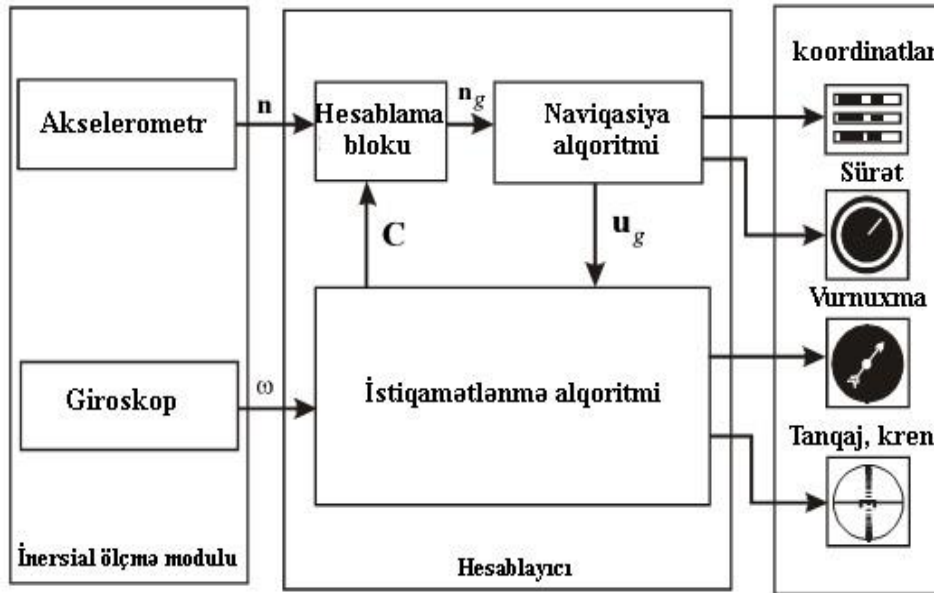


Şək. 3. Platformasız İMU

Platformasız İNS hərəkətli obyekt üzərində quraşdırılaraq, 3 ədəd akselerometr, 3 ədəd giroskop, duyğaların elektronikasından və hesablayıcıdan ibarət olub, mexaniki hərəkətə malik deyildir. Burada, qravitasiya sahəsinin intensivliyinin akselerometrlərdə hərəkətdən yaranan təcil ilə qarışmasını əngəlləyən mexaniki sistem platformasız konstruksiyada yoxdur.

Platformasız İNS-in qurulması üçün lazım olan əsas blokları ayırmaq olar (şək. 4.) [11].

- akselerometrlər bloku; giroskoplar bloku; hesablama bloku; naviqasiya alqoritmi; istiqamətlənmə alqoritmi.



Şək. 4. Platformasız İNS-in ümumiləşdirilmiş funksional sxemi

Elektronika və mikroprosessor texnikasının inkişafı nəticəsində ölçmələrin yüksək sürətlə aparılması platformasız İNS-ə keçməyə imkan vermişdir. Platformasız naviqasiya sistemlərində hesablama prosesi iki alqoritmə ayrılır: istiqamətlənmə alqoritmi və naviqasiya alqoritmi. Naviqasiya alqoritmi - obyektin olduğu yerin koordinatlarını və sürətlərini hesablamaq üçün nəzərdə tutulmuşdur və əlavə olaraq normal koordinat sisteminin u_g mütləq bucaq sürətinin vektorunu formalaşdırır. İstiqamətlənmə alqoritmi – istiqamətlənmə məsələsini həll etmək və hesablama blokunda istifadə olunan C keçid matrisini formalaşdırmaq üçün istifadə edilir. İstiqamətlənmə alqoritmi Eyer-Krilov bucaqları, istiqamətlənmiş kosinuslar, kvaternionlar və s. kimi müxtəlif kinematik parametrlərdən istifadə edilərək qurula bilər [12].

Qeyd edək ki, Platformasız İNS girostabiləşdirilmiş platformalı İNS ilə müqayisədə bir sıra üstünlüklərə malikdir. Mürəkkəb elektromexanika qurğusu olan girostabiləşdirilmiş platformanın olmaması, konstruksiyanın kiçikölçülü olması, aşağı enerji sərfiyyatı və ucuz olaraq istehsal edilə bilməsi baxımından, son illərdə daha geniş istifadə olunur. Bundan əlavə, İNS sistemi və onun içərisində yerləşən ümumi quruluş hərbi baxımdan bir çox döyüş maşınlarında (sualtı qayıqlar, tanklar və s.) və ya avtomatlaşdırma sistemlərində də istifadə oluna bilər.

İnersial sistemlərin xətalrı. İNS-in dizaynı üçün standartlar olmadığından burada xəta mənbələri olduqca çoxdur [7]:

- Mövqe və sürətin ilkin qiymətlərinin müəyyənəşdirilməsindən yaranan sıfırlama xətalrı.
- Kardan asqı sisteminin başlanğıc istiqamətlənmə vaxtları və ya strapdown sistemlərdə orientasiya istiqamətinin naviqasiya oxlarına görə kosinusdan meydana gələn istiqamət xətalrı.
- Zaman keçdikcə duyğaların kalibrasiyasında yaranan dəyişikliklərdən meydana gələn kompensasiya xətalrı.
- Qravitasiya model xətalrı.

İnersial naviqasiyada istifadə edilən giroskoplar üçün xəta modelləri əsasən iki məqsəd üçün istifadə edilir:

1. Giroskopun parametr funksiyalarının müəyyən edilməsi.

2. Yaranan xətlərin kalibrasiyası və kompensasiya edilməsi.

Giroskoplarda əsas xəta mənbələri sıfırın dreyfi, ox sürüşmələri, təcilə həssaslığı və s. aiddir. Akselerometrlər üçün əsas xəta mənbələri isə meyletmələr, sərbəstdüşmə təcilinin təsirləri, bucaq təcili həssaslığı və s. aiddir [8].

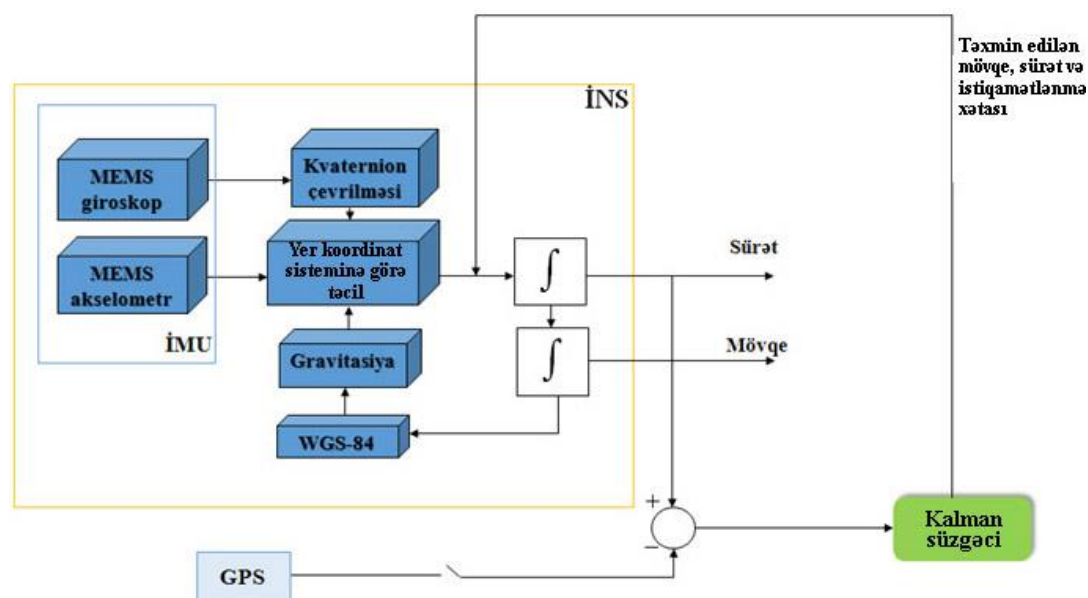
Pilotsuz uçuş aparatları üçün İNS modeli. Avtonom nəqliyyat vasitələrində mövqenin hesablanması üçün ilk əvvəl gövdəyə nəzərən ölçülən təcil qiymətlərinin Yer koordinat sistemində çevrilməsi lazımdır. Bunun üçün kvaternion çevrilməsi alqoritmi və ya DCM (Direction Cosine Matrix) matrisləri istifadə edilir. Yuxarıda qoyulan məsələnin reallaşdırılması üçün kvaternionlar üzərində qurulmuş kinematik tənliklərdən istifadə olunması ən optimal yoldur. Kvaternion üsulu W.R. Hamilton tərəfindən riyazi məqsədlər üçün hazırlanmış, olduqca mürəkkəb və yüksək səmərəli bir metoddur. Bu tip tənliklər xəttidir və obyektin müxtəlif vəziyyətlərində xəta yaratmır. Bundan əlavə kvaternion tənliklərinin sayı 4-dür və onlar bir əlaqə tənliyi tətbiq olunmaqla qurula bilər [3, 12].

Şək. 5-də kiçikölçülü pilotsuz uçuş aparatları üçün MEMS duyğacıları əsasında İNS-in modeli təklif olunmuşdur. Burada kvaternion çevrilməsində giroskoplardan alınan bucaq sürətlərindən təyyarənin bucaq vəziyyəti hesablanır. Əldə edilən bucaq məlumatı istifadə edilərək, təyyarə istinad sistemindən Yer koordinat sistemində çevirici matris tapılır. Bu matris ilə akselerometrlərdə ölçülən təcil vurulur. Alınan qiymətlərdən sərbəstdüşmə təcili çıxıldığında Yer koordinat sistemində görə təyyarənin təcilləri əldə edilir. Yer koordinat sistemindəki təcillər inteqrallanaraq təyyarənin sürət və mövqeyi hesablanır. Bundan başqa, sərbəstdüşmə təcili koordinatlara və hündürlüyə görə dəyişdiyindən mövqe məlumatına görə qravitasiyanın hesablanması lazımdır. İnersial naviqasiya sisteminin WGS-84 (1984 Dünya Geodezik Sistemi) modelə görə qravitasiyanın hesablanması da, ölçmələrin dəqiq olması baxımından vacib olan bir faktordur.

Ən optimal variant Kalman süzğəci istifadə edilərək GPS kimi köməkçi bir qəbulədicinin qoşulduğu İMU-dan alınan təcil və bucaq sürətindən istifadə edilərək yaradılan süzğəc modelidir. Məlum olduğu kimi, Kalman süzğəcində sistem və müşahidə modeli olaraq, iki model mövcuddur və modelin çıxışında xəta minimuma endirilir. Bu modellərdə sistem modelini nəqliyyat vasitəsinin kinematik tənlikləri və əlaqədar vəziyyət dəyişənləri təşkil edir. Köməkçi sistem və ya müşahidə modeli isə mövqe və sürət məlumatlarını verən GPS və s. kimi naviqasiya sistemləridir. Əgər PUA-ya xüsusi hallarda radioəlaqə olmadan uçuşu davam etdirmək tapşırığı verilsə, bu zaman sistem GPS-i birmənalı (mikroelektromexaniki) ayıraraq yalnız İNS məlumatlarına əsasən uçuşu yerinə yetirə bilər. Bu zaman İNS kənar təsirlərin qarşısını almaq üçün xüsusi olaraq ekranlaşdırılmalıdır.

İMU-dan gələn ölçmələrin tezliyi yüksək olduğundan dolayı hesablama baxımından yük böyük olur. Bu çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün birbaşa və dolayı əks əlaqəli metodlardan istifadə oluna bilər. Bu metodlarda təxmin edilən vəziyyət dəyişmələri xəta qiymətləridir. İNS və köməkçi naviqasiya sistemlərinin ölçmələri arasındakı fərq müşahidə edilən xəta olaraq müşahidə modelində istifadə edilir. Eyni qayda ilə sistem modeli də xətanın inersial naviqasiya tənlikləri ilə modelləşdirilməsini özündə birləşdirir. Dolayısı əks əlaqəli süzğəcinin çatışmamazlığı xəta qiymətlərindəki sonsuz artma vəziyyətidir. Buna görə də, ən optimal variant kimi birbaşa əks əlaqəli metoddan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Bu metodda təxmin edilən xətanın qiyməti birbaşa inersial naviqasiya sistemində geri qaytarılır. Bu tip əks əlaqə birləşməsindən istifadə etməklə müşahidə edilən xəta qiymətlərinin artmasını minimuma endirmək olar.

PUA-lardan sualıtı qayıqlara qədər, bir çox hərəkətli vasitələrdə istifadə edilən İNS-in ölçmə nəticələrinin çox həssas və dəqiq olması, bu sistemi xüsusilə GPS siqnallarının olmadığı hallarda daha da gərəklidir. Bundan əlavə mövqenin tapılmasında istifadə ediləcək alqoritm yüksək bir seçmə tezliyində təkrar ediləcəyi üçün hesablama nə qədər sadə olarsa, sistemin yekun məlumatı formalaşdırılma müddəti də, bir o qədər azalacaqdır.



Şəkil 5. Pilotsuz uçuş aparatları üçün İNS modeli

Nəticə. Mikromexaniki akselerometr və giroskop əsasında maneələrə qarşı dayanıqlı İNS-in optimal modelinin işlənməsi və tədqiqi istifadə edilə biləcək yüksək texnologiyalı müdafiə sistemlərini inkişaf etdirməyə, eləcə də kənar təsirlərdən asılılığını mümkün qədər azaltmağa imkan verə bilər. İşdə inersial naviqasiya sistemlərinin qurulma prinsipləri araşdırılmış, perspektiv inkişaf istiqamətləri müəyyənləşdirilmiş və kiçikölçülü pilotsuz uçuş aparatları üçün optimallaşdırılmış parametrlərə malik MEMS qurğuları əsasında inersial naviqasiya sisteminin modeli təklif olunmuşdur. Modeldə GPS və Kalman süzəci istifadə edildiyindən müşahidə edilən xəta qiymətlərinin artması minimuma endirilir. Təklif edilən İNS modelinin əsas üstünlükləri avtonomluq, universallıq, maneəyə davamlılıq və dəqiqlikdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Тимошенко С.П. Применение МЭМС - сенсоров в системах навигации и ориентации подвижных объектов / С.П. Тимошенко, А.П. Кульчицкий // Известия вузов. Электроника. 2012. - №6 .– С.51-56.
2. George T. Schmidt. INS/GPS Technology Trend. Advances in Navigation Duyğacs and Integration Technology, Published February 2004. ISBN 92-837-1114-9.
3. E. Büşdok, A.E. Özçelik İnersiyal navigasyon sistemleri. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS 2008, Kayseri. Səh. 585-594.
4. Nəbiyev R.N., A.Z. Məmmədov. Mikroelektromexaniki akselerometr və giroskopların parametrlərinin müqayisəli təhlili. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı-2018, №3, Cild10. səh. 7-20. (iyul-sentyabr).
5. Степанов О.А. Особенности построения и перспективы развития навигационных инерциально-спутниковых систем. /Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации. Сб. статей докл. СПб. 2001.
6. KEVIN J. WALCHKO, "Low cost Inertial Navigation: Learning to Integrate Noise and Find Your Way" A Thesis Presented to The Graduate School of The University Of Florida in Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Master of Science (2002).
7. Özçelik A.E., 2009. "Kalman Filtrləmə Yöntemi kullanilaraq GPS/İNS Veri Entegrasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
8. A.Z. Bədəlov, R.N. Nəbiyev, A.Z. Məmmədov. Uçuş aparatlarının şaquli sürətlərinin ölçülməsinin xüsusiyyətləri. Monoqrafiya. Bakı, MAA, 2018, 208 səh.
9. A.Z. Bədəlov, R.N. Nəbiyev, A.Z. Məmmədov. Aviasiya cihazları və informasiya-ölçmə sistemləri. Dərslik. Bakı, MAA, 2017, 382 səh.
10. Boeing 767 Maintenance Training Manual. Navigation Systems. 2012.

11. Т.С. Milli Egitim Bakanlığı, Uçak Bakım., Modul “Digital Uçak Sistemleri”. Ankara-2011, 80 səh.
12. Матвеев В.В. Инерциальные навигационные системы: Учебное пособие. Изд –во ТулГУ, 2012.-199 с.

REFERENCES

1. Тимошенко С.П. Применение МГМС - устройств в системах навигации и ориентации подвижных объектов / С.П. Тимошенко, А.П. Кургчиуки // Известия вузов. Электроника. 2012. - №6 .– С.51-56.
2. George T. Schmidt. INS/GPS Technology Trend. Advances in Navigation Devices and Integration Technology, Published February 2004. ISBN 92-837-1114-9.
3. Bushdok E., Ozchelik A.E. İnersiyal navigasyon sistemleri. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS 2008, Kayseri. Səh. 585-594.
4. Nabiyev R.N., A.Z. Mammadov. Mikroelektromexhaniki akselerometr ve giroskopların parametrlərinin müqayisəli təhlili. Azərbaycan Muhandislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı-2018, №3, Cild10. səh. 7-20.
5. Stepanov O.A. Osobennosti postroeniya i perspektivy razvitiya navigatsionnykh inertsiyalno-sputnikovyx sistem. /İnteqrirovanniy inertsiyalno-sputnikoviy sistem navigatsii. Sb. statey dokl. SPb. 2001.
6. KEVIN J. WALCHKO, “Low cost Inertial Navigation: Learning to Integrate Noise and Find Your Way” A Thesis Presented to The Graduate School of The University Of Florida in Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Master of Science (2002).
7. Ozchelik A.E., 2009. “Kalman Filtrleme Yontemi kullanilaraq GPS/İNS Veri Entegrasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
8. Badalov A.Z., Nabiyev R.N., Mammadov A.Z. Uchush aparatlarının şəhuli sürətlərinin ölçülməsinin xüsusiyyətləri. Monoqrafiya. Bakı, MAA, 2018, 208 səh.
9. Badalov A.Z., Nabiyev R.N., Mammadov A.Z. Aviasiya cihazları və informasiya-ölçmə sistemləri. Dərslik. Bakı, MAA, 2017, 382 səh.
10. Boeing 767 Maintenance Training Manual. Navigation Systems. 2012.
11. Т.С. Milli Egitim Bakanlığı, Uçak Bakım., Modul “Digital Uçak Sistemleri”. Ankara-2011, 80 səh.
12. Matveev V.V. İnersiyalniye navigatsionniye sistemi: Uchebnoe posobie. İzd –vo TulQU, 2012.-199 s.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Р.Н. Набиев, А.З. Мамедов

Из-за атмосферных условий и физической среды наблюдается исчезновение коротковременных сигналов GPS. Помехоустойчивость инерциальной навигационной системы (ИНС) очень высока, поэтому надежность полетов обеспечивается даже при условиях высокоинтенсивных шумов. В данной статье рассмотрены вопросы по принципу работы, структуре, по преимуществу и недостаткам платформенных и бесплатформенных ИНС и показаны основные причины, подтверждающие важность использования этих систем. В работе предложена модель ИНС на основе МЭМС датчиков с оптимизированными параметрами для малогабаритных беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, инерциальная навигационная система, инерциальный измерительный модуль, гироскоп, крен, тангаж, курс, позиционирование, скорость, угол.

**PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF
INERTIAL NAVIGATION SYSTEM**

R.N. Nəbiyev, A.Z. Məmmədov

Because of the atmosphere condition and physical environmental impacts there occurs the short-term disappearance of GPS signals. As the high durability of inertial navigation system (INS) again obstacles it becomes possible to provide reliable flights in high intensive noisy condition. In this article various issues have been discussed, including the structure, functioning principles, advantages and disadvantages of the gimbaled and strapdown INS, and the main reasons, conditioning the importance of this system. In the work there has been proposed the model of INS on the base of MEMS with optimized parameters for small-sized unmanned aerial vehicles.

Key words: *unmanned aerial vehicle, inertial navigation system, inertial measurement unit, gyroscope, roll, pitch, heading, positioning, rate, angle.*

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Nəbiyev Rasim Nəсіб oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası, ETNAPİ

Vəzifəsi: Aviasiya elektronikasısı şöbəsinin rəisi, t.e.d., professor

Maraq sahəsi: aviasiya texnikası; aeronaviqasiya, cihazqayırma, elektronika.

E-mail: nabiyevrasim@gmail.com

Əlaqə telefonu: +994 55 754 76 46

Soyadı, adı, atasının adı: Məmmədov Aftandil Zəkali oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası

Vəzifəsi: Aerokosmik cihazlar kafedrasının dosenti, t.f.d.

Maraq sahəsi: cihazqayırma; naviqasiya sistemləri

E-mail: aftandil855@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 77 420 01 65

Rəyçi: *t.f.d., dos., T.İ. Kərimli*

УДК 629.78

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**И.А. Искендеров, С.С. Багирзаде**

Национальная Академия Авиации

В статье проведен анализ методов повышения точности систем управления малого космического аппарата и выбран один из оптимальных методов обработки данных - фильтр Маджвика, отличающийся малыми среднеквадратичными ошибками и своей гибкостью. Построены модели фильтров Калмана и Маджвика в программной среде MatLab и проведен сравнительный анализ результатов обработки. В качестве другого подхода была рассмотрена возможность внедрения в системы управления нечетко-нейронной сети и в Matlab/Simulink построена модель нечетко-нейронного контроллера для определения положения, за счет чего можно обеспечивать наибольшую точность управления малого космического аппарата.

Ключевые слова: космический аппарат; спутник; управление; модель; точность; фильтр Маджвика, ANFIS - технологии.

Введение

Постановка проблемы. Для обеспечения более точного управления в бортовой системе управления (БСУ) малого космического аппарата, весьма необходимо получить точные значения данных, что является актуальной задачей при разработке БСУ.

Одной из основных бортовых систем спутников является система ориентации, которая предназначена для управления его угловым положением с применением соответствующих датчиков и исполнительного органа. Показатели датчиков и исполнительного органа непосредственно влияют на точность такой системы.

Более точное вычисление данных является важной задачей большинства систем управлений, и в частности системы ориентации космического аппарата. Дороговизна и габаритно-стыковочные показатели высокоточных датчиков специального применения ставят ограничения на их использования в малых космических аппаратах.

В результате влияния некоторых внешних возмущений на значения параметров ориентации, полученные данные могут искажаться, в результате чего, уменьшится точность управления. Поэтому для решения данной задачи, должны применяться дополнительные методы и средства.

Цель работы. Анализ и синтез микроминиатюрных и гибких датчиков для применения в системе управления малого космического аппарата и разработка наиболее оптимальных методов обработки данных от датчиков, обеспечивающих повышение точности управления, является целью данной работы.

1. Анализ литературы.

После анализа литературы последних лет [1-4,23], для построения модели системы управления с повышенной точностью, в качестве датчиков нами выбраны гироскоп, акселерометр и магнитометр в совокупности, для обеспечения определения абсолютного значения ориентации. Решение проблемы сравнительно легко может быть реализовано с помощью микроэлектромеханических систем (MEMS), которые в последние годы широко используются как во многих областях, также в авиакосмической области.

Выбранные для исследований в данной работе датчики, то есть гироскоп, акселерометр и магнитометр, являются элементами МЕМ - технологии. С целью устранения

влияния внешних возмущений и факторов, на значения параметров управления, получаемых с таких датчиков, проанализированы возможности некоторых методов, которые используются для компенсации таких влияний.

Одним из таких традиционных методов является использование фильтра Калмана, который широко применяется также в космических аппаратах [5-7]. Как известно, фильтр Калмана - это набор математических уравнений, который обеспечивает эффективное вычислительное (рекурсивное) средство для оценки состояния процесса таким образом, чтобы минимизировать среднее значение квадрата ошибок. Этот фильтр использует динамическую модель и модель измерений датчиков, для получения наиболее точной, возможной оценки состояния системы, с использованием линейной оценки на основе текущих и измеренных данных.

Фильтр Калмана, отличающийся своей мощностью и эффективностью обработки данных, имеет также некоторые проблемы практического его использования, сопровождающиеся увеличением сложности, вычислительной нагрузки, настройки ковариации и т.д., которые достаточно подробно рассмотрены в работах [8-12].

С учетом наличия проблем в этом фильтре, были проведены исследования по выбору или разработке альтернативных методов и фильтров для обработки данных. Многие из существующих на сегодняшний день методов, самые главные из которых приведены в литературе [13-15], из-за своей вычислительной нагрузки и невысокой точности не подходят для решения поставленной задачи. Например, в фильтре Бахмана при аппроксимации методом наименьших квадратов, увеличивается вычислительная нагрузка, а в фильтре указанном в работе [14] появляется проблема с точностью при пространственном определении положения.

2. Постановка задачи.

Для обеспечения программной реализации повышения точности управления малого космического аппарата поставлены задачи по выбору и разработке наиболее оптимальных методов обработки данных от бортовых датчиков.

Условием правильного выбора оптимальных методов является анализ и синтез необходимых микроминиатюрных и гибких датчиков для применения в системе управления малого космического аппарата, построение математических моделей, обработка данных, получаемых от бортовых датчиков.

Проведенный анализ показал, что среди существующих средств, рассмотренных нами, фильтр Маджвика является наиболее подходящим средством для повышения точности в малом космическом аппарате. Фильтр, разработанный Себастьяном Маджвиком, позволяет реализовать оптимальный метод на основе вышеупомянутых датчиков, для компенсации ошибок контроля. Пространственное положение в фильтре задается при помощи кватернионов, благодаря чему не появляются проблемы со складыванием рамок.

С учетом особенностей фильтра Маджвика он выбран нами как средство фильтрации – обработки данных от датчиков.

Другим перспективным методом рассматривается применение нейро-нечетких сетей. Нейро-нечеткие сети используют преимущества обеих технологий: они имеют возможности обучения и обобщения, также могут выявлять функциональные возможности, хранящиеся в модели. Они обеспечивают изучение и настройку своих параметров на основе шаблонов ввода-вывода (фаза обучения), а затем работают как нечеткая логическая система (фаза исполнения).

3. Описание методов и средств обработки данных от бортовых датчиков.

Модель применения фильтра Маджвика.

Как показано в работе самого автора [15], при сравнении этого фильтра с фильтром Калмана, достигается уровень точности: 0,6 градусов среднеквадратичное отклонение в неподвижном состоянии и 0,8 градусов среднеквадратичное отклонение в подвижном состоянии.

А основными преимуществами этого фильтра являются:

- обновление фильтра через каждые 277 арифметических операций;
- достижение эффективности при низких частотах дискретизации (например, при 10 Гц);
- наличие 2 настраиваемых параметров.

Кватернион ориентации q_0 , путем численного интегрирования расчетной скорости изменения ориентации \dot{q}_0 определяется следующим образом [16]:

$$\dot{q}_{0,t} = \dot{q}_{\omega,t} - \beta \dot{q}_{\epsilon,t} \quad (1)$$

где \dot{q}_{ω} – скорость изменения ориентации

$$\dot{q}_{\omega,t} = \frac{1}{2q_{0,t-1}} \otimes s_{\omega,t} \quad (2)$$

где $s_{\omega,t} = [0 \ \omega_x \ \omega_y \ \omega_z]$, – компоненты вектора угловой скорости, измеренные датчиками угловых скоростей; β – все ошибки измерений нуля гироскопа, выраженные как величина производного кватерниона; \dot{q}_{ϵ} вычисляется на основании измерений акселерометра и магнитометра; s_{ω} – скомпенсированные измерения гироскопа; ${}^E \hat{h}$ – контролируемое направление магнитного поля Земли в земных координатах; ${}^E \hat{b}$ – относительное направление магнитного поля Земли; ζ – скорость сходимости для удаления ошибок измерения гироскопа.

Модель применения искусственной нейронной сети. Искусственная нейронная сеть (ИНС) разработана на основе биологических нейронных сетей, которая создает сеть автономных вычислительных единиц (нейронов) и соединяет их через определенные весовые связи [17]. Такая вычислительная единица, например искусственный нейрон, показан на рис.1.

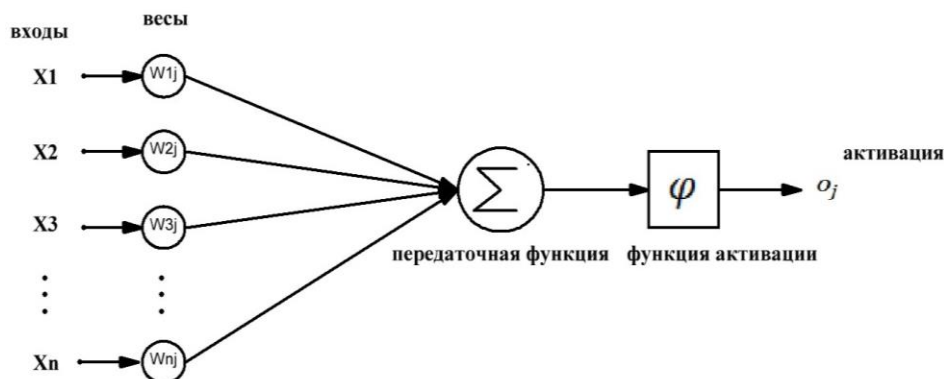


Рис.1. Искусственный нейрон

Искусственный нейрон состоит из входных значений (специальные нейроны иногда не имеют никаких входов), передаточной функции, функции активации и дополнительного компонента памяти, когда весовые связи между ними представлены действительными числами.

