

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

NİGAR ƏLİ QIZI QƏDİMOVA
GÜNAY MÜBARİZ QIZI BİNYƏTOVA
SƏMƏD ƏVSƏR OĞLU SƏFƏROV
ZƏHRA BƏHƏDDİN QIZI ƏLİYEVƏ

OBJEKT LƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK-LİFLİ
SİSTEM LƏRİN KOMPONENT LƏRİNİN TƏDQIQI

mövzusunda

MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 - “Elektronika , telekommunikasiya və radiotexnika
mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: "Telekommunikasiya sistemlərinin informasiya təhlükəsizliyi"

Elmi rəhbər:

t.e.d., professor T.M.Mansurov

B A K I – 2 0 2 3

M Ü N D Ə R İ C A T

GİRİŞ	4
I FƏSİL. OBYEKTŁƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK-LİFLİ SİSTEMLƏRİN TƏSNİFATI VƏ ANALİZİ	8
1.1. Obyektlərin perimetrinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərinin analizi	8
1.2. Optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərində icazəsiz müdaxilələri aşkarlama üsullarının təsnifatı	8
1.2.1. Modlararası müdaxilənin qeydiyyatı üsulu	8
1.2.2. Ləkə nümunəsinin qeydiyyatı üsulu	9
1.2.3. İnterferensiya üsulu	9
1.3. İcazəsiz müdaxilələri aşkarlayan optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin analizi	10
1.3.1. Metal hasarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri	10
1.3.2. Ağır hasarlara və divarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri	18
1.3.3. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik kabelli yeraltı təhlükəsizlik sistemləri	20
1.3.4. Su sərhədlərinin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri	21
1.3.5. Breqq qəfəsi əsasında qeydiyyat üsulu	22
II FƏSİL. OPTİK-LİFLİ TƏHLÜKƏSİZLİK SİSTEMLƏRİNİN PASSİV KOMPONENTLƏRİ	25
2.1. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin passiv komponentlərinin tədqiqi	26
2.2. Optik-lifin makroəyilməsindən istifadə etməklə kütlə sensorunun işlənməsi	27
2.3. Optik-lifli şaxələndiricilərin işini xarakterizə edən parametrlərin tədqiqi	36
2.4. Makroəyilmə diametrinin oplif lifin xromatik dispersiyasına təsirinin	38

tədqiqi	
III FƏSİL. OBYEKTŁƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK TƏHLÜKƏSİZLİK SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ	44
3.1. Optik lifin makroəyilmə parametrlərinin eksperimental tədqiqi	44
3.2. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik təhlükəsizlik sisteminin işlənməsi	48
3.3. Optik-lifli kabeli obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemi	50
3.4. Optik-lifli kabelli obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sisteminin strukturu	51
3.4.1. Optik lifli kabelli perimetr təhlükəsizlik sisteminin iş prinsipi	51
3.4.2. Təhlükəsizlik sistemi ilə nəzarət olunan obyektin perimetrinin təhlükəsizlik zonalarına bölünməsi	53
NƏTİCƏ	55
ƏDƏBİYYAT	57

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Müasir dövrdə müxtəlif sahələrdə və müxtəlif məqsədlər üçün geniş tətbiq olunan optik-lifli rabitə xətlərinin parametrlərinin yaxşılaşdırılması, müxtəlif təyinatlı, yəni hərbi, sənaye, mülki və s. obyektlərə icazəsiz müdaxilələrin qarşısının alınması nəzəri və təcrübi əhəmiyyətə malik olan aktual bir məsələdir [1,9,10,12-14]. Bu zaman informasiyanın verilişi üçün istifadə olunan optik liflərdən həm də təhlükəsizlik sisteminin həssas elementinin, yəni optik-lifli şaxələndiricilərin və sensorların hazırlanması zamanı da istifadə oluna bilər. Digər tərəfdən müxtəlif prinsipdə qurulmuş obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin geniş tətbiq olunması ilə əlaqədar bu mövzuya marağın artmasıdır. Bununla əlaqədar bir- və çoxmodlu optik liflərdən istifadə etməklə işlənmiş optik-lifli şaxələndiricilər və sensorlar əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemlərinin işlənməsinə çox böyük diqqət yetirilir.

Müxtəlif təyinatlı obyektlərin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemlərinin passiv komponentləri kimi istifadə olunan optik-lifli şaxələndiricilərin və optik-lifli sensorların üstünlükləri, yəni yanğına və partlayışa qarşı təhlükəsizliyə, həssas elementin optik hissəsinin xarici çirklənmədən qorunması, elektromaqnit sahələrindən mühafizə olunması, elektrik izolyasiyasının möhkəmliyi, geniş dinamik ölçmə diapazonu, yüksək həssaslığı, ölçmənin məsafədən yerinə yetirilməsi, yüksək korroziyaya və radiasiyaya qarşı davamlılığı, həssas elementin multipleksləşdirilmə imkanının mümkünlüyü, kiçik ölçüləri və çəkisi və yüksək etibarlılığa malik olması bu cür sensorların müxtəlif sahələrdə və müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunmasına geniş şərait yaradır [1,16,23].