На протяжении десятилетий, искусственные нейронные сети, из-за их устойчивости, способности к высокоуровневому соединению и возможности обработки неполных данных, оказались мощными вычислительными моделями для решения сложных задач. Однако, никакая информация (например, о связях между параметрами) не может быть извлечена от обученного ИНС. Общая модель ИНС может только приблизить выходные параметры, но не может показать, какие виды соединений существуют между входными и выходными параметрами. Это является ключевым недостатком модели нейронной сети, что привело к созданию нейро-нечетких систем.

Как известно, нечеткая логика - это тип логики, использующая нечеткие множества, для представления истинных значений и обеспечения эффективного способа представления человеческих знаний на математическом языке [18,19]. Нечеткая логика, способна

обрабатывать непрерывные истинные значения и представить логический вывод, на основе нечетких «правил» вывода, в виде:

Если <исходное условие > тогда <результат>,

Каждое «правило» использует лингвистические переменные с символическими терминами. Каждый термин представляет собой нечеткое множество. Механизм нечеткого вывода состоит из трех этапов:

1) На первом этапе значения числовых входов сопоставляются функцией, в соответствии со степенью совместимости соответствующих нечетких множеств. Эту операцию называют фаззификацией.

2) На втором этапе система обрабатывает «правила», в соответствии с «силой обжига» входов, которая измеряет степень соответствия правила входным данным.

3) На третьем этапе конечные нечеткие значения снова преобразовываются в числовые значения. Эту операцию можно назвать дефаззификацией.

Имеется два основных типа систем нечетких выводов, основанных на математическом расчете вывода: вывод типа Мамдани и вывод типа Такаги-Сугено-Канга (TSK). Нечеткое «правило» типа Мамдани можно описать как:

$$\text{если } A = X_1 \text{ и } B = X_2 \text{ тогда } C = X_3,$$

где A, B, C являются переменными, а X_1, X_2 и X_3 - нечеткие множества. В отличие от типа Мамдани, «правило» TSK имеет вид:

$$\text{если } A = X_1 \text{ и } B = X_2 \text{ тогда } C = aA + bB + c,$$

где a, b и c являются константами.

Типы вывода Мамдани являются более интерпретируемыми, так как исходные условия и результаты «правил» у этого типа являются нечеткими множествами, в то время как у типов Такаги-Сугено-Канга только исходные условия «правил» являются нечеткими множествами, несмотря на то, что они более точны и эффективны.

Таким образом, нечеткие системы обладают теми же преимуществами, что и нечеткие «правила», которые хранят легко интерпретируемую информацию. Они предоставляют простой интерфейс для добавления системе новой информации («правил») или манипулирования существующими правилами. Полная зависимость нечетких систем от проектирующих их экспертов является недостатком этих систем. Нечеткие системы могут только использовать закодированную в системе информацию, не имеют возможностей соединения и не могут самостоятельно обучаться.

Для устранения этих недостатков соединяют нечеткие системы с ИНС, в результате чего появляются нечетко-нейронные системы, являющиеся мощными вычислительными средствами. В таблице 1 дается сравнительный анализ типов нейро-нечетких систем, где приводятся основные преимущества и недостатки каждой архитектуры [20].

Можно сказать, что архитектура ANFIS является самой популярной и распространенной среди нейро-нечетких систем в области диагностики и контроля. Главная причина этого заключается в том, что архитектура ANFIS, по сравнению с другими нейро-нечеткими типами моделей, является наиболее высокоточной, за счет чего компенсируются ее недостатки.

Существует два основных преимущества использования нечетко-нейронной системы по сравнению с другими методами:

- Нейро-нечеткие системы уменьшают трудности моделирования и анализа сложных систем.
- В нейро-нечеткую систему можно ввести входные и выходные данные процесса.

Таблица 1

Архитектура нейро-нечетких систем

Архитектура	Преимущества	Недостатки
ANFIS	<input type="checkbox"/> Реализуется механизмом логического вывода Такаги-Сугено-Канга, являющегося очень точной моделью (наиболее точная среди представленных архитектур и точнее чем многослойный персептрон и нечеткие системы)	<input type="checkbox"/> Многовыходные системы не могут обрабатываться <input type="checkbox"/> Только полностью определенные структуры могут быть обучены <input type="checkbox"/> Нет динамического «правила» создания или сокращения
FALCON	<input type="checkbox"/> Имеет фазу обучения для построения первоначальной структуры (количество «правил» и функций можно определить при помощи обучения) <input type="checkbox"/> Вывод типа Мамдани, делает ее более интерпретируемым	<input type="checkbox"/> Вывод типа Мамдани, делает его менее точным, особенно при оценке параметров
GARIC	<input type="checkbox"/> Является одним из самых ранних нейро-нечетких систем	<input type="checkbox"/> Это не одна модель, а содержит несколько компонентов
NEFCON	<input type="checkbox"/> Умеет сокращать количество «правил» во время обучения. <input type="checkbox"/> Вывод типа Мамдани, делает ее более интерпретируемым	<input type="checkbox"/> Вывод типа Мамдани делает его менее точным, особенно при оценке параметров
SONFIN	<input type="checkbox"/> Не имеются исходные «правила», но они создаются и адаптируются во время обучения посредством одновременной идентификации структуры и параметров <input type="checkbox"/> Для моделирования сложной системы, количество сгенерированных правил и функций мала	<input type="checkbox"/> Не так точна, как архитектура ANFIS (несмотря имеет аналогичную структуру)
dmEfuNN	<input type="checkbox"/> Во время обучения может увеличивать или уменьшать количество правил в системе	<input type="checkbox"/> Не точна, как архитектура ANFIS

4. Обсуждение результатов экспериментов.

4.1. Результаты программной реализации обработки данных, применением фильтра Маджвика.

Для сравнения результатов обработки, производимых фильтрами Калмана и Маджвика, была выбрана программная среда MATLAB, которая предоставляет широкие возможности для проектирования, анализа и реализации фильтров. Было проведено сравнение выходных значений этих фильтров на основе трех датчиков в программе MATLAB.

На первом графике представлены откалиброванные данные, полученные с гироскопа, акселерометра и магнитометра, что показано на рис.2,а.

Далее получаем неотфильтрованные значения от трех датчиков, когда он последовательно поворачивался от 0 градусов до +90 градусов и затем до -90 градусов вокруг осей X, Y и Z (рис.2,б).

Выполнив фильтрацию значений с трех датчиков, с использованием фильтра Калмана, получаем результат, приведенный на рис.3,а, а при фильтрации с помощью фильтра Маджвика, получаем более качественный результат (рис.3,б).

На основе нижеприведенных графиков, можно сравнивать выходные значения двух фильтров. Получая значения с трех датчиков, фильтр Калмана обрабатывает их соответствующим алгоритмом, используя кватернионы. После обработки кватернионы преобразуются в углы Эйлера и выводятся в виде трех углов ϕ , θ и ψ , которые описывают

пространственное положение малого космического аппарата (рис.3,а). А на последующем графике (рис.3,б) представлены выходные значения, обработанные алгоритмом Маджвика, которые получили те же входные данные. Как видно с графиков, выходные значения, обработанные фильтром Маджвика, в точности не уступают фильтру Калмана и при этом обеспечивают лучшую отфильтрованную графическую зависимость данных.

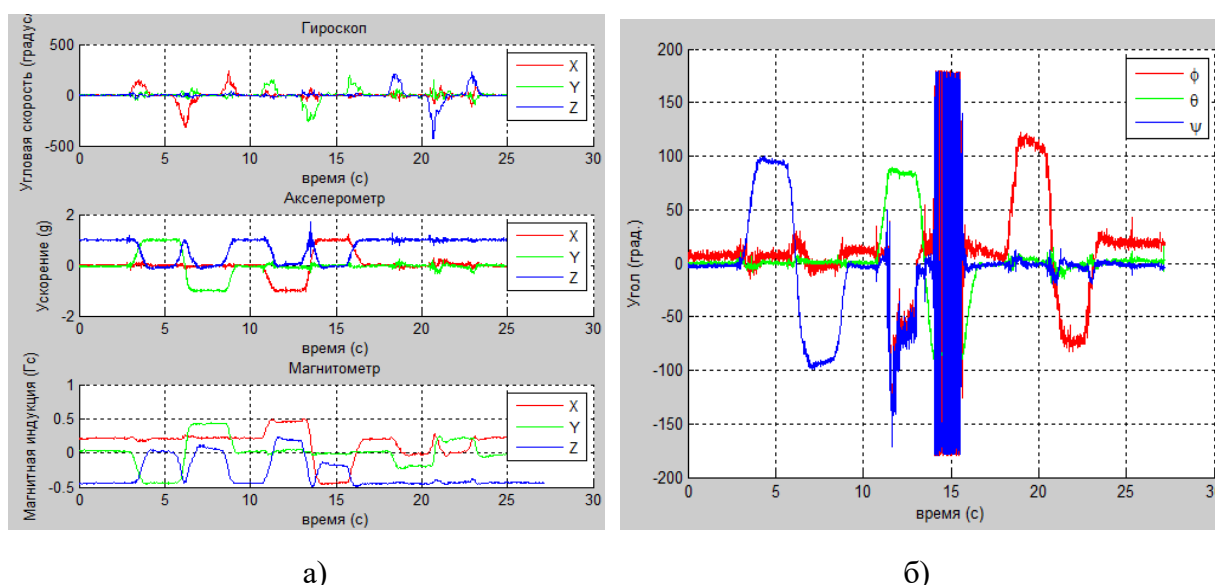


Рис.2. Данные полученные от датчиков: а) откалиброванные значения гироскопа, акселерометра и магнитометра; б) неотфильтрованные значения гироскопа, акселерометра и магнитометра в виде углов Эйлера

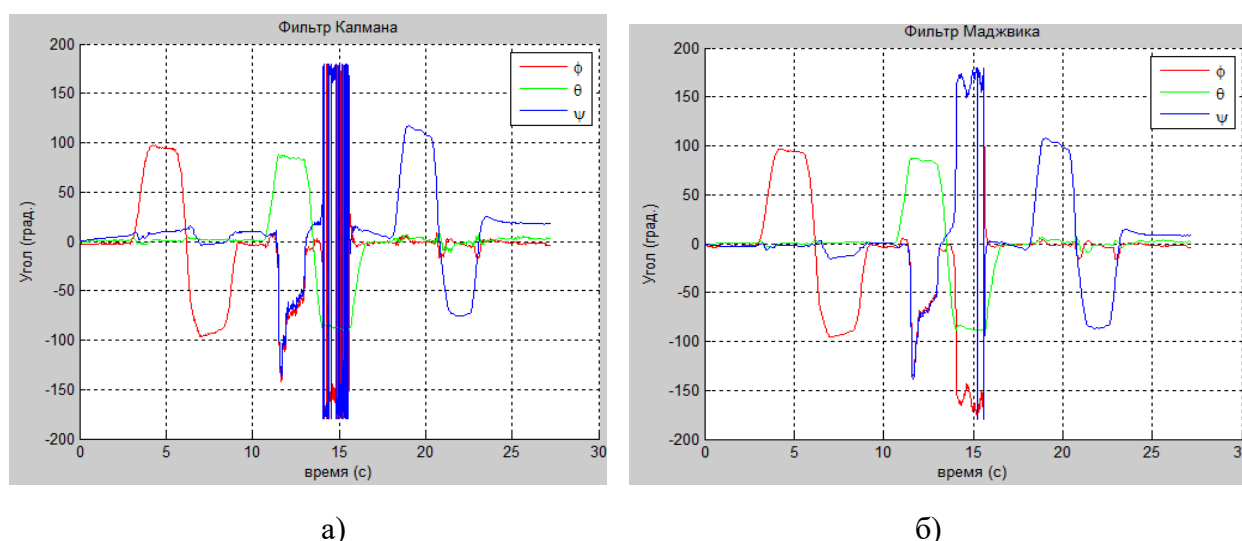


Рис.3. Фильтрация данных с гироскопа, акселерометра и магнитометра: а) с использованием фильтра Калмана; б) с использованием фильтра Маджвика

4.2. Результаты программной реализации обработки данных с применением нечетко-нейронной сети. Был разработан контроллер в MatLab/Simulink с использованием системы нечеткой логики на основе адаптивной сети - ANFIS технологии. Чтобы применить правило гибридного обучения, были выбраны случайные начальные и желаемые значения углов Эйлера, которые показаны на рис. 4.

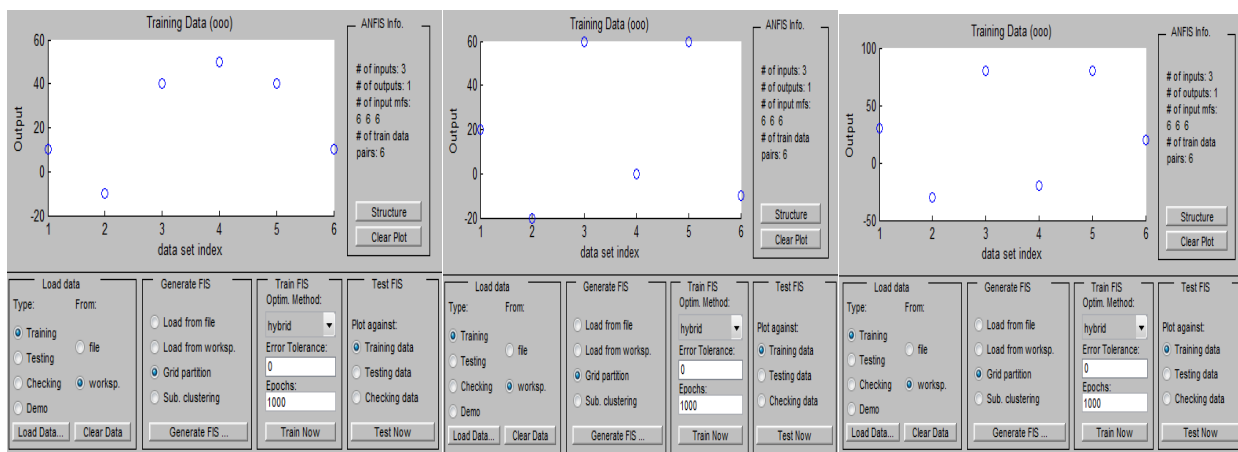


Рис.4. Заданные значения углов Эйлера

Задав значения, настраиваем параметры в окне ANFIS Editor, и начинается обучение сети, в результате которого получаем следующую ANFIS структуру (рис.5).

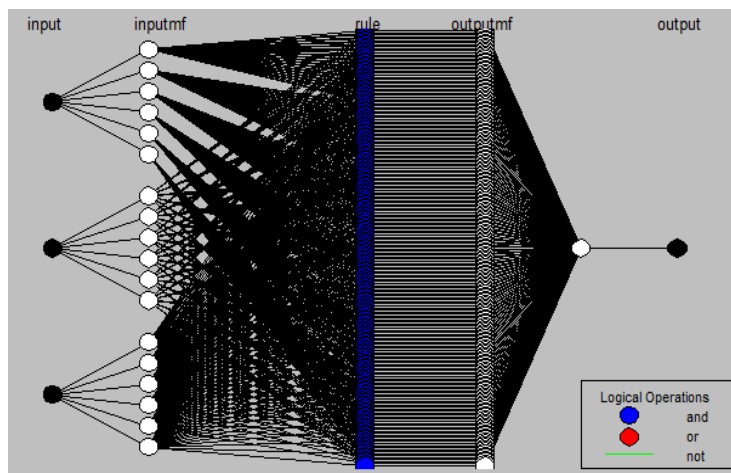


Рис.5. Структура обученной сети

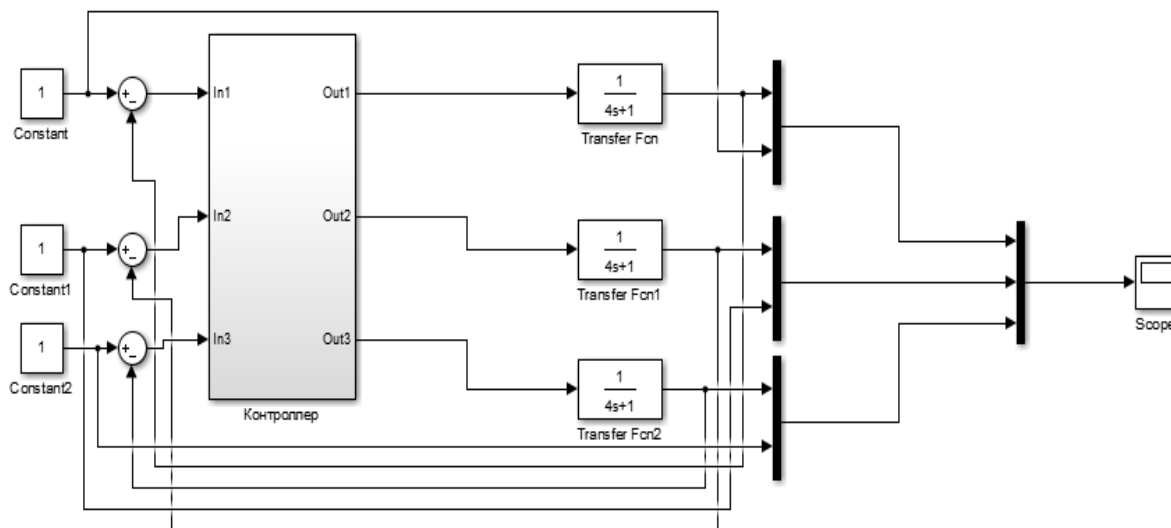


Рис.6. Anfis контроллер

Построив простой контроллер в симулинке на основе ANFIS модели (рис.6), получили следующие выходные значения (рис.7), при начальных значениях, указанных в окне Rule Viewer (рис.8) [21].

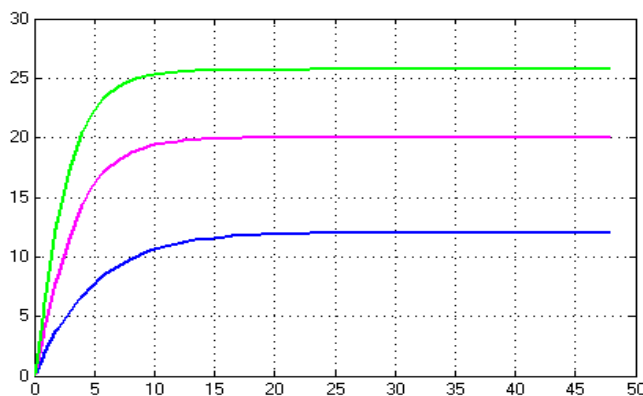


Рис.7. Выходные данные контроллера

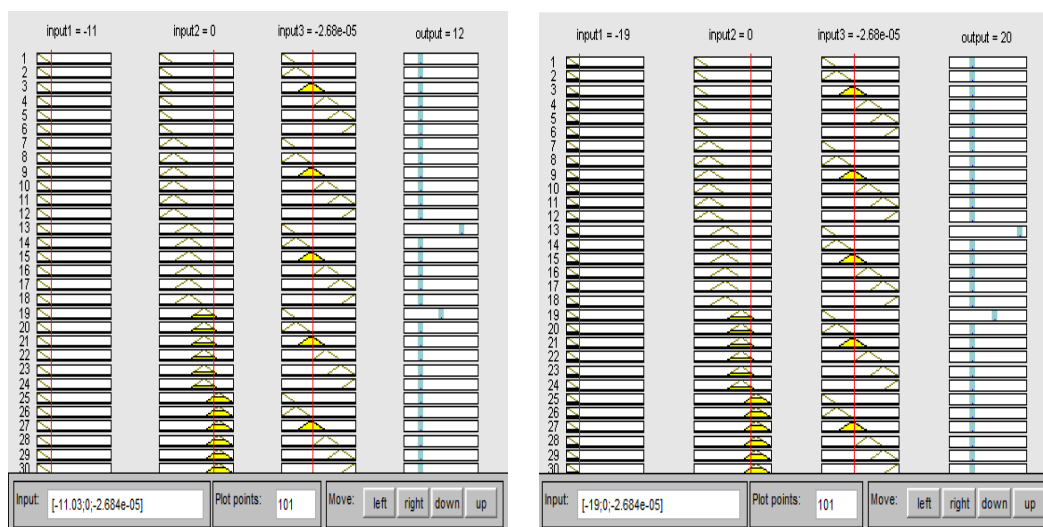


Рис.8. Окно Rule Viewer входными и выходными значениями данных

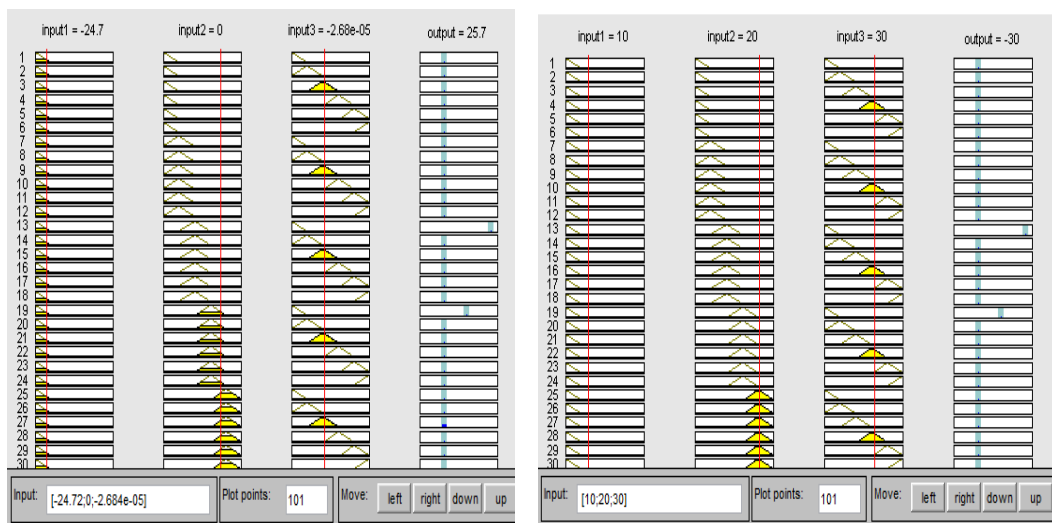


Рис.9. Входные значения третьего угла Эйлера, заданные вручную начальные значения и полученный желаемый выход

В окне Rule Viewer также можно изменять входные данные вручную, в результате которого соответственно меняется значение выхода, как показано на рис 9.

Также была построена модель спутника [22] с применением вышеприведенного контроллера ANFIS в среде Matlab/Simulink (рис.10).

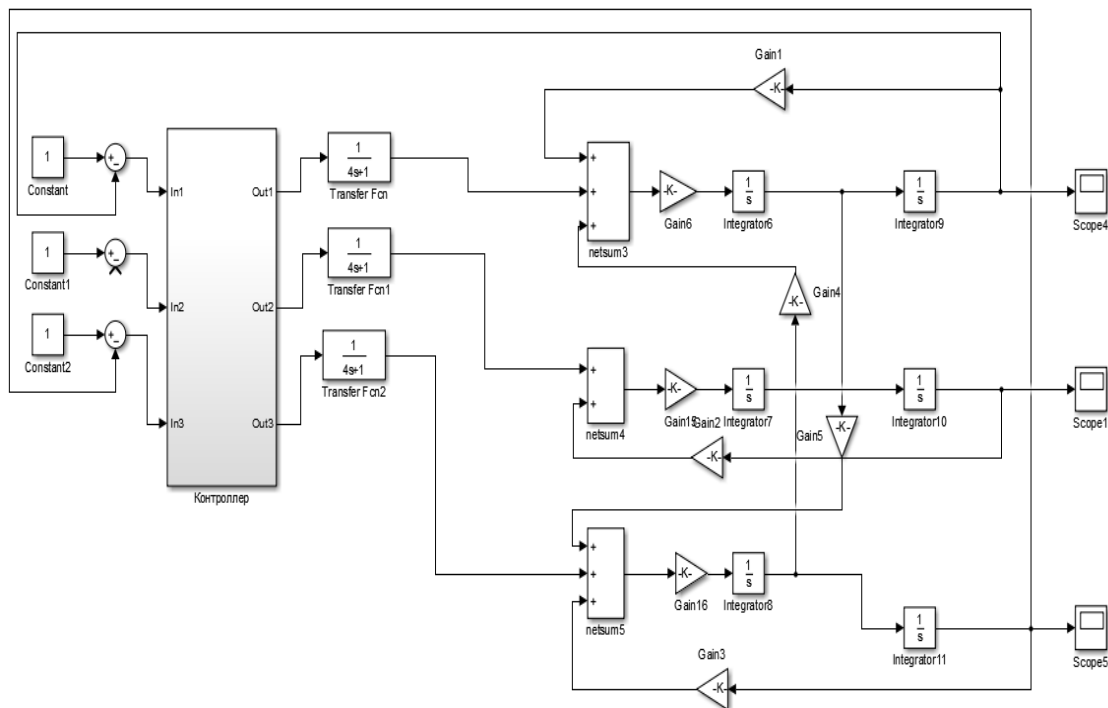


Рис.10. Модель спутника с применением ANFIS контроллера

Используя гибридную процедуру обучения, можно уточнить нечеткие правила, полученные на основе человеческого опыта, для описания ввода-вывода сложной системы. Такие системы, как и определилось, обладают устойчивостью к любым внезапным изменениям параметров спутника и обеспечивают стабильность, более жесткий контроль, лучшую производительность, как в устойчивом состоянии, так и в переходных процессах.

Заклучение и выводы

Для решения проблемы точности в малых космических аппаратах, предлагается использовать фильтр Маджвика на основе трёх датчиков (гироскопа, акселерометра и магнитометра). Этот фильтр как прост в реализации, так и прост в настройке, в отличие от традиционного фильтра Калмана.

Для исследования использовался программный пакет Matlab, где был проведен сравнительный анализ двух фильтров. Используя алгоритмы Калмана и Маджвика в программе, были получены выходные значения в виде углов Эйлера, на основе которых можно утверждать, что точность предлагаемого фильтра не уступает традиционному при обладании вышеизложенными преимуществами.

В качестве другого подхода была рассмотрена возможность внедрения в системы управления нечетко-нейронной сети. В программе Matlab/Simulink была построена модель нечетко-нейронного контроллера для определения положения малого спутника, за счет чего можно обеспечивать наибольшую точность определения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Д.С. Метод исследования алгоритмов определения ориентации микроспутников и его верификация // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2013. № 80. 32 с.
2. Roberto G. Valenti, Ivan Dryanovski and Jizhong Xiao. Keeping a Good Attitude: A Quaternion-Based Orientation Filter for IMUs and MARGs // Sensors 2015, pp.19302-19330.
3. Siwen Guo, Jin Wu, Zuocai Wang and Jide Qian. Novel MARG-Sensor Orientation Estimation Algorithm Using Fast Kalman Filter // Hindawi Journal of Sensors, Vol.2017, p.12.
4. V. Rochus, M. Akif Erismis, R. Jansen, M. Farghaly, M. Al-Moghazy, A. Ray Chaudhuri, P. Helin, S. Severi, S. Ranvier, H. Lamy, P. Rochus, A. Witvrouw, H.A.C. Tilmans and X.

- Rottenberg. MEMS Sensors for Application in Space, 8th ESA round table on MNT for space – 2012, p.59.
5. Yaguang Yang, Zhiqiang Zhou. Spacecraft Dynamics should be considered in Kalman filter attitude estimation // 2017 – p.12.
 6. Tamer Mekky Ahmed Habib. Combined spacecraft orbit and attitude control.
 7. Through extended Kalman filtering of magnetometer, gyro, and GPS measurements // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences (2014) 17, pp.87–94.
 8. Svein Tohami El Moussaoui Brembo. Sensor modeling, attitude determination and control for micro-satellite / Norweg. Univer. of Scien. and Technol. 2005 – p.80.
 9. Иванов Д.С., Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Алгоритм оценки параметров ориентации малого космического аппарата с использованием фильтра Калмана // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2009. № 48. 32 с.
 10. João Luís Marins, Xiaoping Yun, Eric R. Bachmann, Robert B. McGhee, and Michael J. Zyda. An Extended Kalman Filter for Quaternion-Based Orientation Estimation Using MARG Sensors // Proceedings of the 2001 IEEE/RSJ International Conf. on Intelligent Robots and Systems, Maui, Hawaii, USA, 2001, pp.2003-2011.
 11. Carlo Carraro. A Few Problems with application of the Kalman filter // 4th International Workshop on Statistical Modelling held in Trento, Italy-1989, pp.75-83.
 12. Бегеза М. В., Цеван А. Н., Жарский С. Е. Проблемы применения фильтра Калмана в промышленной автоматизации // III рос. Молод. Науч. школа-кон. «Энергетика, электромех. и энергоэффективные техн. глазами молодежи», 2015 - с. 47-49.
 13. Grewal M. Andrews A. Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB / New York, 2001. p. 401.
 14. Eric R. Bachmann. Inertial and magnetic tracking of limb segment orientation for inserting humans into synthetic environments / Naval Postgraduate Sch.-2000, p.178.
 15. R. Mahony, Tarek Hamel, and Jean-Michel Pflimlin. Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group // Nonlinear Complementary Filters on the Special Orthogonal Group. IEEE Transactions on Automatic Control, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2008, pp.1203-1217.
 16. Sebastian O.H. Madgwick. An efficient orientation filter for inertial and inertial / magnetic sensor arrays // 2010, p 32.
 17. Искендеров И.А., Багирзаде С.С. Анализ возможностей применения фильтра Маджвика для системы ориентации малого космического аппарата // IV Меж. науч-пр. Мол. Кон. "Февральские чтения - 2019. Твор. Потенц. молод. в реш. Авиакосм. проблем" – Баку, НАА, 2019-с. 69-72.
 18. Коновалов В.Н., Корлякова М.О. Подход к разработке систем управления малыми космическими аппаратами в нейросетевом базисе. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 5.- с.15.
 19. Bertrand Petennann. Attitude control of small satellites using fuzzy logic / Montreal, 1997- p.95.
 20. Lorenzo Feruglio. Artificial Intelligence for Small Satellites Mission Autonomy / Politecnico di Torino, 2017- p.165.
 21. Zs. J. Viharos, K. B. Kis. Survey on Neuro-Fuzzy Systems and their Applications in Technical Diagnostics and Measurement // Vol.67, 2015 – pp.126-136.
 22. Исмаилов И.М. Лабораторные работы по предмету интеллектуальные системы. Баку, 2017.НАА-с. 201.
 23. Mohammed Chessab Mahdi, Abdal-Razak Shehab, Mohammed. J. F Al Bermami. Direct Fuzzy Logic Controller for Nano-Satellite // Journal of Control Engineering and Technology, Vol. 4, 2014- pp. 210-219.

REFERENCES

1. Ivanov D.S. A method for studying the algorithms for determining the orientation of microsatellites and its verification. // Preprints of IPM im. M.V. Keldysh. 2013.№ 80,32p.
2. Roberto G. Valenti, Ivan Dryanovski and Jizhong Xiao. Keeping a Good Attitude: A Quaternion-Based Orientation Filter for IMUs and MARGs // Sensors 2015, pp.19302-19330.
3. Siwen Guo, Jin Wu, Zuocai Wang and Jide Qian. Novel MARG-Sensor Orientation Estimation Algorithm Using Fast Kalman Filter // Hindawi Journal of Sensors, Vol.2017, p.12.
4. V. Rochus, M. Akif Erismis, R. Jansen, M. Farghaly, M. Al-Moghazy, A. Ray Chaudhuri, P. Helin, S. Severi, S. Ranvier, H. Lamy, P. Rochus, A. Witvrouw, H. A. C. Tilmans and X. Rottenberg. MEMS Sensors for Application in Space, 8th ESA round table on MNT for space – 2012, p.59.
5. Yaguang Yang, Zhiqiang Zhou. Spacecraft Dynamics should be considered in Kalman filter attitude estimation // 2017 – p.12.
6. Tamer Mekky Ahmed Habib. Combined spacecraft orbit and attitude control
7. Through extended Kalman filtering of magnetometer, gyro, and GPS measurements // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences (2014) 17, pp.87–94.
8. Svein Tohami El Moussaoui Brembo. Sensor modeling, attitude determination and control for micro-satellite / Norweg. Univer. of Scien. and Technol. 2005 – p.80.
9. Ivanov D.S., Karpenko S.O., Ovchinnikov M.Yu. Algorithm for estimating the orientation parameters of a small spacecraft using the Kalman filter // Preprint IPM im. M.V. Keldysh. 2009. № 48. 32p.
10. João Luís Marins, Xiaoping Yun, Eric R. Bachmann, Robert B. McGhee, and Michael J. Zyda. An Extended Kalman Filter for Quaternion-Based Orientation Estimation Using MARG Sensors // Proceedings of the 2001 IEEE/RSJ International Conf. on Intelligent Robots and Systems, Maui, Hawaii, USA, 2001, pp.2003-2011.
11. Carlo Carraro. A Few Problems with application of the Kalman filter // 4th International Workshop on Statistical Modelling held in Trento, Italy-1989, pp.75-83.
12. Begeza M.V., Tsevan A.N., Zharsky S.Ye. Problems of applying the Kalman filter in industrial automation //III Russian Youth Scient. School-Conference "Energy, Electromechanics and Energy-Efficient Technologies through the Eyes of Youth", 2015 - p. 47-49.
13. Grewal M. Andrews A. Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB / New York, 2001. p. 401.
14. Eric R. Bachmann. Inertial and magnetic tracking of limb segment orientation for inserting humans into synthetic environments / Naval Postgraduate Sch.-2000, p.178.
15. R. Mahony, Tarek Hamel, and Jean-Michel Pflimlin. Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group // Nonlinear Complementary Filters on the Special Orthogonal Group. IEEE Transactions on Automatic Control, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2008, pp.1203-1217.
16. Sebastian O.H. Madgwick. An efficient orientation filter for inertial and inertial / magnetic sensor arrays // 2010, p 32.
17. Iskenderov I.A., Bagirzade S.S. Analysis of the possibilities of applying the Madgwick filter for the orientation system of a small spacecraft // IV Inter. Scient. and pract. Youth Conf. "February readings - 2019. The creative potential of young people in solving aerospace problems" - Baku, NAA, 2019-p. 69-72.
18. Konovalov V.N., Korlyakova M.O. An approach to the development of small spacecraft control systems in the neural network basis. Engineering Journal: Science and Innovation, 2014, no. 5. - c.15.
19. Bertrand Petennann. Attitude control of small satellites using fuzzy logic / Montreal, 1997, p.95
20. Lorenzo Feruglio. Artificial Intelligence for Small Satellites Mission Autonomy / Politecnico di Torino, 2017- p.165.
21. Zs. J. Viharos, K. B. Kis. Survey on Neuro-Fuzzy Systems and their Applications in Technical Diagnostics and Measurement // Vol.67, 2015 – pp.126-136.

22. Ismailov I.M. Laboratory work on the subject of intelligent systems. Baku 2017, NAA, 201p.
23. Mohammed Chessab Mahdi, Abdal-Razak Shehab, Mohammed. J. F Al Bermeni. Direct Fuzzy Logic Controller for Nano-Satellite // Journal of Control Engineering and Technology, Vol. 4, 2014- pp. 210-219.

***KİÇİK KOSMİK APARATLARIN DƏQİQLİYİNİN ARTIRILMASI
METODLARININ PROQRAM REALİZASİYASI***

İ.Ə. İsgəndərov, S.S. Bağırzadə

Məqalədə kiçik kosmik aparatın idarəetmə sisteminin dəqiqliyinin artırılması metodlarının analizi aparılmış və verilənlərin optimal emalı metodlarından biri – kiçik ortakvadratik xətalı və öz uyğunlaşmaq qabiliyyəti ilə seçilən Madgwick süzğəci seçilmişdir. MATLAB proqram mühitində Kalman və Madgwick süzğəclərinin modelləri qurulmuş və emal nəticələrinin müqayisəli analizi aparılmışdır. Digər yeni yanaşma kimi idarə etmə sistemində qeyri-səlis – neyron şəbəkə tətbiqinin imkanlarına baxılmış və kiçik kosmik aparatın mövqeyinin təyini hesabına onun idarə olunmasının ən böyük dəqiqliyini təmin etməyə imkan verən qeyri-səlis-neyron kontrollerinin Matlab/Simulink-də modeli qurulmuşdur.

Açar sözlər: kosmik aparat; peyk; idarəetmə; model; mikroelktromexaniki; dəqiqlik; Madjvik süzğəci; ANFIS – texnologiyalar.

***SOFTWARE REALISATION OF ACCURACY IMPROVEMENT METHODS OF SMALL
SPACECRAFT***

İ.A. İsgandarov, S.S. Bagirzada

The article analyzes the methods for improving the accuracy of control systems of a small spacecraft and selects one of the best data processing methods - the Madgwick filter, which is characterized by small RMS errors and its flexibility. The filter models of Kalman and Madgwick were built in the MATLAB software environment and a comparative analysis of the processing results was carried out. As another approach, the possibility of introducing a fuzzy-neural network into the control systems was considered, and a model of a fuzzy-neural controller was built in Matlab / Simulink to determine the position, due to which it is possible to ensure the higher control accuracy of a small spacecraft

Keywords: spacecraft; satellite; control; model; microelectromechanical; accuracy; Majwick filter; ANFIS technology.

Сведения об авторах:

Фамилия, имя, отчество: Искендеров Ислам Асад оглу

Место работы: Национальная Академия Авиации

Должность: доцент кафедры Авионики, д.ф.ф.-м.

Область научных интересов: Авионика, микроэлектроника

E-mail: islam.nus@mail.ru

Телефон: +994 55 717 32 77

Фамилия, имя, отчество: Багирзаде Сакина Сеидмирза кызы

Место работы: Национальная Академия Авиации

Должность: магистр кафедры Авионики

Область научных интересов: авионика, микроэлектроника

E-mail: nauka-2020@list.ru

Телефон: +994 55 654 47 33

Рəуғи: *t.e.d., prof. Ə. T. Həzərhanov*

MATERIALŞÜNASLIQ

PACS: 76.30.,78.55.,78.60.

IŞIQ MƏNBƏLƏRİNİN YARADILMA TEXNOLOGİYASI VƏ ONLARIN RƏNG TEMPERATURLARININ TƏYİNİ

İ.T. Hüseyinov

Milli Aviasiya Akademiyası

Təqdim olunan iş müasir dövrdə ağ işıq mənbələrinin rəng temperaturlarının təyin olunma texnologiyasına həsr olunmuşdur. Belə ki, qalınlıqdan asılı olaraq ağ işıq – isti (rəng temperaturu 2700-3200K), neytral (rəng temperaturu 3500-5000K) və soyuq (5000-7000K) ağ işıqlara ayrılır. Təcrübədə sintez olunan effektiv lüminessent $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ - $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ birləşmələrinin kombinasiyasından hazırlanan lüminofor məhlul müxtəlif qalınlıqlarda 460 nm dalğa uzunluqlu həyəcanlandırıcı GaN əsasında yaradılan göy işıq diodun səthinə çəkilməmişdir. Eyni zamanda, lüminofor təbəqəsinin qalınlığından asılı olaraq rəng temperaturlarının dəyişmə qanunauyğunluğu analiz edilmişdir.

Açar sözlər: nadir torpaq elementləri, lüminessensiya, həyəcanlanma, işıq diod, tioqallat, işıq mənbələri, rəng temperaturu, lüminofor.

Giriş. Işıq diodları, bərk cisim qurğularının elektrik enerjisini işığa çevirən vacib sinfidir. Son zamanlar lüminofor əsasında işıq diodları işıq indikatorları, ekran işıqlandırıcısı və adi közərmə lampalarının led lampalarla əvəz edilməsi kimi müxtəlif sahələrdəki tətbiqinə görə özünə daha çox diqqət cəlb edir [1-3].

Ağ işıq diodları bir çox xüsusiyyətlərinə görə (uzunömürlülük, iqtisadi və ekoloji baxımdan daha sərfəlilik) ənənəvi işıqlandırma sistemlərindən daha faydalıdırlar. Buna görə, ağ işığın alınması üçün yeni effektiv lüminofor materialların işlənməsi və ya hal-hazırda mövcud olan lüminoforların təkmilləşdirilməsi bu sahədə müasir elm və texnologiyanın qarşısında duran əsas problemlərdəndir.

Nadir torpaq elementləri ilə aktivləşdirilmiş qələvi torpaq tioqallatlarının öyrənilməsi müasir dövrdə kvant elektronika, spektroskopiya, kristalloqrafiya və kimya texnologiyalarını özündə birləşdirən aktual elmi və texniki istiqamətlərdən biridir və bu istiqamətdə alınmış nəticələr bir sıra sahələrdə artıq öz tətbiqini tapmışdır [4].

Müasir dövrdə effektiv lüminessent material kimi nadir torpaq elementləri (NTE) ilə aktivləşdirilmiş qələvi torpaq elementlərinin (QTE - Ca, Sr, Ba) tioqallatları dünya alimlərinin marağını cəlb edir və geniş tətbiq olunur. Lantanoid ionları ilə aşqarlanmış QTE əlverişli fiziki xassələrinə görə optoelektronika və fotonikada tətbiq etmək üçün çox perspektivli materiallar hesab olunurlar. Bundan başqa qələvi torpaq tioqallatları havada stabildir, rütubətə və müxtəlif həlledicilərə qarşı yüksək müqavimətə malikdir.

Bütün sadalanan keyfiyyətlər bu tip materialların texnologiyada tətbiqi üçün uyğun olduğunu göstərir [5]. Bunun üçün tioqallat birləşmələri sintez etmək üçün avtomatlaşdırılmış qurğu işlənilib hazırlanmışdır.

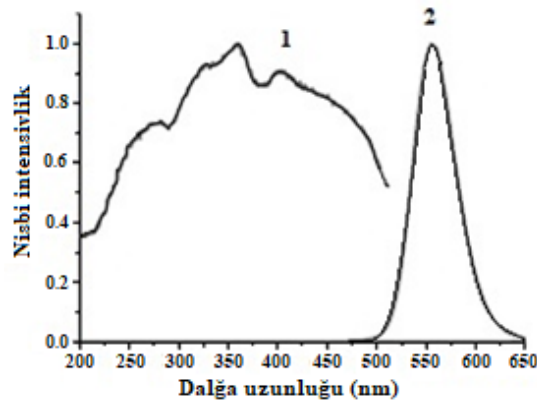
İşin məqsədi hazırlanan işıq-diodlarının qalınlığından asılı olaraq rəng temperaturlarını təyin etmək və onlar əsasında müxtəlif növ ağ işıq mənbələrinin hazırlanması üçün effektiv lüminessent materiallarının sintez edilməsi texnologiyasını işləməkdən ibarətdir.

Təcrübi hissə

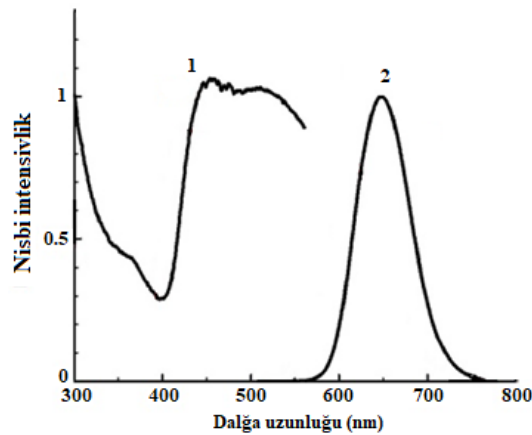
Son illərdə işıq emissiya diodları əsasında yeni nəsil ekranların yaradılmasına və eləcə də işıqlandırmada bu günə qədər istifadə olunan ənənəvi metodlardan fərqli olaraq ağ işıq diodlarının yaradılması və təkmilləşdirilməsinə böyük maraq vardır. Işıq diodları əsasında hazırlanmış

materiallar həm enerjiyə qənaət, həm uzunömürlülük və həm də ekoloji baxımdan təmizliyə görə özündən əvvəlki işıqlandırma texnologiyalarından çox fərqlənir.

Cəlbedici fiziki xassələrinə və tətbiq sahələrinin genişliyinə görə NTE - i ilə aktivləşdirilmiş optik materialların alınması və xassələrinin təkmilləşdirilməsinə olan maraq daim artır. NTE - i ilə aşqarlanmış üçqat birləşmələrin geniş yayılmış növlərindən biri tioqallatlardır [6-7]. Ağ işıq mənbələrinin hazırlanması üçün lüminofor maddə kimi nadir torpaq elementi ilə aktivləşdirilmiş tioqallat $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ (sarı-yaşıl) və $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ (qırmızı) birləşmələrindən istifadə olunmuşdur. CaGa_2S_4 - CaS kompoziti ağ işıq diodları üçün effektiv lüminoforlardan biridir. NTE - i ilə aktivləşdirilmiş tioqallat birləşmələri sintez etmək üçün CaS və Ga_2S_3 birləşmələrini sintez etmək lazımdır. CaS birləşməsinin sintezi avtomatlaşdırılmış hidrogen sulfid sistemində aparılmışdır. Sintezi prosesi arası kəsilməz rejimdə, insan iştirakı olmadan 20 saat müddətində aparılır. Ga_2S_3 birləşməsi kvarts ampulada yüksək 10^{-4} - 10^{-5} mm civə sütunu vakuumda bərk cisim reaksiyası ilə aparılmışdır. Sintezi 1150°C temperaturda 2 saat müddətində aparılır. Yekun birləşmənin alınması məqsədilə CaS və Ga_2S_3 birləşmələri, eyni zamanda NTE - i kimi Eu^{2+} tozlarının stexiometrik qarışığı götürülərək 10^{-4} - 10^{-5} mm civə sütunu vakuum yaradılmış yüksək keyfiyyətli kvarts ampulada aparılmışdır. Sintezi prosesindən sonra alınmış polikristalların tozlarının quruluş analizləri Bruker firmasının “XRD-D8 ADVANCE” difraktometrində aparılmışdır. Sintezi olunan polikristalların həyəcanlanma və şüalanma spektrləri 300K otaq temperaturunda “Flüorat-02-Panorama” spektroflüorimetrində ölçülmüşdür. Eu^{2+} ionları ilə aşqarlanmış CaGa_2S_4 - CaS kompozitini 460 nm dalğa uzunluqlu mənbə ilə həyəcanlandırdıqda 556 nm və 654 nm-də effektiv sarı və qırmızı flüorossensiya eyni zamanda alınmışdır. Şək. 1 və Şək. 2 – də uyğun olaraq $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ və $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ birləşmələrinin həyəcanlanma və şüalanma spektrləri verilmişdir.



Şək. 1. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin həyəcanlanma və şüalanma spektrləri



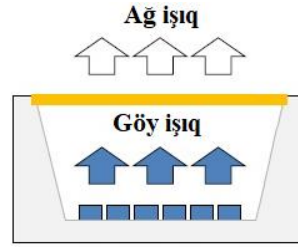
Şək. 2. $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin həyəcanlanma və şüalanma spektrləri

Sintezi olunan birləşmələr Planetary Micro Mill PULVERISETTE 7 dəyirmanında üyüdüülərək, ovuntular 30mk ölçüsündə ələkdən keçirilir. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ və $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ birləşmələrinin

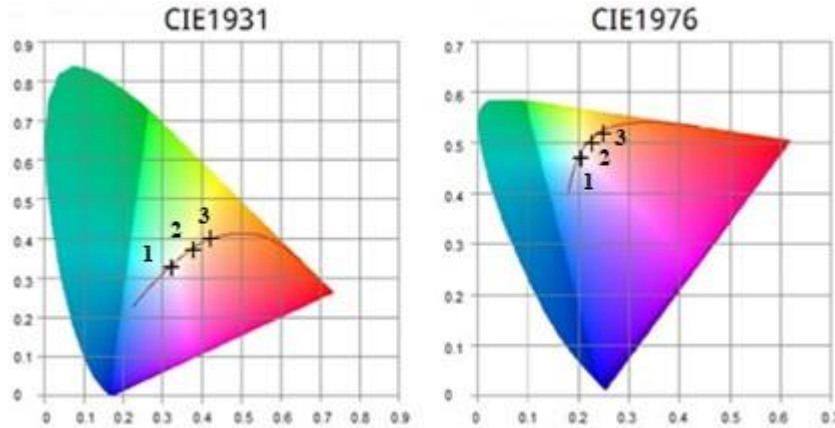
ovuntuları uyğun nisbətlərdə iki komponentli silikon ilə qarışdırılaraq məhlul halına gətirilir. Sonra lüminofor məhlul 460 nm dalğa uzunluqlu həyəcanlandırıcı göy işıq diodun səthinə rəqəmsal D8000 dispenserli ilə müxtəlif qalınlıqlarda vurulmuş [8] və məhlul 120°C temperaturda sobada 40 dəqiqə müddətində qurudulmuşdur [9].

Hazırlanan işıq diodun işıq parametrləri 380-780nm görünən işıq diapazonunda işləyən miniatur UPRtek MK350D spektrometri ilə ölçülmüşdür. Ağ işıq rəng temperaturlarına görə üç əsas qrupa bölünür: isti ağ işıq (2700K-3200K), gündüz ağ işıq (3500K-5000K) və soyuq ağ işıq (5000K- 7000K).

Şək. 3 – də 460 nm dalğa uzunluqlu həyəcanlandırıcı GaN əsasında yaradılan göy işıq diodun səthinə silikonlu lüminofor məhlul vurulmuş işıq diodun sxematik görünüşü verilmişdir [10]. Bu silikonlu lüminofor göy işığı ağ işığa çevirməklə, ağ işıq mənbələrinin hazırlanmasının əsasını təşkil edir. Tədqiqat işləri 50Vt gücündə olan işıq diod üzərində kamerada aparılmışdır.



Şək. 3. Lüminofor məhlul vurulmuş ağ işıq diodun sxematik görünüşü



Şək. 4. 50Vt gücündə olan göy işıq-diodların səthinə çəkilmiş lüminofor təbəqəsinin qalınlığından asılı olaraq rəng temperaturları

Ümumiyyətlə, qalınlıqdan asılı olaraq işıq-diodun rəngi dəyişir. Belə ki, səthinə 348 mkm, 413 mkm və 487 mkm qalınlıqda lüminofor təbəqəsi çəkilmiş işıq-diodların rəng temperaturları müvafiq olaraq Şəkil 4 – də 1 (6635K), 2 (4013K) və 3 (3248K) ilə işarə olunmuşdur. Hazırlanan ağ işıq mənbələri Beynəlxalq İşıqlandırma Komitəsi tərəfindən qəbul edilmiş işığın etalon rəng modelinə uyğun gəlir.

Nəticə

Təqdim olunan işdə işıq-diodların lüminofor təbəqəsinin qalınlığından asılı olaraq rəng temperaturlarının dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Eyni zamanda səthinə lüminofor çəkilmiş işıq-diodun parlaqlığı qalınlıqdan asılı olaraq dəyişmişdir. Səthə çəkilən lüminofor təbəqənin qalınlığı buraxılan enerjinin qiymətinə böyük təsir göstərir. Belə ki, göstərilən nümunənin lüminofor təbəqəsinin qalınlığı çox olarsa (487 mkm) göy işıq diodun daha az enerjisini buraxır. Lakin göstərilən nümunənin lüminofor təbəqəsinin qalınlığı az olan işıq-diod (348 mkm) göy hissəsini daha az udduğuna görə çıxışda soyuq ağ işıq şüalanması müşahidə olunur. Göstərilən təcrübələrin nəticəsi olaraq, nümunələrin parlaqlığı da lüminofor təbəqəsinin qalınlığının artması ilə azalır.

İş SOCAR-ın Elmi-tərəqqi fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir (Qrant № 02LR-MAA).

ƏDƏBİYYAT

1. Im W.B, Kim Y.I, Fellows N.N, Masui H, Hirata G.A, DenBaars Steven P, et al. Appl Phys Lett 2008, vol.93, p.091905.
2. Allen Steven C, Steckl Andrew J. Appl Phys Lett 2008, vol.92, 143309.
3. Kimura N, Sakuma K, Hirafune S, Asano K, Hirosaki N, Xie RJ. Appl Phys Lett 2007, vol.90, 051109.
4. Pashayev A.M., Tagiev B.G., Tagiev O.B., Huseynov I.T., Allahverdiyev K.R. // Synthesis and characterization of rare earth doped ternary chalcogenide semiconductors: effective electroluminescence and laser materials, Proc. SPIE, 2017, vol. 10226, 102260J-1-102260J-5, doi: [10.1117/12.2260889](https://doi.org/10.1117/12.2260889).
5. Georgobiani A.N., Tagiev B.G., Tagiev O.B., Djabbarov R.B., Musaeva N.N. and Kasumov U.F. // II-III₂-VI₄ Compounds: Technology, Physical Properties and Application // Jpn. J. Appl. Phys., 2000, v.39, suppl. 39-1, pp3 434-439.
6. Georgobiani A.N., Tagiev B.G., Tagiev O.B., Jabbarov R.B., Izzatov B.M., G.A. Kasimova // Photoluminescence Of Rare-Earths In CaGa₂S₄, Inorganic Materials, 1995, vol. 31, № 1, p.19-22.
7. Tagiev B.G., Tagiev, Jabbarov R.B. et al. // Application Of Ternary Phosphors For Visualizations And Lighting / International Conference “Fizika-2005”, 2005, № 222, p.841-845.
8. Huang, H.-T., Tsai, C.-C., Huang, Y.-P. // Conformal phosphor coating using pulsed spray to reduce color deviation of white LEDs. 2010, Opt. Express 18 (S2 Suppl 2), A201–A206.
9. Pashayev A.M., Tagiev B.G., Aleskerov F.K., Tagiev O.B., Huseynov I.T., Sadikhov I.Z. // Creation Of White Light Sources Based On The Compound CaGa₂S₄:Eu²⁺ and LEDs and Their Spectral and Luminescent Characteristics, AJP Fizika, 2018, vol. XXIV, N4, p.31-37.
10. Wang C.H., Ke C.C., Lee C.Y., Chang S.P., Chang W.T., Li J.C., Li Z.Y., Yang H.C., Kuo H.C., Lu T.C., Wang S.C. // Hole injection and efficiency droop improvement in InGaN/GaN light emitting diodes by band-engineered electron blocking layer, Applied Physics Letters. 2010, vol. 97, 261103.

REFERENCES

1. Im W.B, Kim Y.I, Fellows N.N, Masui H, Hirata G.A, DenBaars Steven P, et al. Appl Phys Lett 2008, vol.93, p.091905.
2. Allen Steven C, Steckl Andrew J. Appl Phys Lett 2008, vol.92, 143309.
3. Kimura N, Sakuma K, Hirafune S, Asano K, Hirosaki N, Xie RJ. Appl Phys Lett 2007, vol.90, 051109.
4. Pashayev A.M., Tagiev B.G., Tagiev O.B., Huseynov I.T., Allahverdiyev K.R. // Synthesis and characterization of rare earth doped ternary chalcogenide semiconductors: effective electroluminescence and laser materials, Proc. SPIE, 2017, vol. 10226, 102260J-1-102260J-5, doi: [10.1117/12.2260889](https://doi.org/10.1117/12.2260889).
5. Georgobiani A.N., Tagiev B.G., Tagiev O.B., Djabbarov R.B., Musaeva N.N. and Kasumov U.F. // II-III₂-VI₄ Compounds: Technology, Physical Properties and Application // Jpn. J. Appl. Phys., 2000, v.39, suppl. 39-1, pp3 434-439.
6. Georgobiani A.N., Tagiev B.G., Tagiev O.B., Jabbarov R.B., Izzatov B.M., G.A. Kasimova // Photoluminescence Of Rare-Earths In CaGa₂S₄, Inorganic Materials, 1995, vol. 31, №1, p.19-22.
7. Tagiev B.G., Tagiev, Jabbarov R.B. et al. // Application Of Ternary Phosphors For Visualizations And Lighting / International Conference “Fizika-2005”, 2005, № 222, p.841-845.

8. Huang, H.-T., Tsai, C.-C., Huang, Y.-P. // Conformal phosphor coating using pulsed spray to reduce color deviation of white LEDs. 2010, Opt. Express 18 (S2 Suppl 2), A201–A206.
9. Pashayev A.M., Tagiev B.G., Aleskerov F.K., Tagiev O.B., Huseynov I.T., Sadikhov I.Z. // Creation Of White Light Sources Based On The Compound $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ and LEDs and Their Spectral and Luminescent Characteristics, AJP Fizika, 2018, vol. XXIV, N4, p.31-37.
10. Wang C.H., Ke C.C., Lee C.Y., Chang S.P., Chang W.T., Li J.C., Li Z.Y., Yang H.C., Kuo H.C., Lu T.C., Wang S.C. // Hole injection and efficiency droop improvement in InGaN/GaN light emitting diodes by band-engineered electron blocking layer, Applied Physics Letters. 2010, vol. 97, 261103.

TECHNOLOGY FOR THE GENERATION OF LIGHT SOURCES AND DETERMINATION OF THEIR COLOR TEMPERATURES

I.T. Huseynov

Present research work is devoted to the technology of color temperature determination of white light sources in modern times. Thereby, depending on the thickness, the white light is divided into -hot (color temperature 2700-3200K), neutral (color temperature 3500-5000K) and cold (5000-7000K) white lights. In practice, luminous solution is prepared by synthesized effective luminescence $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ - $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ combination. This luminous solution was drawn to the surface of light-emitting diodes with different diameters and with a thickness of 460 nm which based on excited GaN. At the same time, the changing ability of color temperatures were analyzed according to the thickness of luminophor layer.

Keywords: rare earth elements, luminescence, excitement, light-emitting diode, thiogallat, light sources, color temperature, luminophore.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

И.Т. Гусейнов

Представленная работа посвящена определению цветовой температуры белых источников света. Так, в зависимости от толщины белый свет распадается на теплый (цветовая температура 2700-3200K), на нейтральный (цветовая температура 3500-5000K) и холодный (цветовая температура 5000-7000K). На практике синтезируемый эффективный люминесцентный материал, изготовленный из комбинации соединений $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ - $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$, люминофорный раствор наносится возбуждающей GaN волной различной толщины и длиной 460 нм, и одновременно в зависимости от толщины слоя люминофора произведен анализ соответствия цветовой температуры по закону изменения.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, люминесценция, возбуждение, светодиод, тиогаллат, источники света, цветовая температура, люминофор

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Hüseynov İlkin Tahir oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası

Vəzifəsi: ETNAPİ-nin Texnoloji şöbəsinin mühəndis-konstruktoru

Maraq sahəsi: Optika, nazik təbəqələr fizikası.

E-mail: inibrahim@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 50 880 50 01

Rəyçi: f.-r.e.d., prof. A.Z. Bədəlov

PACS: 76.30.,78.55.,78.60.

CAGa₂S₄:Eu²⁺ BİRLƏŞMƏSİNDƏ FOTOLÜMINESSENSİYANIN KİNETİKASINA VƏ EFFEKTİVLİYİNƏ XARİCİ AMİLLƏRİN TƏSİRİ

E.Q. Əsədov

Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu

CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin FL spektrləri 20 K və 300K temperaturlarda və xarici həyəcanlaşdırıcı şüanın güc sıxlığının geniş intervalında ($3.5 \cdot 10^2 - 1,4 \cdot 10^6$ Vt/sm²) ölçülmüşdür və FL effektivliyinin (η_{FL}) xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığından asılı olaraq sabit qaldığı və azaldığı interval təyin edilmişdir. Həmçinin CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin FL kinetikasına güc sıxlığının 3.5 kVt/sm² və 100 kVt/sm² qiymətlərində temperaturun təsiri araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, FL-in davam etmə müddəti güc sıxlığının aşağı qiymətlərində monoeksponensialdır. Güc sıxlığının böyük qiymətlərində yavaş və sürətli komponentlərin yaşama müddətləri hesablanmışdır. Temperatur və güc sıxlığından asılı olaraq FL-in davam etmə müddətlərinin qiymətləri təyin edilmişdir.

Açar sözlər: Fotolüminessensiya, həyəcanlanma, nadir torpaq elementi, effektivlik, yaşama müddəti, kinetika, lüminofor, evropium.

GİRİŞ

Müasir dövrdə spektrin görünən oblastında görüntüləmə və işıqlandırma texnologiyaları üçün qurğuların yaradılması məqsədilə yüksək effektivliyə malik lüminoforların alınması bu sahədə ən vacib problemlərdən biridir. Bu baxımdan nadir torpaq elementləri ilə aktivləşdirilmiş barium tioqallat (BaGa₂S₄), kalsium tioqallat (CaGa₂S₄) və stronsium tioqallat (SrGa₂S₄) xalkogenid yarımcəçiriciləri perspektivli lüminessent materiallar kimi diqqət cəlb edirlər [1-7].

Pb ilə aşqarlanmış CaGa₂S₄ birləşməsinin fotolüminessensiya xüsusiyyətləri [8] işində tədqiq olunmuşdur. Bu birləşmədə yarımənin dalğa uzunluğu 200 nm olan parlaq genişzolaqlı lüminessensiya müşahidə olunmuşdur. Fotolüminessensiya və həyəcanlanma spektrlərinin müşahidəsindən təyin olunmuşdur ki, CaGa₂S₄-də Pb aşqarı Tl^+ tipli mərkəzlərə malikdir. Sönmə əyriləri və FL intensivliyindən sönmənin iki komponenti müəyyən edilmişdir. Bu komponentlər: qısa- $\sim 10^{-8}$ san və uzun- $\sim 10^{-6}$ san təşkil edir. Təcrübi nəticələr göstərmişdir ki, burada elektronların $^1S_0(6s_2)$ əsas səviyyəsindən 3P_1 , 3P_2 və $^1P_1(6s6p)$ həyəcanlanmış hallara iki həyəcanlanma prosesi baş verir: birbaşa optik həyəcanlanma və dolayı tələ səviyyələri hesabına həyəcanlanma. Bu hadisə Pb ilə aşqarlanmış CaGa₂S₄ birləşməsinin fotolüminessensiyasında ilk dəfə müşahidə olunmuşdur.

CaGa₂Se₄ kristalında maksimumu 571nm-ə uyğun olan geniş zolaqlı FL-ə Eu²⁺ ionunun mərkəzdaxili $4f^{65}d^1 \rightarrow 4f^7$ keçidi ilə bağlıdır. FL intensivliyinin temperatur asılılığından ($\lg I - 10^3/T$) aktivasiya enerjisi ($E_a=0,04$ eV) təyin olunmuşdur. $\lg I \sim t$ asılılığının meyilliyinə görə isə CaGa₂Se₄ kristalında Eu²⁺ ionlarının həyəcanlanmış hallarda yaşama müddəti təyin olunmuşdur (3,8 mks) [9]. Müşahidə olunmuşdur ki, göstərilən koordinatlarda lüminessensiyanın sönməsi xətti xarakter daşıyır, yəni lüminessensiyanın sönməsi $I = I_0 e^{-t/\tau}$ eksponensial qanuna tabe olur.

Eu nadir torpaq elementi lüminessensiya aktivatorları arasında ən çox yayılan elementlərdəndir. Eu²⁺ ionundan şüalanma $4f^{65}d^1 \rightarrow 4f^7 5d$ elektron keçidləri hesabına baş verir və müxtəlif matrisalar daxilində işığın spektral diapazonunda ultrabənövşəyi oblastdan infraqırmızı oblasta qədər istənilən nöqtədə şüalanma xüsusiyyətlərinə malikdir [10]. Buna görə də Eu²⁺ müxtəlif matrisalara daxil etməklə müxtəlif rəngli ekranların yaradılması mümkündür.

Təqdim olunan işdə CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin fotolüminessensiyasının kinetikasına və effektivliyinə xarici amillərin təsiri araşdırılmışdır. FL effektivliyinin güc sıxlığından asılı olaraq sabit qaldığı və azaldığı intervalı təyin edilmiş, həmçinin CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsində FL-in sönmə kinetikasından yaşama müddətinin yavaş və sürətli komponentinin temperaturdan asılı olaraq necə dəyişdiyi göstərilmişdir.

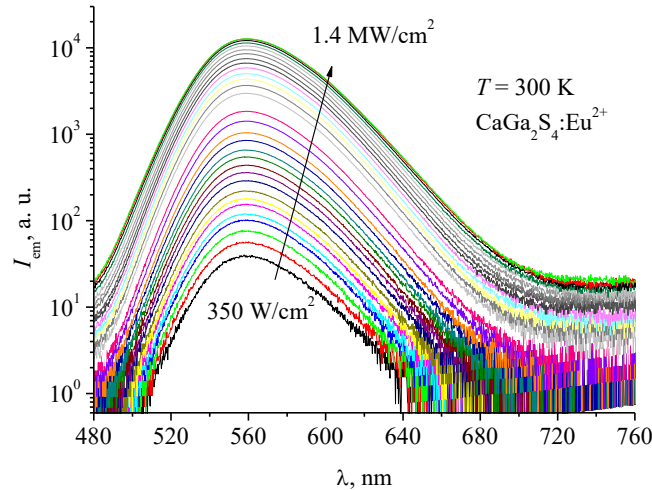
EKSPERİMENT

$\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsi CaS və Ga_2S_3 ikiqat birləşmələrindən yüksək temperaturda bərk cisim reaksiyası ilə sintez olunmuşdur. Əvvəlcə ikiqat birləşmələrin alınması həyata keçirilmişdir. İlk mərhələdə CaS binar birləşməsi alınmışdır. Bu birləşmə kvarts ampulada Ar təsirsiz qazının atmosferində narin dispers kalsium karbonat (CaCO_3) tozunun hidrogen sulfid (H_2S) buxarı ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində 900°C temperaturda 20 saatlıq proses nəticəsində alınmışdır. Ga_2S_3 birləşməsi isə kvarts ampulada xüsusi təmizliyə malik Ga və S elementlərindən sintez edilmişdir. Ga_2S_3 birləşməsi 1150°C temperaturda havası sorulmuş kvarts ampulada bərk cisim reaksiyası ilə 2 saatlıq proses nəticəsində alınmışdır. İkinci mərhələdə isə lüminoforun tərkib komponentləri olan CaS və Ga_2S_3 ikiqat birləşmələri narin toz halına salınır və birləşmələr stexiometrik nisbətlərdə diqqətlə qarışdırılaraq bircins hala gətirilir, alınmış bircins qarışıq kvarts ampulaya doldurulur. Ampula vakuum sisteminə qoşularaq havası 10^{-4} mm civə sütununa qədər sorulur. İçərsində komponentlərin qarışığı olan ampulanı birtemperaturlu qeyri-standart elektrik sobasına yerləşdiririk. Sobanın temperaturu BRT-2 tipli yüksək dəqiqliyə ($\Delta t \pm 0,5^\circ\text{C}$) malik temperatur tənzimləyicisi vasitəsilə tənzimlənir. Sintez, 1 saat ərzində 1100°C temperaturda aparılmış, sonra isə 24 saat ərzində 800°C temperaturda tablama prosesindən keçirilmişdir.

Sintez olunmuş birləşmənin rentgen-faza analizinin nəticəsindən müəyyən olunmuşdur ki, $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsi ortorombik sinqoniyalı, Fddd fəza qruplu kristal quruluşa uyğun gəlir.

NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

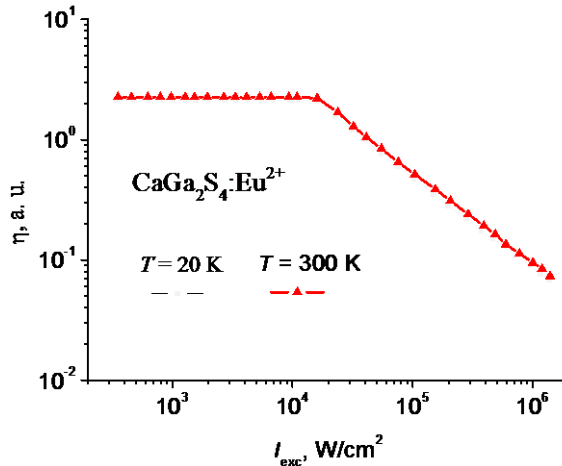
Eu^{2+} ionu ilə aktivləşdirilmiş CaGa_2S_4 birləşməsinin FL spektrləri 300K temperaturda $\lambda=337,1$ nm şüa ilə həyəcanlandırılmış və xarici həyəcanlandırıcı şüanın güc sıxlığının geniş intervalında ($3,5 \cdot 10^2 - 1,4 \cdot 10^6$ Vt/sm^2) ölçülmüşdür (şək.1). Şəkildən görüldüyü kimi xarici həyəcanlandırıcı mənbənin gücünün artması ilə şüalanma zolağının intensivliyi də artır, lakin FL spektrlərinin maksimumlarının vəziyyəti və spektrlərin forması dəyişmir. Həyəcanlanma səviyyəsinin artması ilə intensivliyin də artması çox güman ki, matrisada evropium ionlarının yaxşı həll olması və izolyasiya olunmuş şüalanma mərkəzlərinin əmələ gəlməsi ilə bağlıdır [11].



Şək. 1. Həyəcanlanma səviyyəsinin müxtəlif qiymətlərində $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin FL spektri ($\lambda=337,1$ nm, N_2 -lazer)

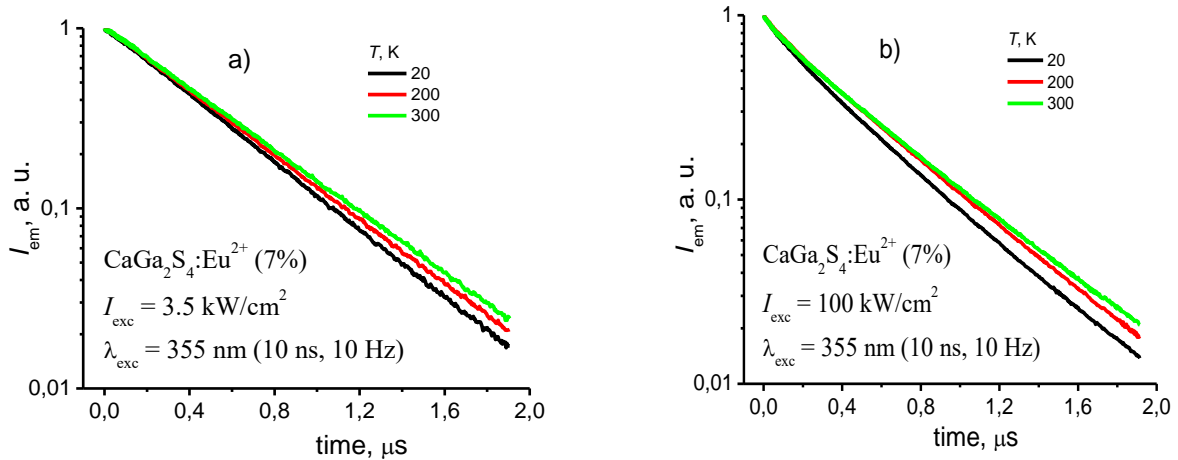
Şək 2 – də $\lambda=337,1$ nm dalğa uzunluqlu şüa ilə həyəcanlanmış $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin 20 və 300K -də FL effektivliyinin (η_{FL}) xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığından asılılığı göstərilmişdir. Güc sıxlığının $3 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 intervalında $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin FL-in effektivliyi öz sabit qiymətini saxlayır. Güc sıxlığının $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 qiymətindən yuxarı qiymətlərdə FL-in effektivliyi düşməyə başlayır və güc sıxlığının 10^6 Vt/sm^2 qiymətinə kimi effektivliyin xeyli azalması baş verir. Xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığının 10^6 Vt/sm^2 qiymətindən $3 \cdot 10^2$ Vt/sm^2 qiymətinə kimi sonrakı azalması intensivliyin əvvəlki səviyyəsinin bərpasına gətirib çıxarır

ki, bu da materialda deqradasiyanın olmadığını göstərir. Şəkildən də aydın görünür ki, temperatur FL-in effektivliyinə təsir etmir, 20 və 300 K-də effektivliklər üst-üstə düşür [11, 12].



Şəkil 2. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin 20 və 300 K-də FL effektivliklərinin həyəcanlanma səviyyəsindən asılılığı

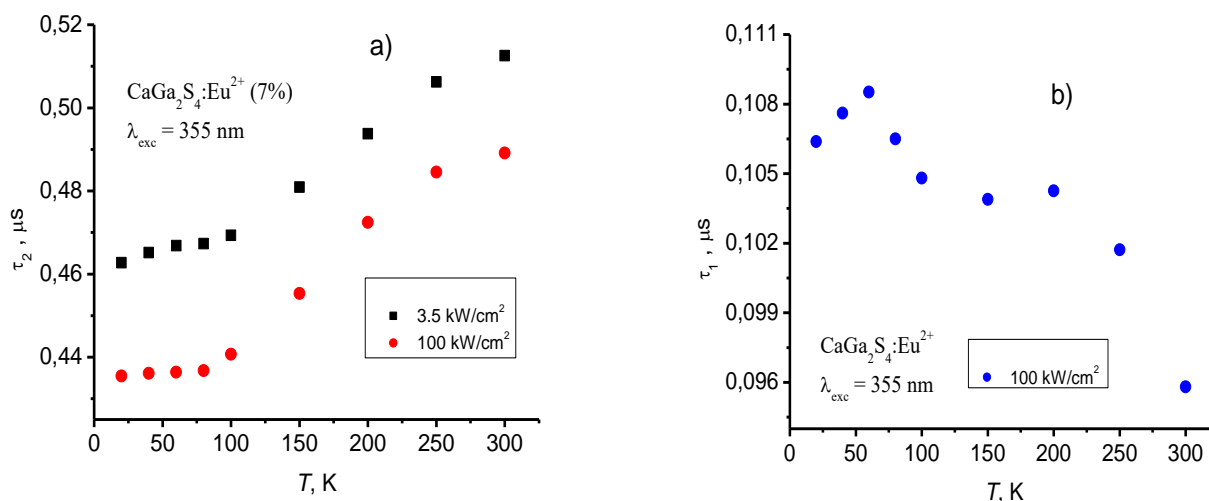
$\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin müxtəlif temperaturalarda və $\lg I \sim t$ koordinatlarında kinetikasi təsvir olunmuşdur. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin FL-in sönmə kinetikasına temperaturun təsirini öyrənmək üçün həyəcanlandırıcı mənbə kimi 355 nm dalğa uzunluqlu 10 nsan tərtibində impuls şüalanmasına malik idarə olunan Nd:YAG lazerindən istifadə olunub. Temperaturun 20K, 200K və 300K qiymətlərində FL-in sönmə kinetikasını tədqiq etmək üçün xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının $3.5 \text{ kVt}/\text{sm}^2$ və $100 \text{ kVt}/\text{sm}^2$ qiymətlərindən istifadə olunmuşdur (şəkil 3 a və b).



Şəkil 3. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ (7%) birləşməsində FL-nin 20 K, 200 K və 300 K temperaturalarda sönmə kinetikasi (a- $3.5 \text{ kVt}/\text{sm}^2$, b- $100 \text{ kVt}/\text{sm}^2$)

Eu^{2+} ionlarının kütlə payı 7% olan CaGa_2S_4 birləşməsinin temperaturdan asılı olaraq sönmə kinetikasi xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının $3.5 \text{ kVt}/\text{sm}^2$ qiymətində tədqiq olunub. Spektrlərdən görünür ki, FL-in sönmə kinetikasi temperaturdan asılı olaraq monoeksponensialdır, yəni vahid yaşama müddətinə malikdir. Şəkildən də görüldüyü kimi, göstərilən koordinatlarda lüminessensiyanın sönməsi xətti xarakter daşıyır, yəni lüminessensiyanın sönməsi $I = I_0 e^{-t/\tau}$ eksponensial qanuna tabe olur. $\lg I \sim t$ asılılığının meyilliyinə görə CaGa_2S_4 kristalında Eu^{2+} ionlarının $4f^65d$ həyəcanlanmış hallarında yaşama müddəti təyin olunmuşdur. Bu temperaturlarda zaman sabitinin (τ_e) qiymətləri temperaturun müxtəlif qiymətləri üçün 463 – 512 nsan intervalında dəyişir (şəkil 4a). Temperaturun 20K, 200K və 300K qiymətlərində $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin FL-in sönmə kinetikasına, həmçinin güc sıxlığının $100 \text{ kVt}/\text{sm}^2$ qiymətində də baxılmışdır. Müşahidə olunmuşdur ki, yüksək güc sıxlıqlarında sönmə əyriləri bütün temperaturalarda düz xətt olmur, formalarını dəyişir. Bu isə sönmə zamanının yavaş komponentinin fonunda sürətli

komponentlərin yaranmasında özünü göstərir. Qeyd edək ki, güc sıxlığının 100 kVt/sm^2 qiymətində sönmə zamanının yavaş komponenti temperaturun artması ilə 435 nsan-dan 489 nsan-a qədər artır (şək. 4a). Sönmə zamanının sürətli komponenti isə temperaturun $20 \div 300\text{K}$ intervalında 106 nsan -dan 96 nsan -yə qədər azalmışdır (şək. 4b).



Şək 4. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsində FL-in sönmə kinetikasından təyin edilmiş yavaş (a) və sürətli (b) komponentlərin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi

Qeyd edək ki, $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin FL-in kinetikasi temperaturdan zəif asılıdır. CaGa_2S_4 birləşməsinin sönmə kinetikasında temperaturdan asılı olaraq sönmə zamanının sürətli komponentləri yaranmır, yəni sönmə zamanı temperaturdan asılı olaraq monoeksponensialdır. Güc sıxlığının böyük qiymətlərində isə sönmə zamanı monoeksponensial olmur, əlavə sürətli komponentlər yaranır. FL-in kinetikasında yaşama müddətinin yavaş komponenti fonunda sürətli komponentin meydana çıxmasının səbəbi məhz həyəcanlanmış səviyyədən udulmadır.

NƏTİCƏ

$\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsinin FL spektrlərinin forması və maksimumların vəziyyəti xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığının $3,5 \cdot 10^2 \div 1,4 \cdot 10^6 \text{ Vt/sm}^2$ intervalında yüksək stabillik göstərir və FL effektivliyinin doyması xarici həyəcanlanma səviyyəsinin güc sıxlığının $2 \cdot 10^4 \text{ Vt/sm}^2$ -dan böyük qiymətlərində müşahidə olunur. Həmçinin müəyyən olunmuşdur ki, CaGa_2S_4 birləşməsinin sönmə kinetikasında temperaturdan asılı olaraq sönmə zamanının sürətli komponentləri yaranmır, yəni sönmə zamanı temperaturdan asılı olaraq monoeksponensialdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Zubelevich V.Z., Lutsenko E.V., Danilchik A.V. et al. // Journal of Applied Spectroscopy, 2011, v.78, №2, pp. 234 - 239.
2. Georgobiani A.N., Grunzitsev A.N., Barthou C. et al. // Journal of The Electrochemical Society, 2001, v.148, iss.11, H167-H170.
3. Marceddu M., Anedda A., Corpino R. et al. // Materials Science and Engineering B, 2008, v.146 pp. 216-219.
4. Nazarov M., Noh D.Y., Kim H. // Materials Chemistry and Physics, 2008, v.107, pp. 456-464.
5. Peters T.E., Baglio J.A. // J. Electrochem. Soc.: Solid-State Science and Technology, 1972, v.119, iss.2, pp. 230-235.
6. Yablonskii G.P., Zubialevich V.Z., Lutsenko E.V. et al. // Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 05FG02.
7. Zubelevich V.Z., Lutsenko E.V., Danilchik A.V. et al. // Journal of Applied Spectroscopy, 2011, v.78, iss.2, pp. 234-239.
8. Shidara T., Dohasi T., Okubo Y. et al. // Phys. Stat. Sol. C, 2006, v.3, No.8, pp. 2743-2745.

9. Tagiyev B. G., Abushov S.A., Tagiyev O.B. // Journal of Applied Spectroscopy, 2009, v.76, №1, pp.112-116.
10. Dorenbos P. // Journal of Luminescence, 2003, v.104, pp. 239-260.
11. Tagiyev B.G., Tagiyev O.B., Asadov E.G. // Optics and Spectroscopy, 2017, v. 122, №5, pp. 780-786.
12. Asadov E.G., Tagiev O.B, Tagiev K.O. et al. // Modern Physics Letters B, 2018, v.32, No.25, 1850306, pp. 1 – 9.

REFERENCES

1. Zubelevich V.Z., Lutsenko E.V., Danilchik A.V. et al. // Journal of Applied Spectroscopy, 2011, v.78, №2, pp. 234 - 239.
2. Georgobiani A.N., Grunzitsev A.N., Barthou C. et al. // Journal of The Electrochemical Society, 2001, v.148, iss.11, H167-H170.
3. Marceddu M., Anedda A., Corpino R. et al. // Materials Science and Engineering B, 2008, v.146 pp. 216-219.
4. Nazarov M., Noh D.Y., Kim H. // Materials Chemistry and Physics, 2008, v.107, pp. 456-464.
5. Peters T.E., Baglio J.A. // J. Electrochem. Soc.: Solid-State Science and Technology, 1972, v.119, iss.2, pp. 230-235.
6. Yablonskii G.P., Zubialevich V.Z., Lutsenko E.V. et al. // Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 05FG02.
7. Zubelevich V.Z., Lutsenko E.V., Danilchik A.V. et al. // Journal of Applied Spectroscopy, 2011, v.78, iss.2, pp. 234-239.
8. Shidara T., Dohasi T., Okubo Y. et al. // Phys. Stat. Sol. C, 2006, v.3, No.8, pp. 2743-2745.
9. Tagiyev B. G., Abushov S.A., Tagiyev O.B. // Journal of Applied Spectroscopy, 2009, v.76, №1, pp.112-116.
10. Dorenbos P. // Journal of Luminescence, 2003, v.104, pp. 239-260.
11. Tagiyev B.G., Tagiyev O.B., Asadov E.G. // Optics and Spectroscopy, 2017, v. 122, №5, pp. 780-786.
12. Asadov E.G., Tagiev O.B, Tagiev K.O. et al. // Modern Physics Letters B, 2018, v.32, No.25, 1850306, pp. 1 – 9.

EFFECTS OF EXTERNAL INFLUENCES ON KINETICS AND EFFICIENCY OF PHOTOLUMINESCENCE IN $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$

E.G. Asadov

The PL spectra of $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ were measured at 20 K and 300K temperatures and in the wide range excitation power density ($3.5 \cdot 10^2 - 1.4 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$) range. The constant and decreasing interval of PL efficiency (η_{PL}) have been determined depending on external power density. Moreover, the effect of temperature on the kinetics of the $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ compound was studied on 3.5 kW/cm^2 and 100 kW/cm^2 power densities. It was determined that, the PL decay time is mono-exponential at low power densities, but slow and fast components of lifetime were determined at high power densities. The PL decay time constants were determined depending on temperature and power density.

Keywords: Photoluminescence, excitation, rare-earth element, efficiency, lifetime, kinetics, thiogallate, europium.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА КИНЕТИКУ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$

Э. Г. Асадов

При температуре 20K и 300K в широком интервале плотности мощности ($3,5 \cdot 10^2 - 1,4 \cdot 10^6 \text{ Вт/см}^2$) возбуждающего излучения измерены спектры фотолюминесценции (ФЛ) и в зависимости от плотности мощности внешнего источника возбуждения определены

интервалы, в которых эффективность ФЛ ($\eta_{\text{ФЛ}}$) остается постоянной и уменьшается. Кроме того исследовано влияние температуры на кинетику ФЛ соединения $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ при плотностях мощности $3,5 \text{ кВт/см}^2$ и 100 кВт/см^2 . Установлено, что при малых значениях плотности мощности продолжительность ФЛ моноэкспоненциальная, при больших ее значениях определены медленный и быстрый компоненты продолжительности. Определены значения продолжительности ФЛ в зависимости от температуры и плотности мощности.

Ключевые слова: фотолюминесценция, возбуждение, редкоземельные элементы, эффективность, время жизни, кинетика, титогаллат, европий.

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Əsədov Elşən Qabil oğlu

İş yeri: AMEA Fizika İnstitutu

Vəzifəsi: Elmi işçi

Maraq sahəsi: Nanotexnologiya, nanomateriallar, optika, nazik təbəqələr fizikası.

E-mail: elsenesedov@gmail.com

Əlaqə telefonu: +994 70 602 79 10

Rəyçi: akademik B.H. Tağıyev

ƏTRAF MÜHİTİN QORUNMASI

UOT: 551.509.324

BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB VƏ CƏNUB-ŞƏRQ YAMAQLARINDA UZUNMÜDDƏTLİ TEMPERATUR DƏYİŞMƏLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

C.S. Hüseyinov

Azərbaycan Hava Yolları QSC, Azəraeronaviqasiya HHI

Hidrometeoroloji məntəqələrin müşahidə məlumatları əsasında Böyük Qafqaz dağlarının Azərbaycan ərazisində yerləşən cənub və cənub-şərq yamaqlarında 1992-2016-cı illər üçün temperatur dəyişmələri araşdırılmışdır. Müşahidə məlumatları ilə norma (1961-1990) qəbul edilmiş kəmiyyətlərin müqayisəli təhlili aparılmış, çoxillik məlumatlara iki dövr üçün (1992-2004, 2005-2016) baxılmışdır. Temperatur dəyişmələrinin xüsusiyyətləri, onların orta aylıq və fəsillik dəyişmələri müəyyən edilmiş, qlobal iqlim dəyişmələrinin regionun temperatur rejiminə təsiri statistik üsullarla araşdırılmış, alınmış nəticələr ArcGIS proqram təminatında İDW modeli vasitəsilə xəritələşdirilmişdir. Xəritədə temperaturun şaquli paylanmasına uyğun olaraq temperatur anomaliyalarının yüksəkliyə doğru azalması qanunauyğunluğu əks olunmuşdur.

Açar sözlər: İqlim dəyişmələri, qlobal istiləşmə, norma qiyməti, kontinentallıq, konveksiya, temperatur tərəddüdləri, vegetasiya, ArcGIS.

Qlobal iqlim dəyişmələri bütün Yer kürəsində ayrı-ayrı regionlarda özünü bir sıra oxşar və fərqli xüsusiyyətləri ilə biruzə verməkdədir [8]. Cənubi Qafqaz regionunda iqliminə və fiziki-coğrafi mövqeyinin mürəkkəbliyinə görə fərqlənən Azərbaycanda iqlim dəyişmələrinin tərəddüdlərinin bölgələrdən asılı olaraq yaratdığı fəsadlarda müxtəlifdir. Bu səbəbdən də respublikanın bölgələrini ayrı-ayrılıqda tədqiq etmək məqsədəuyğun sayılır [1,2].

Azərbaycan ərazisində temperatur və yağıntı rejiminin oroqrafiyadan asılı olaraq geniş ərazidə qeyri-bircins yayılması ölkənin iqlim ehtiyatlarının rəngarəngliyi ilə birbaşa asılılığa malikdir. Ərazidə iqlim rejiminin şaquli və üfuqi paylanması onu təşkil edən meteoroloji elementlərin müxtəlifliyinə səbəb olmuşdur [7]. İqlimin əsas göstəricisi sayılan temperatur və yağıntı rejiminin bu zonada bir neçə onillik ərzində fərqli dəyişmələri son 100 ildə dünyada baş verən anomal iqlim dəyişmələrinin nəticəsi kimi özünü biruzə verir [5].

Respublikanı şimaldan əhatə edən yüksək dağlıq ərazilərə malik Böyük Qafqaz dağları, onun cənub və cənub-şərq yamaqları iqlim xüsusiyyətlərinin müxtəlifliyinə görə respublikanın digər ərazilərindən seçilir [3].

İşin məqsədi. Baxılan araşdırmalarda əsas məqsəd 1992-2016-cı illər ərzində Böyük Qafqazın Azərbaycan Respublikası ərazisindəki Milli Hidrometeorologiya Xidmətinin Zaqatala, Əlibəy (Qax), Şəki, Qəbələ, İsmayılı, Oğuz və Mərzəbə hidrometeoroloji məntəqələrinin müşahidə məlumatlarından istifadə edilməklə qlobal iqlim dəyişmələrinin həmin regionda temperatur rejiminə təsirinin aşkar edilməsindən ibarətdir. Riyazi ortalaşdırma metodu ilə temperaturun müşahidə məlumatları üzərində təhlillər aparılmış, Ümumdünya Meteorologiya Təşkilatının (ÜMT) baza qiyməti kimi norma qəbul etdiyi dövr (1961-1990) müqayisə edilmiş, alınmış nəticələrin statistik əhəmiyyətliliyi yoxlanılmışdır [2]. Təhlillərin aparıldığı 24 il iki dövrə (1992-2004 – I dövr, 2005-2016 – II dövr) bölünmüş, artımın nisbi xarakteristikasına diqqət yetirilmişdir.

Ərazidə çoxillik müşahidə məlumatlarının norma kəmiyyətləri ilə müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, I dövrdə $0,5^{\circ}\text{C}$ artım müşahidə edilməsinə baxmayaraq, II dövrdə bu rəqəm 2,6 dəfəyə qədər ($1,3^{\circ}\text{C}$) yüksəlmişdir. Ümumi dövr ərzində isə (1992-2016) bütün məntəqələrdə $0,9^{\circ}\text{C}$ temperatur artımı müşahidə edilmişdir. Aşkar olunan faktlar istiləşmənin artım tempinin ildən-ilə sürətləndiyinin göstəricisi olduğundan, ayrı-ayrı aylarda baş vermiş tərəddüdlərin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi aktual məsələ kimi qarşıya çıxmışdır.

Aparılan təhlillərin cədvəl 1-də verilmiş nəticələri göstərir ki, çoxilliyin (1992-2016) yanvar və fevral aylarında 1-1,1⁰C artım müşahidə edilmişdir. Bölgədə artım mart ayında maksimum səviyyəyə çatmış, çoxillik ərzində 1,4⁰C -ə kimi yüksəlsə də, aprel və may aylarında sürətlə aşağı düşmüş və onun qiyməti hər iki ay üçün 0,5⁰C-ə enmişdir. İyun ayında yenidən temperatur artımı böyük qiymətlər almağa başlamış, bütün məntəqələrdə 1,2⁰C artım qeydə alınmışdır. İyul ayında isə bu məntəqələrdə artım kəmiyyəti 0,8⁰C-yə kimi azalmağa başlamış, lakin avqust ayında 1,8⁰C-ə qədər sürətli artım tempi müşahidə edilmişdir. Temperaturun anomaliya kəmiyyəti sentyabrda 0,9⁰C, oktyabrda isə 1,1⁰C bütün məntəqələrdə artım qiyməti ilə səciyyələnmişdir.

Cədvəl 1

Müxtəlif dövrlərdə ayrı-ayrı aylar üzrə orta temperatur anomaliyalarının dəyişməsi

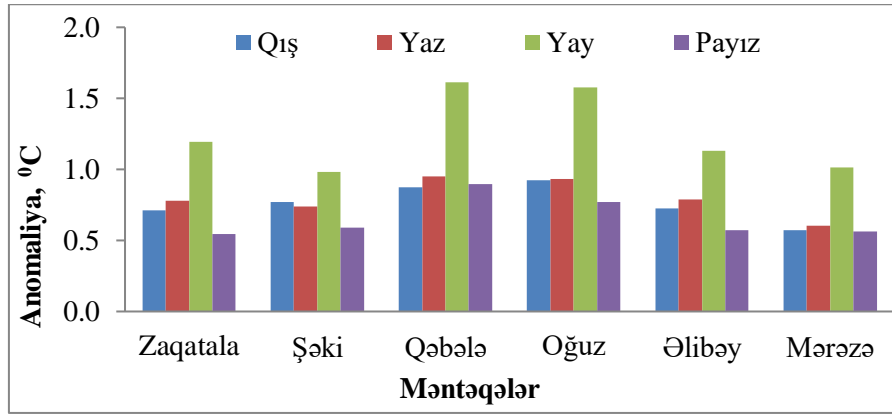
Dövr	Məntəqə	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İl
1992-2004	Zaqatala	1,0	1,0	0,7	0,3	0,0	0,5	0,1	1,1	0,2	0,8	-0,3	0,1	0,5
	Şəki	0,9	1,3	0,7	0,3	-0,1	-1,1	0,3	1,3	0,3	0,9	-0,3	0,0	0,4
	Qəbələ	1,0	1,0	0,8	0,5	-0,1	0,6	0,4	1,5	0,5	1,0	-0,1	-0,2	0,6
	Oğuz	1,2	1,2	0,9	0,6	0,1	0,8	0,6	1,5	0,5	1,0	0,0	0,1	0,7
	Əlibəy	0,9	0,6	0,7	0,3	-0,2	0,3	0,2	1,1	0,5	1,3	-0,2	0,0	0,5
	Mərzə	0,7	0,7	0,5	0,3	-0,1	0,3	0,0	1,0	0,6	0,7	-0,4	-0,2	0,3
2005-2016	Zaqatala	0,9	1,4	2,1	0,6	1,0	2,0	1,2	2,5	1,3	1,2	0,0	-0,1	1,2
	Şəki	0,9	1,4	2,1	0,5	1,1	2,5	0,8	2,2	1,3	1,3	0,2	0,2	1,2
	Qəbələ	1,2	1,5	2,3	0,8	1,5	2,7	1,8	3,0	1,9	1,7	0,5	0,9	1,6
	Oğuz	1,2	1,3	2,2	0,6	1,2	2,5	1,5	2,7	1,5	1,4	0,3	0,6	1,4
	Əlibəy	1,0	1,4	2,0	0,8	1,2	2,0	1,2	2,2	0,9	1,0	-0,1	0,5	1,2
	Mərzə	1,0	1,0	1,9	0,3	0,8	1,9	1,2	1,9	1,1	1,0	0,4	0,4	1,1
1992-2016	Zaqatala	0,9	1,2	1,4	0,4	0,5	1,2	0,6	1,7	0,8	1,0	-0,1	0,0	0,8
	Şəki	0,9	1,3	1,4	0,4	0,5	0,6	0,6	1,7	0,8	1,1	-0,1	0,1	0,8
	Qəbələ	1,1	1,2	1,6	0,6	0,7	1,6	1,1	2,2	1,2	1,3	0,2	0,3	1,1
	Oğuz	1,2	1,2	1,5	0,6	0,7	1,6	1,0	2,1	1,0	1,2	0,1	0,3	1,1
	Əlibəy	0,9	1,0	1,3	0,6	0,5	1,1	0,7	1,6	0,7	1,2	-0,2	0,3	0,8
	Mərzə	0,8	0,8	1,2	0,3	0,3	1,1	0,5	1,4	0,9	0,8	0,0	0,1	0,7

Noyabrdan başlayaraq Qəbələ, Oğuz və Mərzə stansiyaları istisna olmaqla bütün məntəqələrdə (-0,1⁰C) – (-0,9⁰C) temperatur kəmiyyəti iqlim normasından aşağı düşmüşdür. Dekabr ayı üçün digər aylardan fərqli olaraq cuzi artım 0,1-0,3⁰C tipikdir. Noyabr və dekabr aylarında temperaturun digər aylara nisbətən enməsi iqlimin sərtləşməsi ilə nəticələnmişdir. Həmçinin dövrlər arasında fərqlərə nəzər yetirsək, 2005-2016-cı illər ərzində temperatur sadalanan aylarda 1992-2004-cü ilə nisbətən 1,5 dəfə artım həddinə çatmışdır. Bütün dövrlər ərzində yüksək artım kəmiyyətləri mart, iyul və avqust aylarına təsadüf edir. 1992-2004-cü ilə nisbətən 2005-2016-cı illərdə ən yüksək artım mart, may, iyun, iyul, avqust, sentyabr və oktyabr aylarında, yəni ilin isti dövründə olmuşdur. Noyabr, dekabr aylarında isə dəyişmə cuzi baş vermişdir. Bu isə onu deməyə əsas verir ki, ərazidə ayrı-ayrı fəsilər üzrə sürətli kontinentallaşma baş verməkdədir [4].

Fəsilələr üzrə qiymətlərə nəzər yetirdikdə paylanmalar öz xüsusiyyətlərini aşkar göstərmiş, diaqramlardan göründüyü kimi əsas artım yaz və yay aylarına təsadüf etmişdir (şək.1). Maksimum qiymətlər xüsusilə Qəbələ, Oğuz və Zaqatala rayonlarında qərarlaşmış, hətta bu rayonlarda artım, yay fəslində 1,5⁰C civarında olmuşdur. Çoxillik orta fəsilik kimi yay fəslində artım 1,3⁰C, qış və yazda 0,8⁰C, payız fəsilində isə 0,7⁰C müəyyən edilmişdir. Yüksək templi illik artım Qəbələ və Oğuz stansiyalarında qeydə alınmışdır (şək.1).

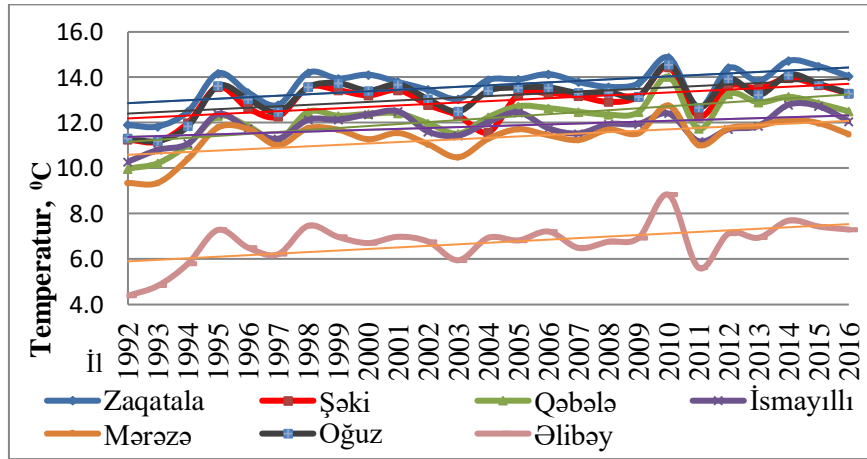
Təhlil edilmiş müşahidə məlumatların əsasında həmin məntəqələrin çoxillik orta temperatur göstəricilərinə əsasən bütün məntəqələr üçün 1995, 1998, 2010, 2014-cü illərin daha isti, 1997, 2003, 2011-ci illərin isə daha soyuq keçdiyi müəyyən edilmişdir. Trend analizləri bütün məntəqlərin temperatur qiymətlərində artım olduğunu göstərmişdir.

Əlibəy məntəqəsi mütləq hündürlüyünə görə digər məntəqələrdən daha yüksəkdə yerləşdiyi üçün daha aşağı kəmiyyət göstəriciləri ilə səciyyələnmişdir [4]. 2010-cu il Azərbaycanın bütün hidrometeoroloji stansiyalarda olduğu kimi bu məntəqələrdə də ən isti il kimi qeydə alınmışdır [2].



Şək.1. 1992-2016-cı illərdə norma (1961-1990) ilə müqayisədə orta fəsillik temperatur dəyişmələri

Təsvir edilmiş qrafikdə temperatur dəyişmələri bütün məntəqələr üçün eyni trayektoriyada oxşar göstəricilərlə özünü göstərmişdir (şək. 2).



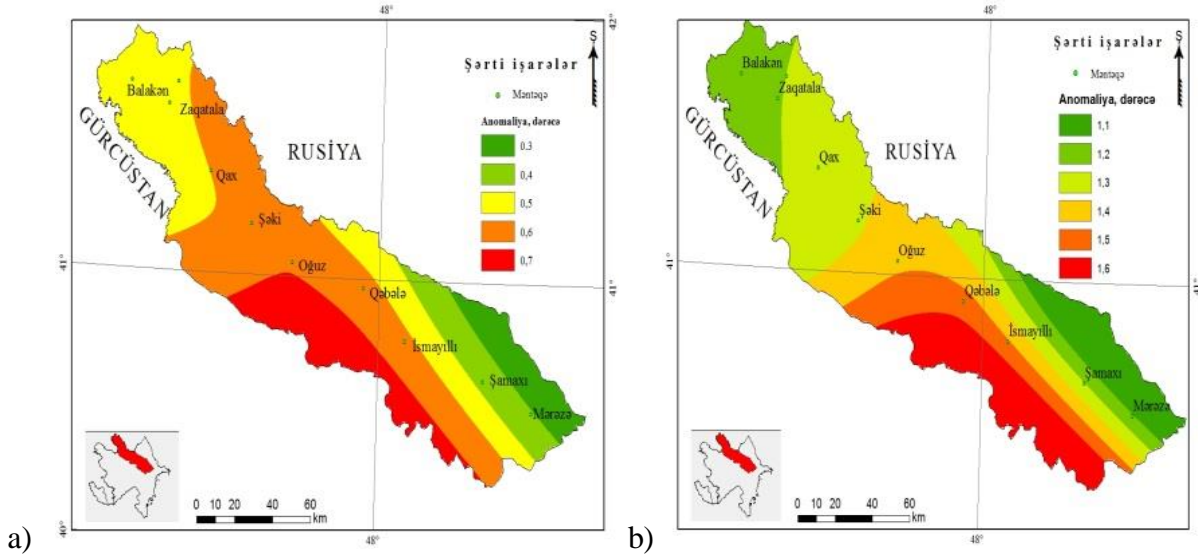
Şək.2. Müxtəlif məntəqələrdə iqlimin çoxillik orta temperatur göstəricilərinin oxşar variasiyaları

Digər müəlliflərin təhlilləri göstərir ki, temperatur dəyişkənliyi nəticəsində ölkə əhalisinin rifahını təmin edən kənd təsərrüfatı sahələrinə ziyan dəyməsi qaçılmazdır. Belə ki, yazın əvvəllərində temperaturun yüksək olması bitkilərin vegetasiya dövrünün erkən sürətlənməsinə şərait yaradır. Eyni zamanda aprel ayında temperaturun artım tempinin aşağı olması kök və gövdə sisteminin ziyan görməsinə, yayda isə rütubət ehtiyatına yüksək tələbatın olduğu zaman quraqlığın baş verməsi məhsuldarlığı kəskin aşağı sala bilər [6]. Bununla da kontinentallaşmaya davam gətirən yeni sortların tədqiqat ərazisində becərilməsi məhsuldarlığın saxlanılması üçün çıxış yollarından biri olardı.

Tədqiqat ərazisində duman ilin soyuq dövrlərində, bulud əmələgəlmə prosesləri isə ilin bütün dövrlərində demək olar ki, davam edir. Günün birinci yarısında aydın havada yer səthinin sürətlə isinməsi nəticəsində güclü konveksiya prosesləri gedir və günün ikinci yarısında yaranan topa yağış buludlarından az davamiyyətli leysan yağışları və dolu düşür. Əksər hallarda ildırım çaxır [7].

Təhlillər əsasında alınmış kəmiyyət göstəricilərinin ArcGIS proqram təminatı vasitəsi ilə dəyişənlərin interpolasiya modelində ərazi üzrə paylanmasının elektron kartoqrafik təqdimatı verilmişdir (şək.3). Xəritələrdə 1992-2004 və 2005-2016-cı illər ərzində müxtəlif məntəqələrdə anomaliya qiymətləri Selsi ($^{\circ}\text{C}$) şkalası üzrə hesablanmışdır. Təqdimatdan görüldüyü kimi 1992-2004-cü illərdə temperatur $0,3-0,7^{\circ}\text{C}$ artım ilə, 2005-2016-cı ildə isə $1,1-1,6^{\circ}\text{C}$ intervalında artımla

səciyyələnmişdir. 1992-2004-cü illər ərzində temperatur artımı daha çox Oğuz məntəqəsində müşahidə edilsə də, bu kəmiyyət 2005-2016-cı illər ərzində Qəbələdə maksimum həddə çatmış, həmçinin anomaliya kəmiyyətinin yüksəklik artdıqca azaldığı müəyyən edilmişdir.



Şək.3. 1992-2004 (a) və 2005-2016-cı illər üçün (b) temperatur anomaliyalarının məkanca paylanmasının kartoqrafik təqdimatı

NƏTİCƏ

Beləliklə, aparılmış araşdırmalardan və təhlillərdən belə nəticəyə gəlmək olar ki, 1992-2016-cı illər ərzində Böyük Qafqazın cənub və cənub-şərq yamacındakı məntəqələrdə temperaturun gedişi qışda artımın cuzi, yazın əvvəllərində sürətli olması, yayın ortalarında tərəddüdün yüksək qiymət alması, payızın əvvəlində yenidən aşağı düşməsi ilə xarakterikdir. Çoxillik orta temperatur kəmiyyətlərində isə trend xəttinə əsasən artım müşahidə edilir, nizamsız temperatur tərəddüdləri bilavasitə iqlim dəyişmələri ilə əlaqədardır və bu özünü “istiləşmə” fəsadları ilə biruzə verir.

ƏDƏBİYYAT

1. BMT-nin iqlim dəyişmələri üzrə çərçivə konvensiyasına Azərbaycanın III milli məlumatı. ETSN, Bakı, 2015, 100 s.
2. Rəhimov K.M. Böyük Qafqazın cənub yamacında bəzi iqlim parametrlərinin dəyişmə tendensiyası. Azərbaycan coğrafiya cəmiyyətinin əsərləri. XVIII cild, Bakı, 2013, s. 286-288.
3. Səfərov S.H., Hüseynov Q.M. Azərbaycanın orta və yüksək dağlıq ərazilərində müasir iqlim dəyişmələrinin tədqiqi barədə. Azərbaycan coğrafiya cəmiyyətinin əsərləri. XV cild, Bakı 2010, s. 335-338.
4. Məmmədov Ə.S. Azərbaycanda müasir iqlim dəyişmələri və onun proqnozlaşdırılması, Bakı 2015, 327 s.
5. Kərimov R.N. İqlim dəyişmələrinin təsirlərinin azaldılması və ona adaptasiya tədbirləri. Bakı 2016, 52 s.
6. Сафаров С.Г. Грозоградовые и селевые явления на территории Азербайджана и радиолокационные методы их прогнозирования, Баку, Элм, 2012, 290 с.
7. Lindzen R.S., Taking Greenhouse Warming Seriously. *Energy & Environment*, 2007, Vol 18, p. 937-950.

REFERENCES

1. BMT-nin iqlim deyishmeleri uzre cherviche convensiyasına Azerbaycanın III milli melumatı. ETSN, Bakı, 2015, 100 s.

2. Rehimov K.M. Boyuk Gafgazin cenub yamacında bezi iqlim parametrlərinin deyishme tendensiyasi. Azərbaycan coğrafiya cəmiyyətinin eserleri. XVIII cild, Bakı, 2013, s. 286-288.
3. Seferov S.H., Huseynov G.M. Azərbaycanın orta ve yuksek daglıg erazilerinde muasir iqlim deyishmelerinin tedgigi barede. Azərbaycan coğrafiya cəmiyyətinin eserleri. XV cild, Bakı 2010, s. 335-338.
4. Memmedov E.S. Azərbaycanda muasir iqlim deyishmeleri və onun prognozlashdirilmesi, Bakı 2015, 327 s.
5. Kerimov R.N. İqlim deyishmelerinin tesirlerinin azaldılması ve ona adaptasiya tedbirleri. Bakı 2016, 52 s.
6. Safarov S.G. Grozogradovie i selevie yavleniya na territorii Azerbaydjana i radiolokachionnie metodi ix progrozirovaniya, Baku, Elm, 2012, 290 s.
7. Lindzen R.S. Taking Greenhouse Warming Seriously. *Energy & Environment*, 2007, Vol 18, p. 937-950.

ОСОБЕННОСТИ ДЛИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЮЖНЫХ И ЮГО-ВОСТОЧНЫХ СКЛОНАХ БОЛЬШОГО КAVKAZA

Дж.С. Гусейнов

На основании данных наблюдений гидрометеорологических станций были исследованы изменения температуры на южных и юго-восточных склонах гор Большого Кавказа в Азербайджане за 1992-2016 годы. Был проведен сравнительный анализ величин, принятых по данным наблюдений (1961-1990 гг.), И были проанализированы многолетние данные за два периода (1992-2004 гг., 2005-2016 гг.). Были определены особенности изменения температуры, их среднемесячные и сезонные колебания, статистические воздействия глобальных изменений климата на региональные температуры, исследованы с использованием статистических методов, а результаты были сопоставлены с использованием модели IDW в программном обеспечении ArcGIS. На карте показана закономерность уменьшения температурных аномалий до высоты в соответствии с вертикальным распределением температуры.

Ключевые слова: изменение климата, глобальное потепление, нормы цены, температурные колебания, континентальность, конвекция, вегетация, ArcGIS.

FEATURES OF LONG TEMPERATURE CHANGES IN THE SOUTH AND SOUTH-EASTERN SLOPES OF THE GREAT CAUCASUS MOUNTAINS

J.S. Huseynov

Based on the observation data of hydrometeorological stations, temperature changes for 1992-2016 the southern and southeastern slopes of the Greater Caucasus Mountains located in the territory of Azerbaijan were investigated. With observation information norms (1961-1990) accepted quantities comparative analysis, the long-term data are considered two periods (1992-2004, 2005-2016). The features of temperature changes, their average monthly and annual changes are determined, the impact of global climate change on the region's temperature regime were investigated statistically, the results obtained were mapped to the ArcGIS software through the IDW model. The degree of temperature anomalies decreases is reflected according to the vertical distribution of the temperature on the map.

Key words: climate change, global warming, price norms, temperature hesitations, continentality, convection, vegetation, ArcGIS.

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Hüseynov Camal Surxay oğlu

İş yeri: Azərbaycan Hava Yolları QSC, Azəraeronaviqasiya HHI, Zabrat Hava Limanı

Vəzifəsi: texnik-sinoptik

Maraq sahəsi: Aviasiya meteorologiyası, radiolokasiya, informasiya texnologiyaları

E-mail: camal_huseynov_88@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 50 733 31 78

Rəyçi: t.e.d., prof. T.İ. Süleymanov

UOT 528.94

TƏBİƏTİ MÜHAFİZƏ XƏRİTƏLƏRİNİN İNFORMASIYA TƏMİNATI

İ.Ə. Qəribova

Azərbaycan Dövlər Pedaqoji Universiteti

Müasir dövrdə Yer kürəsinin müxtəlif regionlarında cəmiyyət və ətraf mühit arasında tarazlığın pozulması, təbii geosistemlərdə baş verən dəyişikliklər, degradasiya prosesləri ekoloji problemlərə gətirib çıxarmışdır ki, onları da tədqiq etmək və elmi əsaslarla təbiətimühafizə tədbirləri planı işləyib hazırlamaq və həyata keçirmək zərurəti yaranmışdır. Geosistemlərdə baş verən proses və hadisələrin daha təfəssilatlı dərk edilməsi və təhlili məqsədi ilə onların xəritələr üzərində təsvirinin yaradılması olduqca böyük əhəmiyyət kəsb edir. Təbiətimühafizə xəritələri (TMX) xüsusi növ kartoqrafik əsərlər olub son dövrlərdə inkişaf mərhələsi keçir. Onların yaradılması informasiya bazasının tərkib elementlərinin düzgün seçilməsi və bütöv olmasına dair çox yüksək tələblər qoyur.

Tədqiq edilən məqalədə təbiətimühafizə xəritələrinin informasiya mənbələri araşdırılmış, təhlil edilmiş, sistemləşdirilmiş və informasiya təminatı bazasının yaradılması ilə bağlı təkliflər verilmişdir.

Açar sözlər: *təbiətimühafizə, xəritələşdirmə, informasiya təminatı, kartoqrafik mənbələr, statistik informasiya, ekoloji vəziyyət, aerokosmik tədqiqat, qiymətləndirmə.*

Giriş

Son onilliklər ərzində təbiətlə cəmiyyət arasında tarazlığın pozulması çoxsaylı ekoloji problemlərin yaranmasına gətirib çıxarmışdır. Ona görə də, ekoloji problemlərin inkişafının dayandırılması və aradan qaldırılması məqsədi ilə, bir çox Dövlət Proqramları qəbul edilmişdir. Həmin proqramların həyata keçirilməsindən əvvəl həmin ərazilərdə real durumun təsvirinin yaradılması olduqca vacibdir. Məlumdur ki, ərazinin təsviri xəritə və planlar üzərində əks etdirilir. Digər tərəfdən xəritənin təyinat və məqsədindən asılı olaraq, onların məzmun elementləri və informasiya mənbələri seçilir. Təbiətimühafizə xəritələri xüsusi növ xəritələr olub, onların informasiya təminatı üçün mənbələrin düzgün seçilməsi, eləcə də, istifadəsi metodik baxımdan olduqca vacibdir.

İşin məqsədi. Təqdim edilən məqalədə təbiətimühafizə xəritələrinin informasiya təminatı mənbələrinin araşdırılması və istifadə edilməsinə dair metodik tövsiyələrin işlənməsi əsas məqsəd kimi qoyulmuşdur.

Təbiətimühafizə xəritələşdirilməsi tematik kartoqrafiyanın ayrıca istiqaməti olaraq, XX əsrin 70-ci illərindən formalaşmağa başlamışdır. Bu dövrdə tərtib edilən təbiətimühafizə xəritələrinin məzmun elementləri analoji müasir xəritələrin elementlərindən onunla fərqlənirdi ki, orada kənar tematik mövzularda elementlər daha çox yer alır, amma bir sıra vacib təbiətimühafizə komponentləri əks olunmurdu [1,2]. Belə xəritələrdə təbiətimühafizə problemləri ekoloji problemlərlə eyniləşdirilirdi. Lakin sonrakı inkişaf mərhələsində təbiətimühafizə xəritələri öz məzmunu ilə ekoloji xəritələrdən dəqiq çərçivədə diferensasiya olundu. Bunlara baxmayaraq, indiki dövrdə də bir sıra ortaq elementlər hər iki növ xəritələrdə saxlanılmaqdadır. Məsələn, xüsusi mühafizə olunan ərazilər.

Ümumi halda təbiətimühafizə xəritələrinin informasiya bazası aşağıdakı xüsusiyyətləri ilə səciyyələnir:

- informasiya mənbəyi(kartoqrafik, aerokosmik, statistik, yazılı mənbə);
- məlumatın əhatə dövrü (uzundövrü, ortadövrü, cari, mövsümi, operativ, təcili);
- məlumatın bağlanma obyektı;
- məlumatın bütövlüyü və əhatəliliyi;
- məlumatın bağlandığı obyektin səciyyəsi;
- məlumatın mənsub olduğu müəssisə (dövlət orqanları, müəssisələr, elmi-tədqiqat institutları, kommersiya təşkilatları);

- informasiyanın əldə edilməsində tətbiq olunmuş elmi metodlar və texniki vasitələr (məsafədən zondla tədqiqat metodları, ekspedisiya və monitoring müşahidə nəticələri).

TMX-nin kartoqrafik informasiya mənbələri. Ümumi halda TMX-nin informasiya təminatı dedikdə müvafiq tematik xəritələrin layihələndirilməsi və tərtibi məqsədi ilə istifadə edilə biləcək bütün ilkin verilənlər, kəmiyyət və keyfiyyət materialları toplusu başa düşülür. Bununla belə, müxtəlif ərazilərdə TMX-nin tərtibində istifadə edilən ilkin informasiya bazası fərqli tərkibdə ola bilər.

Aydındır ki, digər hallarda olduğu kimi, təbiəti mühafizə xəritələşdirilməsində də əsas informasiya mənbəyi kartoqrafik materiallardır. Bu materiallara böyük və orta miqyaslı topoqrafik və icmal-topoqrafik xəritələr, tematik xəritə və atlaslar, aerokosmik planalma materialları aid edilir. Onu da qeyd edək ki, informasiya mənbələri sırasında topoqrafik xəritələr öncül yer tuturlar. Topoqrafik xəritələrdən əldə edilən məlumatlar əsasında müxtəlif təyinatlı təbiətimühafizə tematik xəritələrinin tərtibatında istifadə edilir. Məsələn, topoqrafik xəritələr olmadan “Təbiət mühitinin komponentləri xəritəsi”, “Təbii ərazi kompleksləri xəritəsi”, “Ərazinin funksional zonalama xəritələri” və s. xəritələri tərtib etmək təcrübi olaraq mümkün olmazdı.

TMX-nin kartoqrafik mənbələr sırasında “Tematik elmi məlumat xəritələri” xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, bu xəritələr landşaft, torpaqdan istifadə, ümumiqtisadi və başqa növ xəritələr üçün baza rolunu oynayır [3]. Eyni zamanda “Tematik elmi-məlumat xəritələri”-ni məzmununa görə inventarlaşdırma, qiymətləndirmə, proqnoz və tövsiyyə xarakterli xəritələr qruplarına ayırmaq olar [4].

Bəzi mənbələrdə “Tematik elmi-məlumat xəritələri”-ni onların tərtibatında istifadə edilən məlumatlara görə qruplara bölürlər [5]:

- ekoloji vəziyyətin formalaşmasında təbii və sosial-iqtisadi şəraitin qiymətləndirilməsi;
- təbii mühitə antropogen (texnogen) təsirlər və onların inkişaf proqnozu;
- mühitin xarici təsirlərə dayanıqlığı;
- mühitin ekoloji vəziyyəti, onun pozulma dərəcəsi və risk faktorları və s.

Yuxarıda qeyd edilən risk faktorları və s. göstəricilərlə bağlı informasiyaları əldə etmək üçün tədqiqat sahəsində müvafiq ətraf mühitin monitoringi sistemi yaradılmalıdır.

Bunlarla yanaşı təbii hadisələrin qiymətləndirilməsi və inkişafının proqnozunu əks etdirən xüsusiləşdirilmiş xəritələr də TMX-nin tərtibində əhəmiyyətli yer tuturlar.

TMX-nin hazırlanmasında məsafədən zondla tədqiqat və aerokosmik informasiya materialları. TMX-nin hazırlanmasında məsafədən zondla tədqiqat və aerokosmik informasiya mənbələri materiallarından da geniş istifadə edilir. Aerokosmik tədqiqatlar və məsafədən kompleks tədqiqat metodları özündə çoxzonalı və spektral zonalı aerofotoçəkilişləri, infraqırmızı istilik aeroplanmasını (skaner, televiziya, radiolokasiya və başqa növ çəkilişlərlə birləşdirir. Çəkilişlər Yer in suni peykləri, orbital stansiya və idarəolunan kosmik peyklərdən həyata keçirilir.

TMX- nin tərtibində istifadə edilən kosmik şəkillər xüsusi təyinatlı peyk və peyk sistemlərindən əldə edilir. 200-700 km yüksəkliyə qaldırılmış kartoqrafik peyklər yer səthinin təfəsilatlı planalmasını həyata keçirir ki, bunun nəticəsində də, yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik şəkillər alınır. 1000 kilometrə qədər yüksəklikdə uçan resurs və okean peykləri materik və okeanların təbii resurslarını tədqiq etmək üçün kosmik şəkillər almaq imkanı verir. Meteoroloji peyklər 1000 kilometrə qədər yuxarı yüksəkliklərdə yerləşir və əsasən buludluluğun təyin edilməsində istifadə edilir. 36 000 km yüksəkliyə malik orbitlərdə yerləşən geostasionar peyklər isə ekvator boyunca Yer in fırlanma sürətinə bərabər sürətlə hərəkət edir və planetin konkret rayonlarında daimi müşahidələr və planalmalar (kosmik çəkilişlər) həyata keçirirlər.

Qeyd edək ki, təbiətimühafizə xəritələşdirməsi məqsədi ilə fotoqrafik və skaner planalmaları şəkillərindən də geniş istifadə edilir. 200 km yüksəkliyə malik orbitdə hərəkət edən peykdən fokus məsafəsi 1000 mm olan fotoaparata 1: 200 000 miqyaslı fotoşəkillər alınır ki, bunun da əhatə sahəsi 3 600 km² təşkil edir. Fotoşəkillərin üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, onlar yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik olduğundan (2 metrə qədər) onların əsasında böyük miqyaslı təsvirlər almaq mümkündür. Lakin fotoşəkillərin zəif cəhətləri də mövcuddur. Belə ki, kosmik uçuş aparatlarında

çəkilməmiş fotolentin yerdəki mərkəzə çatdırılması müəyyən zamandan sonra baş verir ki, bu da alınan məlumatın operativliyini aşağı salır.

Fotoqrafik üsuldan fərqli olaraq skaner üsulunda peykin hərəkət marşrutuna perpendikulyar istiqamətdə işıq siqnalının köməyi ilə ərazi plana alınır, sonra toplanmış informasiya elektrik siqnallarına çevrilərək kosmik kanallarla Yerə ötürülür və piksellər şəklində yazılır. Bu üsulun üstün cəhəti onun operativliyi və ərazinin adi gözlə görünməyən komponentlərini aşkar etmək imkanının olmasıdır. Lakin bu üsulun da, çatışmamazlıqları var. Belə ki, piksel təsviri böyüdükdə şəkil bütöv qavranılmır.

Ümumi halda, aerokosmik şəkillərdən istifadə qaydaları yerinə yetirilən tədqiqatların dəqiqlik tələbləri və miqyasından asılıdır. Məsələn, böyük miqyaslı topoqrafik xəritələrin tərtibi və yeniləşdirilməsində, müxtəlif mühəndisi məsələlərin həllində 1:10000 və 1:30000 miqyaslarda icra edilmiş aerofotoşəkillərdən istifadə edilir.

Kosmik şəkillər istifadə məqsədindən asılı olaraq müxtəlif miqyaslarda əldə edilir [6]:

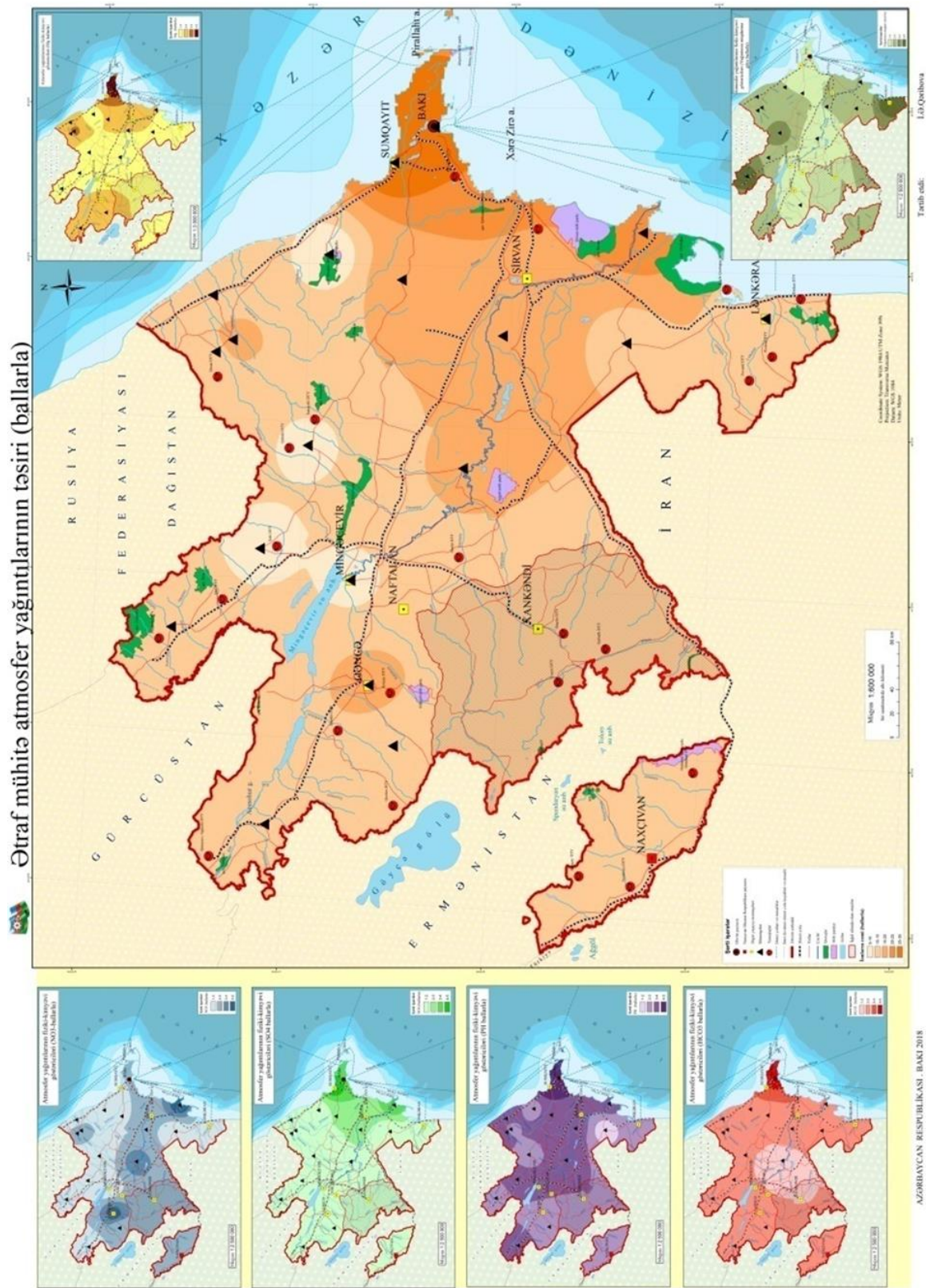
- 1:10 000-1:100 000 miqyaslarda, yüksək ayırdetmə qabiliyyətli (aerofotoşəkillər kimi);
- orta miqyaslı (1:100 000-1:500 000), yüksək ayırdetmə qabiliyyətli;
- orta miqyaslı (1:500 000-1:1 000 000), orta ayırdetmə qabiliyyətli;
- kiçik miqyaslı (1:1 000 000-1:10 000 000), aşağı ayırdetmə qabiliyyətli;
- kiçik miqyaslı (1:50 000 000-1:100 000 000), qlobal əhatəli.

Aerokosmik şəkillərin emal edilməsində çox vacib mərhələlərdən biri onların məlum üsullarla deşifrə edilməsindən ibarətdir [7]. Bunun nəticəsində aerokosmik şəkillərə əsasən təbiət mühitinin pozulma, çirklənmə və deqradasiya areallarını, torpaqdan istifadə strukturlarını və s. ayırd etmək mümkün olur. Hal-hazırda aerokosmik materiallardan CIS texnologiyalarında da geniş istifadə olunur. Onu da qeyd etmək ki, məsafədən zondla tədqiqat materialları xüsusi, məsələn, ERDAS və yaxud PhotoMod paket-proqramlarının köməyi ilə qəbul və emal edilir.

TMX-nin informasiya təminatında statistik mənbələr. TMX-nin informasiya təminatında statistik mənbələr xüsusi yer tuturlar. Bu mənbələr sırasında ətraf mühitin çirklənməsi haqqında informasiya əsas sayılır. Bu məqsədlə monitoring sistemi qurulur, o cümlədən Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər nazirliyində xüsusi monitoring mərkəzi fəaliyyət göstərir. Monitoring mərkəzi ətraf mühitin vəziyyəti ilə bağlı çoxsaylı tədqiqatlar aparır və öz illik hesablarını açıq mətbuatda nəşr etdirir və internet saytında yerləşdirir. Eyni zamanda “statistik mənbələr” blokunda ölkə ərazisinin sağlamlıq vəziyyəti, həmçinin sosial iqtisadi göstəricilərə dair informasiya verir. Bütün bu məlumatlar TMX-nin məzmun elementlərini tam və dolğun təsvir etdirilməsi üçün vacibdir.

TMX-nin tərtibi üçün informasiya təminatında sorğu-ədəbiyyat mənbələri də yer alır. Bu mənbələrə ilk növbədə elmi nəşrlər aid edilir. Burada, həmçinin, fəaliyyəti təbiətdən istifadə və ətraf mühitin mühafizəsi ilə əlaqəli olan dövlət orqanlarının materiallarında verilən informasiya faydalı olur. Belə dövlət orqanlarının yuxarıda qeyd edildiyi kimi, AR Ekologiya və Təbii Sərvətlər nazirliyi, AR Əmlak Məsələləri Dövlət komitəsi, AR Kənd Təsərrüfatı nazirliyi, AR Fövqəladə Hallar nazirliyi və başqalarının müvafiq bölmələri daxildir. Bu orqanlar mütəmadi olaraq monitoring müşahidələri, natural (bilavasitə ərazidə) müayinələr aparır və ətraf mühitlə bağlı proqnoz və mülahizələrini irəli sürürlər.

Qeyd etmək ki, AR Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin Monitoring mərkəzi tərəfindən həyata keçirilmiş natural müayinə materialları əsasında Azərbaycan ərazisində təbiətimühafizənin vəziyyətinə dair tərəfimizdən təhlillər aparılmış və bir sıra xüsusi təbiətimühafizə xəritələri tərtib edilmişdir. Bunlara misal olaraq “Azərbaycanda ətraf mühitə atmosfer yağıntılarının (fiziki-kimyəvi göstəricilərlə) təsiri xəritəsi”-ni göstərmək olar (şəkil 1) [8]. Bu xəritənin karkas hissəsi - coğrafi məzmunu, riyazi əsasları və digər elementləri GoogleMap, GoMap, xəritə fond materialları, həmçinin, LandSat və başqa süni peyklərdən alınmış kosmik şəkillər və məlumatlar əsasında tərtib edilmişdir. Xəritənin tərtibi isə Esri(ABŞ) şirkətinin istehsalı olan ArcGis 10.2 paket-proqramına əsaslanan GIS texnologiyalarının tətbiqi ilə və müasir xəritə tərtib etmə üsullarından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. Xəritə konus proyeksiyasında tərtib edilmiş və onun müvafiq kartoqrafik şəbəkəsi cızılmış, riyazi əsasları, legandası, uyğun şərti işarələri işlənilib hazırlanmışdır.



Şək.1. Azərbaycanda ətraf mühitə atmosfer yağıntularının (fiziki- kimyəvi göstəricilərlə) təsiri xəritəsi (2016-cı il)

Nəhayət, təbiətimühafizə xəritələşdirilməsinin informasiya təminatında Kütləvi İnformasiya Vasitələri(KİV) ilə paylaşılan operativ məlumatlar, təbiətimühafizə qanunvericiliyinə görə ətraf mühitin vəziyyəti ilə bağlı rayonlar üzrə çıxarılmış əyintilər, təbii və texnogen qəzalar haqqında informasiyalar da xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Nəticə və təkliflər

TMX-nin tərtib etmə xüsusiyyətləri və informasiya mənbələrinin araşdırılması əsasında aşağıdakı nəticələrə gəlinir:

1. Təbiətimühafizə xəritələri öz məzmunu ilə digər növ tematik xəritələrdən fərqlənir. Ona görə də, belə xəritələrin məzmun elementləri və tərtib etmə texnologiyalarının seçilməsi xüsusi yanaşmaların tətbiq edilməsini tələb edir.

2. Təbiətimühafizə xəritələşdirilməsinin əsas informasiya mənbəyi mövcud kartoqrafik materiallardır. Bu materiallara topoqrafik və icmal-topoqrafik xəritələr, tematik xəritə və atlaslar, aerokosmik planalma materialları aiddir. Eyni zamanda təbii proses və hadisələr və onların inkişaf dinamikasının qiymətləndirilməsi məqsədi ilə tədqiqat ərazisində ətraf mühitin monitorinqi sisteminin yaradılması və mütəmadi müşahidələrin aparılması vacibdir.

3. Təbiətimühafizə xəritələri əsasən iki istiqamətdə tərtib edilir: mühafizə olunan təbiət əraziləri xəritələri; təbiətimühafizə tədbirləri xəritələri. Təsvir edilən obyektlərin əhəmiyyəti və təbəçiliyi, əhatə sahəsi və yaradılma məqsədindən asılı olaraq, belə xəritələrin areallar və lokal şərti işarə üsulları ilə tərtib edilməsi tövsiyə olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Qəribova İ.Ə. Azərbaycanca xüsusi mühafizə obyektlərinin təbiətin mühafizəsində rolu//Elmi xəbərlər, Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Gəncə, 2018.- №4/27, səh. 46-57.
2. Гарибова И.А. Требования к тематическому содержанию карт охраны природы/ Вопросы географии и геоэкологии. Институт географии Республики Казахстан. Алма-Ата, 2018. - №1, стр.76-80.
3. Сальников С.Е. Принципы научно-справочного эколого-географического картографирования: на примере карт оценки состояния окружающей среды// Вестник МГУ. Сер. геог., М.:1993.-№5, с.11-12.
4. Дьяконов К.Н. Экологическое проектирование и экспертиза. М.: Аспект Пресс, 2005.384 с.
5. Кочуров Б.И., Шишкина Д.Ю., Антипова А.В., Костовка С.К. Геоэкологическое картографирование. – М.: Издательский центр: Академия, 2012, 224с.
6. Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И. и др. Картоведение / Под ред. А.М.Берлянта. - М.: Аспект Пресс, 2003. - 477 с.
7. Qəribova İ.Ə. Böyük Qafqazın Azərbaycan hissəsində eroziyaya qarşı mühafizə tədbirləri və xəritələşdirilməsi//Bakı Universitetinin xəbərləri. Təbiət elmləri seriyası. Bakı, 2017, № 1, səh.186-190
8. Qəribova İ.Ə. Atmosfer yağıntılarının fiziki-kimyəvi göstəricilərinin xəritələşdirmə xüsusiyyətləri//Coğrafiya və təbii resurslar. Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin əsərləri. Bakı, 2018.- №2 (8), səh. 67-74.

REFERENCES

1. Garibova I.A. Azerbaijanda xususi muhafize obyektlerinin tabiati muhafizede rolu// Elmi xeberler, Azerbaijan Texnologiya Universiteti, Ganja, 2018. №4-/27,sah.46-57.
2. Garibova I.A. Trebovaniya k soderjaniyu kart oxrani prirodi/Voprosi geografii i geoekologii. Institut geografii Respubliki Kazakstah. Alma-Ata, 2018.,str.76-80.
3. Salnikov S.E. Prinsipi nauchni-spravochnogo ekologo-geograficheskogo kartografirovaniya;na primere kart osenki sostoyaniya okrujayushey sredi// Vestnik M.G.U. Ser.geog., M.; 1993.-№5, s.11-12.
4. Dyakonov K.N. Ekologicheskoe proyektirovaniye I ekspertiza. M., Aspekt Press, 2005- 384s.
5. Kochurov B.I., Shishkina D.Y., Antipova A.B., Kostovka S.K. Geoekologicheskoe kartografirovaniye.-M.; Izdatelskiy sentr “Akademiya”, 2012, -224s.
6. Berlyant A.M., Vostokova A.V., Kravsova V.I. i dr. Kartovedeniye/ Pod red.Berlyant A.M.-M.: Aspekt Press, 2003-477s.

7. Garibova.I.A. Boyuk Gafkazin Azerbaijan hissesinde eroziyaya garshi muhafize tadbirlari ve xeriteleshdirme// Baku Universitetinin xeberleri/ Tabiat elmleri seriyas;/ Baku,2017, № 1, seh.186-190.
8. Garibova I.A. Atmosfer yagintilarinin fiziki-kimyavi gostarijilarinin xaritalashdirma xususiyyatlari//Jografiya ve tabii resurslar. Azerbaidjan Jografiya jamiyyatinin asarlari/ Baku, 2018-№2(8), sah.67-74.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ КАРТ

И.А. Гарибова

В наше время в разных частях земного шара баланс между обществом и окружающей средой, изменения в природных геосистемах и процессы деградации привели к экологическим проблемам, которые необходимо исследовать и разрабатывать на научной основе для разработки и реализации плана по охране природы. Создание и описание карт имеет большое значение для более детального понимания и анализа процессов и событий, происходящих в геосистемах. Карты охраны природы (КОП) являются специальными картографическими произведениями и разрабатываются в последние годы. Их создание предъявляет высокие требования к правильному выбору и целостности элементов информационных баз.

В статье изучены, проанализированы, систематизированы источники природоохранных карт и предоставлены сведения о базе данных.

Ключевые слова: охрана природы, картографирование, информационное обеспечение, картографические источники, статистическая информация, экологическая обстановка, аэрокосмические исследования, оценка.

INFORMATION PROVISION OF ENVIRONMENTAL MAPS

I.A. Garibova

Nowadays, in different parts of the world, the balance between society and the environment, changes in natural geosystems, and degradation processes have led to environmental problems that need to be researched and developed on a scientific basis in order to develop and implement a conservation plan. Creation and description of maps is of great importance for a more detailed understanding and analysis of the processes and events occurring in geosystems. Conservation maps (CP) are special cartographic works and have been developed in recent years. Their creation places sets high demands on the correct selection and integrity of information database elements.

The article studied, analyzed, systematized the sources of environmental maps and provided information about the database.

Key words: nature conservation, mapping, information support, cartographic sources, statistical information, environmental conditions, aerospace research, assessment.

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Qəribova İlhamə Əhməd qızı.

İş yeri: Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Vəzifəsi: Tarix və Coğrafiya fakültəsinin Ümumi coğrafiya kafedrasının baş müəllimi

Maraq dairəsi: Geodeziya-kartoqrafiya, CİS texnologiyaları

E-mail: ilhama33@live.com

Əlaqə telefonu: +994 55 551 65 60

Rəyçi: t.e.d., prof., B.M. Əzizov

İQTİSADİYYAT, MENEJMENT VƏ HÜQUQ

UOT 343.132

İSTINTAQ HƏRƏKƏTLƏRİNDƏ MÜTƏXƏSSİSİN İŞTİRAKI: BƏZİ TAKTİKİ, TƏŞKİLATİ VƏ PROSESSUAL ASPEKTLƏR

Ş.M. Kərimov, A.S. Mikayılov*

Milli Aiasiya Akademiyası

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyinin Məhkəmə Ekspertizası Mərkəzi*

Məqalədə cinayət mühakimə icraatının məhkəməyədək olan mərhələlərində mütəxəssisin iştirakının bir sıra təşkilati-prosessual aspektləri nəzərdən keçirilmişdir.

Hadisə yerinə baxış, şəxsi müayinə, axtarış, istintaq eksperimenti və digər istintaq hərəkətlərində mütəxəssisin iştirakının bəzi taktiki, təşkilati və prosesual xüsusiyyətləri təhlil edilmişdir. Habelə cinayət mühakimə icraatı məqsəd və vəzifələrinə uyğun olaraq mütəxəssislərin xüsusi biliklərindən və bacarıqlarından istifadə məsələlərinin hüquqi tənzimlənməsinin təkmilləşdirilməsinin əsas istiqamətləri müəyən olunmuşdur.

Açar sözlər: cinayət-prosessual məəcəllə, istintaq hərəkətləri, mütəxəssis, hadisə yerinə baxış, şəxsi müayinə, axtarış, istintaq eksperimenti.

İstintaq hərəkətlərinin seçimi, onların aparılması ardıcılığı və taktikası, isti izlərlə cinayətlərin istintaqı zamanı istifadə edilən metodlar və vasitələr, onlarda iştirak edən subyektlərin dairəsi, cinayətlərin istintaqı prosesini həyata keçirildiyi şəraitdən asılıdır. Subyektlərin cinayətlərin açılması və istintaqına yönələn hərəkətlərin məqsədyönlü xarakter daşması və effektiv olması üçün baş verən hadisələrin və onların nəticələrini obyektiv və əhatəli qiymətləndirmək zəruridir [9, s.22].

Qeyd olunanları nəzərə alaraq, mütəxəssisin bir sıra istintaq hərəkətlərinin iştirakının bəzi təşkilati, taktiki və prosesual aspektlərini nəzərdən keçirək.

AR CPM-nin 236.5-ci maddəsində göstərilir ki, «baxış zamanı müstəntiq müstəqil və ya mütəxəssin köməyi ilə izləri, əşyaları, sənədləri, habelə gələcəkdə iş üzrə sübut əhəmiyyəti kəsb edə biləcək digər əşyaları götürür».

İ.U.Məmmədov qeyd edir ki, «hadisə yerinin xarakterindən və onun məzmunundan asılı olaraq, müstəntiq baxışın aparılmasında xüsusi bilik və bacarığa malik olan mütəxəssisin köməyindən istifadə edə bilər. Mütəxəssis qismində kriminalist, bioloq, həkim, mühəndis, kimyaçı və başqa ixtisas və ya peşə mənsubiyyəti olan şəxslər dəvət edilə bilər» [2, s.711].

Hadisə yerinə baxış – mütəxəssisin rolunun daha açıq şəkildə təzahür etdiyi istintaq hərəkətidir. Bir sıra kateqoriyalı işlər üzrə (məsələn, texnogen qəzalar, yanğınlar və s.) mütəxəssisin iştirakı olmadan hadisə yerinə baxışın effektiv aparılması sadəcə olaraq mümkün deyildir. Bir sıra müəlliflər ümumiyyətlə hadisə yerinə baxışda mütəxəssisin məcburi iştirakı kimi müddəaları özündə əks etdirən maddənin qanunvericiliklə təsbit edilməsini təklif edirlər. Fikrimizcə, hər bir cinayət işinin istintaqı zamanı mütəxəssisin hadisə yerində iştiraka cəlb edilməsinin məcburiliyi kimi müddəanı cinayət-prosessual qanunvericilikdə nəzərdə tutulması o qədər də məntiqi deyildir və bu məsələ konkretləşdirilməlidir.

C.H. Mövsümov bununla bağlı yazır: «Bir çox hallarda baxış zamanı müxtəlif elm, peşə və sənət sahələrinə aid olan məsələlərin aydınlaşdırılmasına ehtiyac yaranır. Belə hallarda baxışın obyektiv və tam aparılması məqsədi ilə xüsusi biliyə malik olan şəxslərin dəvət edilməsi zəruridir. Mütəxəssislər hadisə yerinin planının çəkilməsində, aşkar edilmiş izlərin və digər maddi sübutların düzgün qablaşdırılmasında az rol oynamırlar. Müstəntiq hər bir konkret halda hadisənin xarakterindən asılı olaraq, hansı mütəxəssislərin baxışa dəvət edilməsini dərhal müəyyənləşdirməli və onların iştirakını təmin etməlidir. Mütəxəssislər hadisə yerinin müayinəsində iştirak etməklə müstəntiqin köməkçisi kimi fəaliyyət göstərirlər. Onlar xüsusi biliklərinə əsasən hadisə yerinin vəziyyətinin daha dəqiq müayinə olunmasında və protokolun tam və düzgün yazılmasında və s. bu kimi başqa məsələlərin həllində müstəntiqə yaxından kömək edirlər» [4, s.53].

Baxış zamanı mütəxəssisin təşkilati-taktiki köməyi müstətiqə sübutların üzə çıxarılmasının düzgün və təhlükəsiz metodlarını və üsullarının seçimində məsləhətlər vermək; işə aid olan predmetlər, xüsusiyyətlər, əhəmiyyətli əlamətlər haqqında məlumatları protokolda qeyd etməkdə kömək etmək və s. ifadə olunur. Mütəxəssisin elmi-texniki köməyi sübutların aşkarı, təsbiti və götürülməsi zamanı elmi-texniki vasitələrin düzgün tətbiq edilməsində, müstətiqin tapşırığı ilə ölçmələrin, fotoçəkilişin, videoyazının aparılmasında, baxışın ayrı-ayrı vəziyyətlərini əks etdirən planların, sxemlərin tərtibində kömək etməkdən ibarətdir [8, s.18].

Mütəxəssisin hadisə yerinə baxışa cəlb edilməsinin ümumi və xüsusi məqsədlərini fərqləndirmək olar. Ümumi məqsədlərə aid etmək olar: texniki axtarış vasitələrinin tətbiqi; texniki vasitələrin (foto, video çəkiliş) köməyi ilə baxışın gedişi və nəticələrinin qeydə alınması; aşkar edilmiş predmetlərin xassə və xüsusiyyətlərinin müstətiqə izahı və s. Mütəxəssisin cəlb edilməsinin xüsusi məqsədləri qismində göstərilə bilər: müstətiqin tapşırığı ilə aşkar edilmiş obyektlərin ilkin tədqiqatı; aşkar edilmiş predmetlərlə düzgün davranış üzrə müstətiqə məsləhətlərin verilməsi; götürülmüş predmetlərin protokolda düzgün təsvirində müstətiqə kömək göstərmə və s.[7, s.216-217].

Professor C.H. Mövsümov hadisə yerinə baxış zamanı mütəxəssis qismində kriminalistlərin cəlb olunmasının zəruriliyini də xüsusi olaraq vurğulayırdı. Belə ki, müəllif bununla bağlı yazırdı: «Baxışın tam və ətraflı aparılması məqsədi ilə çox halda mütəxəssis-kriminalistlərin də iştirakı tələb edilir. Məsələn, hadisə yerində odlu silahın tətbiq edilməsini göstərən izlər qaldıqda, yaxud sındırma aləti izləri və sair izlər olduqda mütəxəssis – kriminalistlərin iştirakı xüsusi ilə vacibdir» [4, s.53-54].

Məlum olduğu kimi, baxışın bir sıra növləri vardır ki, onlardan biri də insan meyitinə baxışdır. Bu istintaq hərəkətində bir çox hallarda mütəxəssisin də iştirakı zəruriliyi yaranır. İ.U.Məmmədov yazır: «İnsan meyitinə baxışının keçirilməsində məhkəmə təbabəti sahəsində mütəxəssis, o olmadıqda, pataloq-anatom, cərrah və ya digər həkim iştirak etməlidir. Zərurət oldunda həkimdən başqa, digər mütəxəssislər də dəvət edilə bilər. Məhkəmə təbabəti sahəsində mütəxəssisin iştirakı məhkəmə-tibb ekspertizasını əvəz edə bilməz və mütəxəssisin meyitin baxışında iştirakı onun gələcəkdə həmin iş üzrə ekspert qismində iştirakını istisna etmir. Baxış meyitin bədəninin, paltarının, ayaqqabılarının və onun üzərində aşkar edilmiş digər əşyaların baxışının keçirilməsini nəzərdə tutur. İnsan meyitinə baxış zamanı meyitin olduğu yer, onun cinsi, təxmini yaşı, pozası, üzərində izlərin, ləkələrin olub-olmaması paltarının və ayaqqabılarının xarici görünüşü, zədələrin olub-olmaması və s. müəyyən edilməlidir» [2, s.712].

CPM-nin 238.4-cü maddəsinə (şəxsi müayinə) uyğun olaraq, «zəruri hallarda şəxsi müayinə həkimin və ya məhkəmə təbabəti sahəsində mütəxəssisin iştirakı ilə və ya qanunla müəyyən edilmiş hallarda həkim-narkoloq, həkim olmadıqda isə feldşer-narkoloq tərəfindən aparılır».

İ.U.Məmmədov bununla bağlı daha sonra qeyd edir: «Həkim-narkoloq, həkim olmadıqda isə feldşer-narkoloq tərəfindən şəxsi müayinənin aparılmasını zəruri edən hallar «Narkotik vasitələrin, psixotrop maddələrin və onların prekursorlarının dövriyyəsi haqqında» Azərbaycan Respublikasının 28 iyun 2005-ci il tarixli Qanununda nəzərdə tutulmuşdur. Qanunun 25-ci maddəsinə əsasən insan bədənini daxilində narkotik vasitələrin və psixotrop maddələrin gizlədilməsi hallarının müəyyən edilməsi məqsədi ilə tibbi müayinə həyata keçirilə bilər. Şəxsin öz bədənini daxilində narkotik vasitələr və psixotrop maddələr daşması haqqında əsaslı sübutlar olduqda, həmin şəxss tibbi müayinədən keçirilə bilər. Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 7 avqust 2000-ci il tarixli 135 sayılı qərarı ilə təsdiq edilmiş «Narkotik sərxoşluq vəziyyətinin, narkotik vasitələrin və psixotrop maddələrin istehlakı və insan bədənini daxilində narkotik vasitələrin və psixotrop maddələrin gizlədilməsi hallarının müəyyən edilməsi məqsədi ilə tibbi müayinənin keçirilməsi Qaydası»na görə, tibbi müayinə vasitəsi ilə müayinə olunan şəxsin orqanizmində tədqiqat nəticəsində aşkarlanan narkotik vasitələrin və psixotrop maddələrin növü, ehtiyac olduqda miqdarı və təxmini istehlak etmə vaxtı təyin olunur» [2, s.716-717].

Cinayət-Prosessual Məcəllənin «axtarış və ya götürmə zamanı iştirak edən şəxslər» adlanan 244-cü maddəsinin 3-cü hissəsinə uyğun olaraq «zəruri hallarda axtarış və ya götürmənin aparılmasında tərcüməçi və mütəxəssis iştirak edə bilər».

R.İ. Qasimov bununla bağlı qeyd edir ki, «mütəxəssis o halda axtarış və götürmənin aparılmasına cəlb edilir ki, axtarış və ya götürmənin gedində xüsusi axtarış cihazlarının və vasitələrinin tətbiqi, texniki təhlükəsizlik məsələlərinə dair məsləhət və tövsiyələrin verilməsi, habelə axtarılan əşya və sənədlərin saxlanıla biləcəyi yerlərin yoxlanılması və aşkar edilmiş əşyalarla davranış qaydalarını bilən şəxs tərəfindən həmin əşyaların götürülməsi nəzərdə tutulmuş olsun. Zərurət olduqda, iyinə görə axtarılan əşyaların və ya şəxslərin aşkar edilməsi üçün xidməti itlə birlikdə kinoluq da dəvət edilməsi məqsədəuyğundur» [2, s.734].

Mütəxəssislərin biliklərindən və bacarıqlarından taktiki cəhətdən savadlı istifadə edilməsi praktiki olaraq həmişə axtarışın nəticəviliyinin yüksəlməsinə və onun aparılmasına sərf olunan vaxtın azalmasına gətirir [5].

Cinayətlərin tez bir zamanda açılmasına kömək edən təxirəsalınmaz istintaq hərəkətlərindən biri olan axtarışın keçirilməsinə cəlb oluna bilən mütəxəssislər dairəsi müxtəlifdir (onların sırasında kriminalistlər, əmtəəşünaslar, mühəndislər, zərgərlər, dalğıcılar və s. ola bilər). Bu məsələ konkret hallarla və bu məqamda təşəkkül tapmış istintaq şəraitindən asılı olaraq müəyyən edilir [9, s.23].

Xüsusi ədəbiyyatda axtarışın keçirilməsinə mütəxəssisin cəlb edilməsinin müəyyən məqsəd və vəzifələri fərqləndirilir:

- gizlədilmiş predmetlərin və gizli saxlanılma yerlərinin üzə çıxarılması üçün elmi-texniki vasitələrin tətbiqi;

- bu və ya digər predmetlərin və obyektlərin əsl mahiyyətinin müəyyən edilməsi (məsələn, farmakoloq, kimyaçı, bioloq dərman, kimyəvi və bitki mənşəli narkotik vasitələrin tapılmasında kömək edə bilər; zərgərin köməyi ilə qiymətli daşların əyari müəyyən edilir və s.);

- qiymətli əşyaların və digər axtarılan predmetlərin gizlədilməsinin mümkün üsullarının müəyyən edilməsi [5, s.63].

Hesab edirik ki, mütəxəssislər qeyd olunanlarla yanaşı, həm də aşağıdakı məqsədlərlə də axtarışa cəlb edilə bilərlər:

- yerin relyefinin öyrənilməsi, axtarışın keçirildiyi sahənin sərhədlərinin müəyyən edilməsi; tikilinin xarakterinin, zirzəmi və damın xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, gizli saxlanılma yerləri ola bilən gizli boşluqların aşkarı (kriminalistlər, mühəndislər və s.);

- gizlədilmiş obyektlərin aşkarı üzrə texniki imkanların nümayiş etdirilməsi (münaqişəli vəziyyətlərdə) və bununla da hətta kömək olmadan da axtarılan obyektin tapılacağı barədə təsəvvürün yaradılması;

- xüsusi biliklər və vərdişlər tələb edən tapşırıqların yerinə yetirilməsi (elektrik montyoru, dalğıcı və s.);

- texniki təhlükəsizlik qaydalarına əməl olunması məsələləri üzrə məsləhət və tövsiyələrin verilməsi (zəhərli və partlayıcı maddələrlə, elektrik cihazları, silahla davranış zamanı və s.);

- aşkar edilmiş kriminalistik əhəmiyyət kəsb edən obyektlərin ilkin tədqiqi;

- predmetlərin və onların üzərində izlərin aşkarında, tapılmış predmetlərin götürülməsində, qablaşdırılmasında, daşınmasında, qeydə alınmasında köməklik göstərmə və axtarış nəticələrinin müzakirə edilməsi;

- müqayisəli tədqiqat üçün sərbəst nümunələrin axtarışı (xətt nümunələri və s.), belə obyektlər istintaqı aparılan hadisə ilə birbaşa bağlı olmasalar da, onlar müqayisəli materiallar olmadığı şəraitlərdə eyniləşdirmə tədqiqatını aparmağa imkan verirlər.

Axtarış zamanı digər mühüm vəzifələr də həll edilməlidir: tapılmış obyektlərin zərərçəkənə və ya şübhəli şəxsə məxsusluğunu sübut edən informasiyanın toplanması; sonradan ekspertiza icraatı zamanı ekspert tədqiqatı obyektləri qismində çıxış edə bilən obyektlərin aşkarı, qeydə alınması və götürülməsi; hadisə yerində iz qoyan obyektlərin aşkarı və ilkin tədqiqi və s. Məsələn, dərman preparatları arasında narkotik vasitələrin, qan izlərinin, bioloji mənşəli digər izlərin aşkarı üçün mütəxəssis tərəfindən bilavasitə axtarış yerində ekspress-metodlardan istifadə etməklə ilkin tədqiqatlar aparıla bilər (o şərtlə ki, əgər belə ilkin tədqiqatlar tədqiq edilən obyektlərin itirilməsinə, onun xarici görünüşünün, xassə və keyfiyyətlərinin dəyişməsinə gətirməyəcək, sonradan ekspert tədqiqatının aparılması imkanını istisna etməyəcəkdir) [9, s.23-25]. CPM-nin 262.3-cü maddəsinə

(istintaq eksperimenti) görə, müstəntiqin dəvəti ilə istintaq eksperimentinin aparılmasında həmçinin şahid, mütəxəssis, müəllim, həkim və digər şəxslər iştirak edirlər [1, səh.290] .

C.H. Mövsümov bununla bağlı yazırdı: «Dəvət olunan mütəxəssislər yoxlanan hadisənin süni olaraq yenidən bərpa edilməsində, eksperimentdə iştirak edən şəxslərin düzgün yerləşdirilməsində, habelə aparılan təcrübə hərəkətlərin yüksək səviyyədə, səhvsiz yerinə yetirilməsində və alınan nəticələrin protokola tam qeyd edilməsində müstəntiqə yaxından kömək edə bilərlər» [3, s.131] . K.Q. Saricalinskaya da qeyd edir ki, «istintaq eksperimentinin həyata keçirilməsi zamanı mütəxəssis müstəntiqə təcrübənin hazırlanmasında, zəruri materialların seçilməsində, təcrübənin nəticələrinin rəsmiləşdirilməsində və s. kömək edir» [2, s.75] .

İstintaq eksperimentində mütəxəssisin iştirakının məqsəduyğunluğu onunla şərtlənmişdir ki, bu istintaq hərəkəti təcrübələrin, sınaqların keçirilməsi ilə bağlıdır. Mütəxəssis, yoxlanılan hərəkətin həyata keçirildiyi vəziyyətə maksimal yaxın olan şəraitin yaradılmasında, nəzərə alınmasında səhvələrə, düzgün olmayan nəticələrə gətirə bilən bütün halların hesaba alınmasında əhəmiyyətli gömək göstərə bilər.

Müqayisəli tədqiqat üçün nümunələrin alınması kimi istintaq hərəkətində də (CPM-in 275-ci maddəsi) mütəxəssisin iştirakı məqsəduyğun hesab edilə bilər. Belə ki, bu istintaq hərəkətində iştirak edərək mütəxəssis müstəntiqə hansı və nə qədər sayda nümunələrin zəruri olması ilə bağlı məsləhətlər verə bilər, nümunələrin alınması qaydasını hazırlaya, istintaq hərəkəti zamanı onda düzəlişlər edə, zəruri hallarda isə müstəntiqin tapşırığı ilə özü nümunələrin götürülməsini həyata keçirə bilər [8, s.20-21].

Mütəxəssis, istintaqı aparın şəxsi əvəz etmədən, onun tapşırığını yerinə yetirir və istintaq hərəkətinin texniki tərəfini təmin edir, yəni öz xüsusi biliklərindən istifadə edərək lazımi müqayisəli tədqiqat üçün nümunələrin alınması və onların təsbiti üçün zəruri olan şəraitlərin yaradılmasında iştirak edir.

İş üzrə istintaqı aparın və ekspertiza təyin etməyi planlaşdıran şəxs (müstəntiq) ekspert qarşısında sualların qoyulması üçün mütəxəssisi cəlb edə bilər.

Məhkəmə-istintaq təcrübəsinin təhlili göstərir ki, mütəxəssis, ekspertizanın təyin edilməsi zamanı istintaqı aparın şəxsə aşağıdakı xarakterli köməyi göstərə bilər:

- müəyyən növ ekspertizanın təyini üçün işdə olan materialların kifayət etməsi, ekspertizanın aparılması üçün zəruri olan müqayisəli tədqiqat üçün nümunələr, onların haradan və necə alınması, işin ayrı-ayrı halları barədə öz mülahizələrini söyləyə bilər;

- müasir imkanlara əsaslanaraq konkret ekspertizanın təyininin məqsəduyğunluğu haqqında öz fikirlərini bildirə, istintaqı maraqlandıran sualların ekspertizanı təyin etmədən həllinin mümkün olmadığını göstərən dəlilləri gətirə bilər;

- həll edilməsi məqsəduyğun olan sualları formulə etməkdə kömək göstərə, onların qoyuluşunun məntiqi ardıcılığını göstərə, ekspert tədqiqatına göndəriləcək maddi sübutların necə qablaşdırılması barədə məsləhət verə bilər [6, s.22].

Qeyd olunanlarla yanaşı, digər istintaq hərəkətlərinin təşkili və keçirilməsində də mütəxəssislər iştirak edə bilərlər. Məsələn, mütəxəssis-psixoloqun dindirmənin aparılmasında köməyindən istifadə edilməsi də perspektivli hesab edilə bilər. Dindirmə zamanı mütəxəssis-psixoloqun müstəntiqə kömək göstərmək iqtidarında olduğu məsələlər kifayət qədər genişdir. Məsələn, dindirmənin aparılması taktikasının müəyyən olunması və ya onun çevik şəkildə korrekte edilməsi; dindirmədə şəxsin davranışı nəzərə alınmaqla alınmış ifadələrin mötəbərliyinin qiymətləndirilməsinə müstəntiqə kömək göstərilməsi və s. Bununla bağlı xüsusi texniki vasitələrdən istifadə də mümkündür. Öz fikrini bildirmək, məsləhət və tövsiyələr vermək üçün mütəxəssis digər istintaq hərəkətlərində iştirak üçün də cəlb edilə bilər. Məsələn, xüsusi biliklər tələb edən kifayət qədər mürəkkəb nəticələr alındığı hallarda istintaq eksperimenti mütəxəssisin peşəkar şərh (izahı) ilə müşayiət oluna bilər ki, bu şərh də müəyyən rəy (sənəd) formasında verilə bilər. Fikrimizcə, bununla bağlı müddəaları cinayət-prosessual qanunvericiliyə daxil edilməsi də məntiqi olardı [15, s.22] .

Beləliklə, əvvəlki qanunvericiliklə müqayisədə, qüvvədə olan cinayət-prosessual qanunvericilikdə mütəxəssisin prosessual statusu ilə bağlı qeyd olunan və digər dəyişiklər, sözsüz

ki, əhəmiyyətlidir, onlar məhkəmə-istintaq təcrübəsinin tələbatlarından irəli gələrək cinayət mühakimə icraatında xüsusi biliklərdən istifadə hədudlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirmişlər. Bunu qeyd edərək, İ.B. Eyyubov eyni zamanda düzgün olaraq göstərir ki, «cinayət prosesində iştirak edən mütəxəssisin prosessual statusunun hüquqi tənzimlənməsində kifayət qədər boşluqlar mövcuddur» [2, s.4-5].

Hesab edirik ki, cinayət mühakimə icraatı məqsəd və vəzifələrinə uyğun olaraq mütəxəssislərin bilik və bacarıqlarından istifadə məsələlərinin hüquqi tənzimlənməsinin təkmilləşdirilməsi aşağıdakı dörd əsas istiqamətlər üzrə həyata keçirilməlidir:

1. cinayət mühakimə icraatında iştirakın əlavə formalarının qanunvericilik səviyyəsində təsbit edilməklə mütəxəssisin prosessual statusunun hüquqi tənzimlənməsinin təkmilləşdirilməsi;

2. cinayət-prosessual məcəlləyə uyğun dəyişikliklərin edilməsi yolu ilə mütəxəssis tərəfindən tərtib edilən sənədlərə (arayışlar, obyektlərin ilkin tədqiqi aktları, digər sənədlər) prosessual statusun verilməsi;

3. mütəxəssisin iştirakı ilə istintaq hərəkətlərinin idraatı zamanı prosesin digər iştirakçıların qanunla qorunan maraqlarının və hüquqlarının müdafiəsinin təmini;

4. mütəxəssisin iştirakı ilə istintaq hərəkətlərinin icraatının prosessual qaydasının təkmilləşdirilməsi.

Mütəxəssisin iştirakı ilə istintaq hərəkətinin icraatı qaydasının təkmilləşdirilməsi məqsədilə xüsusi mütəxəssis anketinin işlənilib hazırlanması və tətbiqi məqsədmüvafiq hesab edilməlidir. Bu anket mütəxəssis tərəfindən doldurulmalı və orada əksini tapmış məlumatların mötəbərliyi mütəxəssisin imzası ilə təsdiq olunmalıdır.

НЕКОТОРЫЕ ТАКТИЧЕСКИЕ, ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ПРОЦЕССУАЛЬНЫЕ УЧАСТИЯ СПЕЦИАЛИСТА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СЛЕДСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

Ш. М. Керимов, А. С. Микайлов

В данной статье рассмотрен ряд организационно-процессуальных аспектов участия специалиста на стадии досудебного производства и в стадии судебного рассмотрения дела. Проведен анализ некоторых тактических, организационных и процессуальных особенностей участия специалиста в осмотре места происшествия, личном обследовании обыске, следственном эксперименте и прочих следственных действиях. Определены основные направления совершенствования правового регулирования вопросов применения специальных знаний и умений специалиста в соответствии с целями и задачами уголовного судопроизводства.

Ключевые слова: *уголовно-процессуальный кодекс, следственные действия, специалист, осмотр места происшествия, личное обследование, обыск, следственный эксперимент.*

SOME PROCEDURAL, ORGANIZATIONAL AND TACTICAL ASPECTS OF THE EXPERT'S PRESENCE ATTRACTED TO THE CRIMINAL PROCEEDINGS

Sh.M. Kerimov, A.S. Mikayilov

The article deals with a number of organizational and procedural aspects of the specialist's participation in the pre-trial stage of criminal proceedings. Some tactical, organizational and procedural features of specialist's participation in the scene of crime, personal inspection, research, investigational experiment and other investigative actions were analyzed. The main directions of improving the legal regulation of the use of special knowledge and the expert's skills in accordance with the goals and objectives of the criminal proceedings are identified.

Key words: *criminal-procedural codex, investigational acts, expert, principles, review to the scene of crime, personal inspection, research, investigational experiment.*

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikası Cinayət-Prosessual Məcəlləsi "Hüquq Yayın Evi" Bakı, 2017, s.290.

2. Azərbaycan Respublikası Cinayət-Prosessual Məcəlləsinin kommentariyası / С.Н. Mövsümovun redaktəsi ilə. Bakı, 2016.
3. İstintaq taktikası/K.Q. Sarıcalinskaya və başqaları. Bakı, 1991.
4. Mövsümov С.Н. İbtidai istintaq. Bakı, 1973.
5. Ищенко П.П. Специалист в следственных действиях: уголовно-процессуальные и криминалистические аспекты. М., 1990, с.12.
6. Кубанов В.В. Участие специалиста при производстве осмотра места происшествия в современных условиях//Евразийский юридический журнал. 2015. №5(84), с.216-217.
7. Курзинер Е.Э. Участие специалиста в следственных действиях//Вестник ЮУрГУ. Серия «Право», вып.13. 2008, №2.
8. Сысенко А.Р. Участие специалиста в обыске, проводимом при расследовании преступлений по горячим следам//Психопедагогика в правоохранительных органах. 2011. №3(46).
9. Тхакумачев Б.Ю. Тактико-организационные особенности участия специалиста при производстве следственных действий. Автореф. дис. к.ю.н., Нальчик, 2005.

REFERENCES

1. Criminal Procedure Code of the Republic of Azerbaijan “Law Publishing House” Baku, 2017. p.290.
2. Comments of the Criminal Procedure Code of the Republic of Azerbaijan / С.Н. Edited by Movsumov. Baku, 2016.
3. Investigative Tactics / K. Sarycalinskaya and others. Baku, 1991.
4. Seasonov С.Н. The preliminary investigation. Baku, 1973.
5. Ishchenko P.P. The Specialist in the Slavic Dynasties: The Critical and Criminalistic Aspects. М. 1990, p.12.
6. Kubanov VV Specialists at the prospect of osmotra placements in the modern methods // the Eurasian legal journal. 2015. No. 5 (84), pp.216-217.
7. Kurziner EE Flight Specialists in Opened // // The Bulletin. Серия «Право», вып.13, 2008, №. 2.
8. Sysenko A.R. Training of specialists in the region, provost during the registration of the pastor. 2011. No. 3 (46).
9. Thakumachev B.Yu. Tactical-Organizational Precincts Specialists at the Proprietorship. Author. disc PhD, Nalchik, 2005.

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı: Kərimov Şöhlət Müzəffər oğlu

İş yeri: Milli Aviasiya Akademiyası

Vəzifəsi: Hüquqşünaslıq kafedrasının dosenti, h.f.d.

Maraq sahəsi: Cinayət prosesi

E-mail: samir_3082@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 50 316 81 49

Soyadı, adı, atasının adı: Mikayılov Anar Səhrab oğlu

İş yeri: Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyinin Məhkəmə Ekspertizası Mərkəzi

Vəzifəsi: DİN-nin Polis Akademiyasının baş müəllimi

Maraq sahəsi: Cinayət prosesi

E-mail: samir_3082@mail.ru

Əlaqə telefonu: +994 55 733 22 06

Rəyçi: h.f.d., dos. S.Y. Qasimov

УДК 343.24

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАКАЗАНИЯ ЗА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕСТУПЛЕНИЯ ПО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**Н.К. Алиев, М.С. Кязимов***Национальная Академия Aviации
Бакинский Государственный Университет*

В статье рассматриваются вопросы назначения наказания за экономические преступления на основе судебных материалов Азербайджанской Республики. Отмечается что, справедливая и удачная дифференциация уголовно-правовой ответственности за общественно-опасные деяния входит в систему восстановления нарушенных уголовно-правовых отношений. Одним из элементов этой системы является правильное применение на практике уголовно-правовой нормы и справедливое назначение наказания тем лицам, которые совершили преступления. Обобщение судебной практики по назначению наказаний за преступления, совершаемые в экономической сфере, позволило выявить отдельные проблемы, нуждающиеся в своевременном решении, что позволит повысить эффективность практики борьбы с этими видами правонарушений, а применяемое к виновным наказание сделает более действенным и результативным.

Ключевые слова: экономика, наказания, преступления, законодательство, судебная практика.

За последние несколько лет доля экономических преступлений в структуре преступности нашей республики увеличивается. Конечно, причины этого социального зла не являются простыми. Картина преступности настолько сложна и разнообразна, что в совокупности многочисленных факторов невозможно определить непосредственную причину конкретных преступлений. Однако необходимо отметить, что как ранее, так и сейчас причины преступности рассматриваются также и в контексте наказания. Значению и роли наказания в борьбе с преступностью посвящено немало научных трудов. Как справедливо указано в литературе, в борьбе с преступностью наказание и государство являются «союзниками», и ближайшее будущее наказания нельзя определить вне контекста причин преступности [7, с. 142, 270].

В литературе нет единства мнений относительно вопроса назначения наказания за экономические преступления. В философских и правовых воззрениях также нет единства в данном вопросе. Великий английский гуманист и автор произведения «Утопия» Томас Мор считал ненужным применение смертной казни к лицам, совершившим экономические преступления. По его мнению, совершенно несправедливо отнимать жизнь у человека за отнятие денег [4]. Однако опыт борьбы с преступностью при советской власти показал, что ужесточение мер наказания за конкретные составы преступлений, в том числе и за экономические, помогло снижению уровня преступности.

И в настоящее время нередко совершаются достаточно опасные экономические преступления, причиняющие экономике страны колоссальный ущерб, которые должны наказываться по всей строгости закона. Так, **14 октября 2016 года в Бакинском суде по тяжким преступлениям завершился суд по уголовному делу, возбужденному в отношении экс-председателя правления ОАО «Международный банк Азербайджана» Дж.Гаджиева, бывших директоров различных филиалов Межбанка и др. Дж.Гаджиев и другие подсудимые обвинялись по статьям 178.3.2., 179.3.2, 228, 309.2 УК АР. Следствие установило, что в 2001-2015 гг. Дж. Гаджиев в сговоре с другими лицами создал организованную группу и руководил ею. Используя служебное положение в корыстных целях, он дал указание перевести на счета членов своей семьи и других лиц крупные суммы денег. Помимо этого, он присвоил 47 миллионов 144 тысячи манатов, выделенных в качестве кредитов физическим лицам. В целом Дж. Гаджиев причинил государству ущерб в размере**

211 миллионов 597 тысяч манатов. За это Дж. Гаджиев приговорен к 15 годам лишения свободы [4]. В то же время, по нашему мнению, судом должна была быть применена мера в виде специальной конфискации имущества.

Некоторые эксперты и журналисты считают это наказание довольно суровым. Но, на наш взгляд, здесь как основной принцип, должна выступать соразмерность между преступлением, его последствиями и наказанием. В литературе отмечено, что назначение судом чрезмерно мягкой меры наказания порождает у виновного чувство безответственности, а чрезмерно суровая мера наказания может вызвать у виновного чувство внутреннего протеста и озлобления [5, с.13]. Мы согласны с этой позицией, однако считаем, что назначение судом не только чрезмерно мягкой или суровой меры, но даже мягкого или сурового наказания воспрепятствует достижению его цели. Только лишь законное и справедливое наказание может способствовать исправлению осужденного.

Следует отметить, что в теории и судебной практике долгие годы дискутируется вопрос о неэффективности длительных сроков лишения свободы за менее тяжкие и даже тяжкие преступления и необходимости их замены иными альтернативными мерами наказания. В частности, по мнению И.М. Рагимова, в перспективе отпадет необходимость в применении наказания в виде лишения свободы к лицам, совершившим экономические преступления, и будущее наказание связано с отказом от кратковременного лишения свободы, ибо оно абсолютно не способно достигать каких-либо положительных результатов [8, с.256]. В этом отношении весьма показательным является распоряжение Президента Азербайджанской Республики господина Ильхама Алиева от 10 февраля 2017 года «О расширении применения альтернативных мер наказания и процессуальных принудительных мер, связанных с совершенствованием деятельности в пенитенциарной сфере, гуманизацией политики наказаний, не связанных с изоляцией от общества». Исходя из данного распоряжения, Милли Меджлисом АР был принят закон о внесении около 300 изменений в Уголовный кодекс в рамках политики гуманизации наказаний, в том числе по экономическим преступлениям.

Следует иметь в виду, что назначение и освобождение от наказания, является привилегией суда и важнейшей стадией применения норм уголовного права, а также и всего уголовного процесса. В то же время, по нашему мнению, следует при наказании лиц, виновных в совершении экономических преступлений шире использовать такие меры воздействия, как специальная конфискации и возложение обязанности возместить причиненный потерпевшему вред.

Согласно статье 99-1 УК АР, уголовно-правовая мера в виде специальной конфискации заключается в принудительном и безвозмездном изъятии в пользу государства следующего имущества: 1) инструменты и средства, использованные осужденным при совершении преступления (за исключением инструментов и средств, подлежащих возврату законному владельцу); 2) денежные средства или другое имущество, полученное осужденным преступным путем, а также доходы, полученные за счет данных денежных средств или другого имущества и полученных от них доходов, которые подлежат возврату законному владельцу); 3) другое имущество или его соответствующая часть, в которое путем заключения гражданско-правовых сделок или иными способами полностью или частично преобразованы полученные преступным путем денежные средства или другое имущество; 4) имущество, предусмотренное или использованное для финансирования терроризма, не предусмотренных законодательством вооруженных формирований или группировок, организованных групп или преступных сообществ (преступных организаций).

Как свидетельствуют результаты проведенного нами изучения судебной практики случаи применения ст. 62 УК АР имеют место и составляют 6,7% от общего количества рассмотренных нами дел. В то же время, изучение судебной практики дает нам возможность выявить неправильное применение судами по отдельным случаям ст. 62 УК АР, регулирующим назначение более мягкого наказания, чем предусмотрено за данное преступление.

Надо отметить, что возможность снижения наказания предусматривалась во всех уголовных кодексах АР. Суд, учитывая исключительные обстоятельства дела и личность виновного, вправе назначить ему более мягкое наказание, чем предусмотрено за данное преступление. Но эти исключительные обстоятельства должны быть связаны с целью и мотивом преступления, поведением виновного во время и после совершения преступления и другими важными моментами, которые существенно уменьшают степень общественной опасности преступления и преступника. Исключительными обстоятельствами могут признаваться и обстоятельства, смягчающие наказание, которые предусмотрены в ст. 59 УК АР, и те, которые не входят в этот перечень, но учитываются судом по определенным признакам. Согласно статье 62.2 УК АР, исключительными могут быть признаны, как отдельные смягчающие обстоятельства, так и совокупность таких обстоятельств.

В судебной практике имеют место и случаи необоснованного отказа от применения ст. 62 УК АР. Так, по приговору Бакинского Суда по тяжким преступлениям 02.07.2009 года А.А., С.Р. и И.И. осуждены по ст. 177.3.2, 205.2.2, 205.2.3, 271.2.1 и 271.2.3 УК Азербайджанской Республики. А.А., С.Р. и И.И. признаны виновными в совершении кражи с причинением крупного ущерба, приобретении группой лиц по предварительному сговору поддельных кредитных карт в крупном размере, не являющихся ценными бумагами, и в повторном неправомерном доступе к компьютерной системе. А.А. и И.И. работая ведущими специалистами в отделении операции по пластиковым картам в Коммерческом банке «Стандарт», узнали о переходе на счет Н.Ф. денег в сумме 23050 манат. Они с помощью ведущего специалиста отдела технической помощи этого банка С.Р. решили украсть эту сумму. Для этого они сделали поддельную копию пластиковых дебетовых карт, оформленных на имя Н.Ф. с номером 5457 0528 1913 7066. Путем использования файла «Emboss» в фирменном аппарате марки «Data Card» изготовили дубликат этой карты. И.И. незаконно открыв конверт, в который размещен пин-код кредитной карты клиента Н.Ф., узнал его. Затем они путем использования поддельной карты в различных банкоматах города Баку изъяли деньги в сумме 23050 манат, принадлежавшие Н.Ф. Суд приговорил каждого соучастника преступления к шести годам лишения свободы.

Защитники в апелляционных жалобах поставили вопрос о применении к осужденным ст. 62 УК АР, обосновывая свои предложения наличием смягчающих обстоятельств в содеянном преступлении. Из уголовного дела видно, что все осужденные признали свою вину, способствовали раскрытию преступления и вместе возместили ущерб, причиненный ими. Но Бакинский Апелляционный суд не удовлетворил апелляционные жалобы и оставил в силе решение суда I инстанции [1]. На наш взгляд, в апелляционных жалобах обоснованно указано на суровость назначенного наказания осужденным, и решения судов представляются нам несправедливыми.

В контексте реализации распоряжения Президента Азербайджанской Республики господина Ильхама Алиева от 10 февраля 2017 года «О расширении применения альтернативных мер наказания и процессуальных принудительных мер, связанных с совершенствованием деятельности в пенитенциарной сфере, гуманизацией политики наказаний, не связанных с изоляцией от общества» нам представляется необходимым более широкое использование института условного осуждения, предусмотренного ст. 70 УК АР. Несмотря на то, что данная мера уголовно-правового характера применяется в судебной практике, тем не менее как представляется, резервы условного осуждения все еще остаются неисчерпанными. Так, если в 2012 году из 197 осужденных за экономические преступления условное осуждение было применено в 29 случаях, то в 2013 году – к 54, в 2014 году – к 50, в 2015 году – к 24 и в 2016 году – к 17 осужденным.

Надо отметить, что в первые годы советской власти условное осуждение широко применялось судами. Вплоть до распада СССР условное осуждение применялось к 13-14 % от общего числа осужденных. Но начиная с 1970 года, количество осужденных к лишению свободы постепенно увеличивалось. Если средний показатель осужденных к лишению свободы в 60-е годы составлял 28-32 %, то, к 1983 году составлял уже 55 % [8, с. 254]. В

судебной практике независимой Азербайджанской Республики эта тенденция продолжается и по сей день. Поэтому в наше время особую важность и актуальность приобретает вопрос назначения виновным наказаний, которые не связаны с ограничением или лишением свободы, которые обычно мало назначаются. Половину основных видов наказаний за совершение преступных деяний в экономической сфере составляет лишение свободы на определенный срок, что усматривается из следующей таблицы.

Основные виды наказаний, примененные к лицам, осужденным за преступления в сфере экономической деятельности (2001-2016 гг.)

годы	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Осужденные – всего, человек	121	155	96	176	234	291	255	200
Из них – к лишению свободы:	46	39	28	81	123	174	140	92
До 2-х лет	11	8	10	14	44	88	58	23
От 2-х до 5-ти лет	24	20	5	38	49	60	59	41
От 5-ти до 10-ти лет	11	11	12	27	30	20	19	25
От 10-ти до 15-ти лет	-	-	1	2	-	6	4	3
Исправительные работы	-	-	-	-	11	7	10	9
Ограничение свободы	16	20	18	41	42	62	41	23
Штраф	28	22	17	22	30	29	35	49
Условно осужденные	26	59	28	26	26	19	27	26
другие	-	-	-	-	2	-	2	1
годы	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Осужденные – всего, человек	223	251	201	197	291	260	235	276
Из них – к лишению свободы:	106	129	130	122	156	152	158	112
До 2-х лет	38	42	23	28	16	26	19	41
От 2-х до 5-ти лет	36	36	52	48	95	88	28	38
От 5-ти до 10-ти лет	24	49	47	45	41	38	40	42
От 10-ти до 15-ти лет	8	2	8	1	4	-	-	-
Исправительные работы	15	5	16	25	30	20	17	26
Ограничение свободы	19	19	4	-	-	-	-	-
Штраф	72	52	24	21	45	35	32	44
Условно осужденные	11	46	27	29	54	50	24	17
другие	-	-	-	-	6	3	6	-

Причем (как видно из таблицы), тенденция применения судами наиболее строгих мер наказания к экономическим преступникам наметилась на период с 2004 года и продолжалась весь последующий период.

Согласно статье 70 УК АР, условное осуждение заключается в том, что если, назначив исправительные работы, ограничение по военной службе, содержание в дисциплинарной воинской части или лишение свободы на определенный срок, суд придет к выводу о возможности исправления осужденного без отбывания наказания, он может вынести решение об условном применении данного наказания. В таком случае суд вправе принимать решение считать назначенное наказание условным, т. е. реально не исполняемым. Если в сущности наказания объединяется кара и воспитание, то условное осуждение имеет только воспитательный характер. Нельзя забывать, что условно осуждаемый тоже является подсудимым.

В судебной практике имеют место случаи, когда суды неправильно применяют нормы об условном осуждении, и при этом принимают решение не по совокупности преступлений, а за каждое преступление в отдельности. Иными словами, решение о применении к виновному условного осуждения в случае совокупности преступлений должно быть

принято после вынесения наказания за каждое из преступлений в отдельности. В этой связи нам представляется удачной позиция, выраженная в постановлении Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 22 декабря 2015 г. «О практике назначения судами Российской Федерации уголовного наказания» согласно которой, если суд придет к выводу о возможности постановления приговора об условном осуждении лица, совершившего два или более преступления, такое решение принимается не за каждое преступление, а при окончательном назначении наказания по совокупности преступлений [6].

Как указано в статье 70 УК АР, суд может вынести решение об условном применении наказания, если придет к выводу о возможности исправления осужденного без отбывания наказания. Иными словами, закон не связывает суд необходимостью установления каких-либо исключительных обстоятельств дела. Тем не менее, должны быть установлены обстоятельства, свидетельствующие о возможности исправления осужденного без реального отбывания наказания.

Показательным в этом отношении является следующее дело. Р.А., работая директором фирмы «Мурад-Н», в 2008-2009 годах уклонялся от уплаты налогов в значительном размере, который составлял в общей сумме 9.003.656 манат. Являясь должностным лицом, из корыстной заинтересованности внес в официальные документы заведомо ложные сведения. Таким образом, Р.А. совершил преступления, предусмотренные статьями 213.2.2 и 313 УК АР. Суд I инстанции признал виновным Р.А. в указанных преступлениях и приговорил его к шести годам лишения свободы. Защитник Р.А. подал апелляционную жалобу и поставил вопрос о применении к нему ст. 70 УК АР. Свою жалобу он обосновал тем, что осужденный признал свою вину, способствовал раскрытию преступления и частично возместил ущерб (4.200.300 манат), причиненный им. Осужденный на предварительном следствии и в суде дал показание, что если он останется на свободе, то приложит все усилия, чтобы возместить полностью причиненный ущерб, кроме того, те обстоятельства, что осужденный признал свою вину, способствовал раскрытию преступления и частично возместил ущерб, служит основанием признать возможность его исправления без изоляции от общества. Однако Бакинский Апелляционный суд не удовлетворил апелляционную жалобу и оставил в силе решение суда I инстанции [2].

Согласно ст. 58 УК АР, при назначении наказания учитываются характер и степень общественной опасности преступления и личность виновного, в том числе обстоятельства, смягчающие и отягчающие наказание, а также влияние назначенного наказания на исправление осужденного и на условия жизни его семьи. Согласно результатам проведенного нами исследования имеют место отдельные случаи, когда суды в обвинительном приговоре указывают только то, что ими учтены характер и степень общественной опасности виновного, и другие обстоятельства дела (18,2% от общего числа изученных дел). Иными словами, приговоры остаются немотивированными.

При назначении наказания наиболее часто в качестве обстоятельств, смягчающих наказание, указывались совершение преступления впервые (65%), совершение менее тяжкого преступления (45,5%), наличие на иждивении лица, совершившего преступления малолетних детей или престарелых и больных родителей (37,3%), активное способствование раскрытию преступления (42,8%), положительная характеристика виновного (99%).

В качестве обстоятельств, отягчающих наказание, наиболее часто при вынесении приговора судами указывались: наступление тяжких последствий в результате совершения преступления (29%), неоднократность преступлений (16,9%), совершение преступления группой лиц или организованной группой (95%), совершение преступления с корыстной целью (88%), совершение преступления с использованием доверия, оказанного виновному (21%).

Кроме того, в случае совершения преступления в соучастии, степень и характер участия в совершении преступления каждого соучастника воздействуют на тяжесть общественной опасности деяния в целом, то по этой причине эти обстоятельства должны быть определены правоприменительным органом по каждому индивидуальному уголовному

разбирательству и учтены при индивидуализации наказания. Кроме того, суд должен правильно выявить и оценить характерные черты личности виновного и максимально стремиться к созданию его полного духовно-психологического портрета в обвинительном приговоре. Наказание всегда должно, соответственно, носить сугубо личный характер.

Полагаем также, что дальнейшей индивидуализации и дифференциации ответственности и наказания за экономические преступления, а также возмещения материального ущерба, причиняемого экономике страны, будет способствовать и изменение, внесенное в УК АР Законом Милли Меджлиса Азербайджанской Республики от 20 октября 2017 года, согласно которому по статье 73-2 предусмотрено освобождение от уголовной ответственности за преступления в сфере экономической деятельности, лиц, совершивших преступления, предусмотренные в статьях 209.1, 209.2.2. и 213 УК АР, если они полностью возместили ущерб, причиненный в результате преступления. Лица, совершившие преступления, предусмотренные статьями 192, 192-1, 193, 195, 195-1, 196, 197, 198, 202-2, 203, 203-1.1, 205-2, 209.2.1, 209.3, 210, 211, 212, 213-2 освобождаются от уголовной ответственности, если они полностью возместили ущерб, причиненный в результате преступления или полностью перечислили в государственный бюджет, полученный преступный доход.

Еще одним важным средством в повышении эффективности мер, применяемых к виновным в совершении преступлений в экономической сфере, является положение с возвратом средств обманутых вкладчиков, так как данные деяния нарушают не только определенные правила кредитно-финансовых отношений, но и имущественные права граждан. Также значительную сложность представляет установление местонахождения средств обманутых вкладчиков. В связи с этим большую перспективу имеет как использование уголовно-правовой нормы, направленной на легализацию (отмывание) денежных средств или иного имущества, приобретенного незаконным путем (ст. 193-1 УК АР), так и международное сотрудничество Азербайджана в борьбе с этим опасным проявлением экономической преступности, зачастую имеющей организованный характер. В этом уже накоплен большой иностранный и определенный национальный опыт, в частности выработана процедура обнаружения имущества при объявлении юридического лица (например, отдельные банки) либо индивидуального предпринимателя (налогоплательщики) несостоятельным (банкротом).

Таким образом, проведенное нами исследование практики назначения наказаний за экономические преступления, свидетельствует о том, что судебная практика не свободна от погрешностей, снижающих ее предупредительное воздействие. Органы правосудия не всегда полностью, всесторонне и объективно изучают правовые стороны и обстоятельства уголовных дел. Кроме того, на практике имели место такие случаи, в которых неправильно оценивались характер преступления и личность преступника, степень опасности свершенного деяния и другие факторы, а также нет единообразия в вопросе о критериях определения меры наказания и т.д. При этом наказание должно назначаться на основе принципа справедливости, то есть быть соразмерным характеру и степени общественной опасности совершенного преступления и личности виновного. Иными словами, нельзя при причинении ущерба в крупном и особо крупном размере и не возмещении причиненного ущерба назначать виновному мягкие меры наказания, проявляя необоснованную либеральность, и наоборот, не следует в случае причинения значительного ущерба и последующего возмещения применять к нему строгие меры наказания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архив Верховного Суда Азербайджанской Республики. Уголовное дело № 1(102)-327/2010.
2. Архив Верховного Суда Азербайджанской Республики. Уголовное дело № 1(102)-487/2012.
3. Джахангиру Гаджиеву вынесен приговор /

<http://www.1news.az/society/20161014014908175.html>

4. Мор Т. Утопия / <https://www.litres.ru/tomas-mor/utopiya/>
5. Непомнящая Т.В. Назначение уголовного наказания: теория, практика, перспективы. – СПб.: Издательство Р. Асланова «Юридический центр Пресс», 2006.- 781 с.
6. О практике назначения судами Российской Федерации уголовного наказания / <https://rg.ru/2015/12/29/ugolov-dok.html>
7. Рагимов И.М. Преступность и наказание. М.: ОЛМА Медиа Групп, 2012. – 304 с.
8. Рагимов И.М. Философия преступления и наказания. – СПб.: Издательский Дом Р. Асланова «Юридический центр», 2013. – 288 с.

REFERENCES

1. Arxiv Verhovnoqo Suda Azerbaydjanskoj Respubliki. Uqolovnoye delo №1 (102)-327/2010.
2. Arxiv Verhovnoqo Suda Azerbaydjanskoj Respubliki. Uqolovnoye delo №1(102)-487/2012.\Djaxanqiru Qadjiyevu vnesen priqovor/
3. <http://www.1news.az/society/20161014014908175.html>
4. Мор Т. Утопия / <https://www.litres.ru/tomas-mor/utopiya/>
5. Nepomnyaşaya T.V. Naznaçeniye uqolovnoqo nakazaniya: teoriya, praktika, perspektivi. - SPb.: İzdatelstvo R.Aslanova «Yuridiçeskiy çentr Press», 2006.- 781 s.
6. «O praktike naznaçeniya sudami Rossiyskoj Federasii uqolovnoqo nakazaniya» / <https://rg.ru/2015/12/29/ugolov-dok.html>
7. Raqimov İ.M. Prestupnost i nakazaniye. M.: OLMA Media Qrupp, 2012. -304 s.
8. Raqimov İ.M. Filosofiya prestupleniya i nakazaniya. - SPb.: İzdatelskiy Dom R.Aslanova «Yuridiçeskiy tsentr», 2013. - 288 s.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ QANUNVERİCİLİYİ ÜZRƏ İQTİSADİ CİNAYƏTLƏRƏ GÖRƏ CƏZANIN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI *N.K. Əliyev, M.S. Kazimov*

Məqalədə Azərbaycan Respublikasının məhkəmə materialları əsasında iqtisadi cinayətlərə görə cəza təyini məsələləri nəzərdən keçirilir. İctimai təhlükəli əməllərə görə cinayət-hüquqi məsuliyyətin uğurlu və ədalətli diferensiasiyası pozulmuş cinayət-hüquqi münasibətlərin bərpası sistemində daxildir. Bu sistemin elementlərindən biri də cinayət törətmiş şəxslər barədə hüquq normalarının düzgün tətbiqi və ədalətli cəzanın təyin edilməsidir. İqtisadi sferada törədilən cinayətlərə görə cəza təyini təcrübəsinin ümumiləşdirilməsi həlli zəruri olan bir sıra problemləri müəyyən etməyə imkan verir və bu da öz növbəsində hüquq pozuntusunun həmin növləri ilə mübarizədə səmərəliliyin artmasına, təqsirli şəxslər barəsində təyin edilən cəzanın nəticəvi olmasına yardım edir.

Açar sözlər: iqtisadiyyat, cəza, cinayət, qanunvericilik, məhkəmə təcrübəsi, ictimai təhlükə.



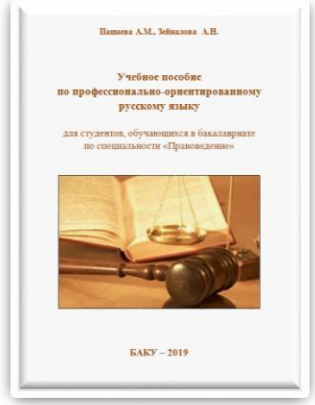
GENERAL CHARACTERISTICS OF PUNISHMENT FOR ECONOMIC CRIMES UNDER THE LEGISLATION OF THE AZERBAIJAN REPUBLIC *N.K. Aliyev, M.S. Kyazimov*

The article discusses the issues of sentencing for economic crimes based on court materials of the Azerbaijan Republic. It is noted that a fair and successful differentiation of criminal law responsibility for socially dangerous acts is included in the system of restoring violated criminal law relations. One of the elements of this system is the correct application in practice of criminal law and the fair sentencing of those who have committed crimes. A generalization of judicial practice on sentencing for crimes committed in the economic sphere revealed some problems that need to be addressed in a timely manner, which will increase the effectiveness of the practice of combating these types of offenses, and the punishment applied to the guilty will be more effective and efficient.

Key words: economics, punishment, crimes, legislation, judicial practice.

Müəlliflər haqqında məlumat**Soyadı, adı, atasının adı:** Əliyev Nazim Kazım oğlu**İş yeri:** Milli Aviasiya Akademiyası**Vəzifəsi:** Hüquqşünaslıq kafedrasının dosenti, h.e.d.**Maraq sahəsi:** cinayət hüququ, cinayət prosesi, vergi hüququ, mülki hüquq.**E-mail:** aliyev-1973@list.ru**Əlaqə telefonu:** +994 50 220 94 33**Soyadı, adı, atasının adı:** Kazımov Mirəli Sahib oğlu**İş yeri:** Bakı Dövlət Universiteti**Vəzifəsi:** Hüquqşünaslıq kafedrasının dosenti, h.e.d.**Maraq sahəsi:** əməliyyat-axtarış fəaliyyəti, cinayət hüququ, vergi hüququ, mülki hüquq.**E-mail:** vergi3m@gmail.com**Əlaqə telefonu:** +994 50 218 12 26***Rəyçi: h.f.d., dos. A.Ə. Hüseynov***

Mülki Aviasiya” redaksiyasında nəşr olunmuş yeni kitablar

	<p>Агаева Л.Н. Азербайджанская Демократическая Республика – 100 лет. Учебное пособие, Центр Полиграфии НАА, 2019. - 130 с.</p> <p>В учебном пособии описывается история Азербайджана Новейшего периода, тесно связанного с политической борьбой и событиями установления советского строя, которые проходили в Азербайджане в период 1917-1920 гг. Именно благодаря этой борьбе в начале XX столетия на политической карте мира появилась независимая Азербайджанская Демократическая Республика. Возродилась государственность. Этот период, в сущности, явился процессом национального возрождения азербайджанцев.</p>
	<p>A.M. Paşayev, İ.Ə. İsgəndərov, F.Ə. Mahmudlu. Hava gəmilərinin elektrik avadanlığı. Dərs vəsaiti. Bakı, MAA-nın Poliqrafiya Mərkəzi, 2019. - 205 s.</p> <p>Dərs vəsaiti, uçuş aparatlarının (UA), ilk növbədə mülki aviasiya təyyarələrinin və müxtəlif təyinatlı helikopterlərin müxtəlif elektrik qida qurğularının, onlar əsasında qurulan elektrik təchizatı sistemlərinin (ETS) işlənməsi, tətbiqi və onların istismarını gələcək peşə fəaliyyətində həyata keçirən texniki ixtisasların tələbələrinin və ixtisasartırma kurslarının dinləyicilərinin istifadəsi üçün nəzərdə tutulub. Vəsait eyni zamanda UA-lar üçün yeni növ elektrik qida qurğularının işlənməsi və tətbiqi, onların əsasında qurulan ETS-lərin yaradılması və istismarı ilə məşğul olan mühəndis-texniki heyət, magistr, doktorant və elmi işçilər üçün də faydalı ola bilər.</p>
	<p>Пашаева А.М., Зейналова А.Н. Учебное пособие по профессионально-ориентированному русскому языку. Для студентов, обучающихся в бакалавриате по специальности «Правоведение». Баку, Центр Полиграфии НАА, 2019. - 160 с.</p> <p>Пособие составлено в соответствии с учебными планами НАА. Одним из основных принципов построения пособия является учёт его профессиональной направленности – ориентации на будущую специальность студентов. Основной целью учебного пособия является развитие устной и письменной речи будущих юристов.</p>

	<p>V.M. Ivashchenko. “Aviation English for Technical Specialists” the textbook, Baku, Polygraphic Centre of NAA, 2019. - 170 p.</p> <p>“Aviation English for technical Specialists” is developed specifically for people who work or are going to work in the aviation industry and need to comply with the International Civil Aviation Organization’s (ICAO’s) language proficiency requirements. Units from the book work independently and can be selected according to the needs and interests of the course participants. Aviation English is also ideal for self-study.</p>
	<p>İsmayılov İ.M., Hüseynov K.K. Sistem mühəndisliyi. Dərs vəsaiti. MAA-nın Poliqrafiya Mərkəzi. Bakı, 2019. - 270 s.</p> <p>Dərs vəsaitində mürəkkəb sistemlərin tam həyat dövrü ərzində sistem mühəndisinin fəaliyyətinin praktiki olaraq bütün aspektlərinə baxılmışdır. Bu istiqamətdə sistem mühəndisliyinin öyrənilməsinə müəlliflər tərəfindən təklif olunan yanaşmanın əsasını sistemlərin həyat dövrünün planlaşdırılması və effektiv realizəsini təmin edən metodlar, proseslər və standartlar barəsində məlumatların verilməsi, sistemlərin analizi, modelləşdirilməsi, layihələndirilməsi və istifadəsi zamanı meydana çıxan məsələlərin həllinə müxtəlif yanaşmalar təşkil edir.</p>
	<p>Исмаилов И.М., Гусейнов К.К. Системная инженерия. Учебное пособие. Баку, Центр Полиграфии НАА. 2019. - 301 с.</p> <p>В учебном пособии рассмотрены практически все аспекты деятельности системного инженера в течение всего жизненного цикла сложных систем. В этом направлении основу предложенного авторами подхода для изучения системной инженерии составляет представление информации о методах, процессах и стандартах, обеспечивающих эффективное планирование и реализацию жизненного цикла систем, различные подходы к решению проблем, возникающих при анализе, моделировании, проектировании и использовании систем.</p>

<i>MÜNDƏRİCAT</i>		
<i>AVİASIYA TEXNİKASI</i>		
1.	Bort qeydiyyat qurğularından alınmış parametrik uçuş məlumatlarının etibarlığı N.N. Kəlbəyev, N.N. Balayev.....	1
<i>YERÜSTÜ KOMPLEKSLƏR, START AVADANLIQLARI, UÇAN APARATLARIN VƏ ONLARIN SİSTEMLƏRİNİN İSTİSMARI</i>		
2.	Akustooptik marker, onun işlənməsi və tədqiqi A.R. Həsənov, E.A. Ağayev.....	9
<i>AVİASIYA ELEKTRONİKASI</i>		
3.	Məntiq sxemlərində qurulmuş həssas elementli iki avtogenetorun rezonans tezliklərinin tədqiqi R.N. Nəbiyev, Q.İ. Qarayev, R.R. Rüstəmov.....	19
4.	Elektik deşilmə qurğusunun dəyişən cərəyan sınaq gərginliyinin elektron tənzimlənməsi R.Ə. İbrahimov, N.M. Svixnuşın, A.E. Zeynalova.....	32
5.	Mikropikselli selvari fotodiodlar və p-terfenil əsaslı radiasiya detektorları F.İ. Əhmədov	37
<i>AERONAVİQASIYA AVADANLIQLARI VƏ KOMPLEKSLƏRİ</i>		
6.	İnertial naviqasiya sisteminin qurulma prinsipləri və inkişaf perspektivləri R.N. Nəbiyev, A.Z. Məmmədov.....	44
<i>HAVADA HƏRƏKƏTİN İDARƏ OLUNMASI</i>		
7.	Kiçik kosmik aparatların dəqiqliyinin artırılması metodlarının proqram realizasiyası İ.Ə. İsgəndərov, S.S. Bağırzadə	53
<i>MATERIALSÜNASLIQ</i>		
8.	İşıq mənbələrinin yaradılma texnologiyası və onların rəng temperaturlarının təyini İ.T. Hüseyinov	60

9.	CAGA ₂ S ₄ : EU ²⁺ birləşməsində fotolüminessensiyanın kinetikasına və effektivliyinə xarici amillərin təsiri E.Q. Əsədov.....	70
<i>ƏTRAF MÜHİTİN QORUNMASI</i>		
10.	Böyük Qafqazın cənub və cənub - şərq yamaclarında uzunmüddətli temperatur dəyişmələrinin xüsusiyyətləri C.S. Hüseynov	76
11.	Təbiətimühafizə xəritələrinin informasiya təminatı İ.Ə.Qəribova.....	82
<i>İQTİSADİYYAT, MENEJMENT VƏ HÜQUQ</i>		
12.	İstintaq hərəkətlərində mütəxəssisin iştirakı: bəzi taktiki, təşkilati və prosessual aspektlər Ş.M. Kərimov, A.S. Mikayılov.....	88
13.	Azərbaycan Respublikasının qanunvericiliyi üzrə iqtisadi cinayətlərə görə cəzanın ümumi xarakteristikası N.K. Əliyev, M.S. Kazımov	94

	<i>СОДЕРЖАНИЕ</i>	
	<i>АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА</i>	
1.	Достоверность параметрической полетной информации, полученной из бортовых устройств регистрации Н.Н. Келбиев, Н.Н. Балаев.....	1
	<i>НАЗЕМНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, СТАРТОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ СИСТЕМ</i>	
2.	Акустооптический маркер, его разработка и исследование А.Р. Гасанов, Э.А. Агаев.....	9
	<i>АВИАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА</i>	
3.	Исследование резонансных частот двух автогенераторов, построенных на логических схемах с чувствительными элементами Р.Н. Набиев, Г.И. Гараев, Р.Р. Рустамов.....	19
4.	Пробойная установка с электронным регулированием испытательного напряжения переменного тока Р.А. Ибрагимов, Н.М. Свихнушин, А.Э. Зейналова.....	32
5..	Микропиксельные лавинные фотодиоды и детекторы радиации на основе П-терфенил Ф.И. Ахмедов.....	37
	<i>АЭРОНАВИГАЦИОННЫЕ ОБОРУДОВАНИЯ И КОМПЛЕКСЫ</i>	
6.	Принципы построения и перспективы развития инерциальной навигационной системы Р.Н. Набиев, А.З. Мамедов.....	44
	<i>УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ</i>	
7.	Программная реализация методов повышения точности систем управления малого космического аппарата	

	И.А. Искендеров, С.С. Багирзаде.....	53
	<i>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ</i>	
8.	Технология изготовления источников света и определение их цветовой температуры И.Т. Гусейнов	60
9.	Влияние внешних факторов на кинетику и эффективность фотолюминесценции в $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ Э. Г. Асадов.....	70
	<i>ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</i>	
10.	Особенности длительных температурных изменений на южных и юго-восточных склонах Большого Кавказа Дж.С. Гусейнов.....	76
11.	Информационное обеспечение природоохранных карт И.А. Гарибова	82
	<i>ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И ПРАВО</i>	
12.	Некоторые тактические, организационные и процессуальные участия специалиста при осуществлении следственных действий Ш.М. Керимов, А.С. Микаилов.....	88
13.	Общая характеристика наказания за экономические преступления по законодательству Азербайджанской Республики Н.К. Алиев, М.С. Кязимов.....	94

“Elmi Məcmuələr” jurnalı 1999-cu ildə Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya Nazirliyində qeydiyyatdan keçmişdir (Qeydiyyat nömrəsi 492).

Jurnal Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının reyestrinə daxil edilmişdir.

Tirajı 100 nüsxə.

Redaksiyanın ünvanı:

AZ1045, Bakı ş. Mərdəkan pr. 30

Milli Aviasiya Akademiyası.

Tel: 497-26-00 əlavə 24-88

E-mail: elmimecmueler@naa.az

Журнал «Elmi Məcmuələr» зарегистрирован в Министерстве Информации и печати в 1999 г. (Регистрационный номер 492).

Журнал включен в реестр Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики.

AZ1045, г. Баку, Мардаканский пр. 30

Национальная Академия Авиации.

Тел: 497-26-00, доб. 24-88.

E-mail: elmimecmueler@naa.az

“Elmi məcmuələr” jurnalının
redaksiya heyəti tərəfindən
nəşrə hazırlanmış və çapına icazə
verilmişdir

“Elmi məcmuələr” jurnalı
«Azərbaycan Hava Yolları»
Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti
Milli Aviasiya Akademiyasının
Poliqrafiya Mərkəzində çap olunmuşdur.
Tirajı 100 nüsxə

Журнал «Elmi məcmuələr» отпечатан
в Центре полиграфии
Национальной Академии Авиации
Закрытого Акционерного Общества
«Азербайджан Хава Йоллары».
Тираж 100 экз.