Son illərdə optik-lifli şaxələndirici və sensorların hazırlanması və tətbiqinə həm daxili, həm də xarici bazarda, xüsusən də hərbi sahədə geniş istifadə üçün maraq kəskin şəkildə artmışdır. ABŞ-ın Gnostic Concept firmasının araşdırmalarına görə, 2020-ci illərə qədər optik-lifli rabitə xətlərinin ümumi istehsalının üçdə biri optik-lifli şaxələndirici və sensorların hazırlanması üçün istifadə olunur. Hal-hazırda optik-lifli şaxələndirici və sensorların işlənməsi və yaradılması ABŞ-ın Müdafiə Nazirliyinin

Qabaqcıl Tədqiqat Layihələri Agentliyinin (DARPA) və ABŞ-ın Hərbi Dəniz Qüvvələrinin (FOSS) birgə proqramı çərçivəsində həyata keçirilir.

Hal-hazırda bu sahədə tədqiqatlar Azərbaycan MEA-nın Fizika İnstitutunda, Azərbaycan Texniki Universitetində “Optik rabitənin kvant sistemləri” birgə Beynəlxalq elmi laboratoriyasında, “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Məsisəsinin “Perspektiv informasiya-kommunikasiya texnologiyaları” laboratoriyasında, Belarus kvant kriptografiyası üzrə “Skolkovo” fondunun proqramı çərçivəsində, eləcə də ABŞ-da (Los-Alamoskaya Milli laboratoriyasında), Rusiya Federasiyasında (Rusiya EA-nın Sibir Bölməsinin Yarımkeçiricilər Fizikası institutunda) və digər inkişaf etmiş ölkələrdə aparılır.

Beləliklə, optik-lifli şaxələndiricilər optik-lifli rabitə xətlərinin və obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin əsas passiv komponentlərindən biridir. Bununla yanaşı optik-lifli şaxələndiricilərdən ölçmə texnikasında optik şüanın düz və əks istiqamətdə yayılan optik şüanın gücünü ölçən zaman, eləcə də optik-lifli şəbəkələrin monitorinq sistemlərində də geniş istifadə edilir.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Dissertasiya işinin tədqiqat obyekti obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemləri və onların komponentləri, **tədqiqatın predmeti** obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin parametrlərinin analitik hesabat üsulları, riyazi modelləri və parametrlərinin tədqiqat metodlarıdır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin əsas məqsədi obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin komponentlərinin tədqiq edilməsidir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı əsas məsələlər formalaşdırılmış və həll edilmişdir:

1. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin işlənməsi sahəsində mövcud vəziyyətin analizi;
2. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin komponentlərinin təsnifatı və tədqiqi;

3. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin passiv komponenti kimi optik liflin makroəyilməsi əsasında optik-lifli sensorun işlənməsi;
4. Obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sisteminin optik-lifli sensorunun tədqiqi.

Tədqiqat metodları. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin komponentlərinin tədqiqi ilə bağlı istifadə olunan analitik hesabat üsulu, riyazi metod və modellərdir.

İşin elmi yeniliyi. Dissertasiya işinin elmi yeniliyi obyektlərə icazəsiz müdaxilələri aşkarlama üsullarının və optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin təsnifatı əsasında optik-lifin makroəyilməsindən istifadə etməklə kütlə sensorunun, Breqq qəfəsi əsasında obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən yeni təhlükəsizlik sisteminin işlənməsidir.

Aprobasiya. Dissertasiya işinin nəticələri hər bir magistrant tərəfindən ayrı-ayrılıqda Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri, müstəqil Azərbaycan dövlətinin qurucusu və görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransında (Bakı, AzTU, 2023) müzakirə olunmuş və materiallar çap olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 3 fəsildən, nəticə və ədəbiyyatın siyahısından ibarətdir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

Nigar Əli qızı Qədimova
Günay Mübariz qızı Binyətova

Obyektlərin perimetrinə nəzarət edən optik sistemlərin təsnifatı və analizi

**[OBYEKT LƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK-LİFLİ
SİSTEMLƏRİN KOMPONENTLƏRİNİN TƏDQIQI]**

MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI

**İxtisas: 060627 – “Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika
mühəndisliyi”**

İxtisaslaşma 1: Telekommunikasiya sistemlərinin informasiya təhlükəsizliyi

İxtisaslaşma 2: “Çoxkanallı telekommunikasiya sistemləri”

Elmi rəhbər:

t.e.d., prof. T.M. Mansurov

B A K I – 2 0 2 3

I FƏSİL. OBYEKTŁƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK-LİFLİ SİSTEMLƏRİN TƏSNİFATI VƏ ANALİZİ

1.1. Obyektlərin perimetrinə nəzarət edən optik-lifli sistemlərin təsnifatı və analizi

Məlumatın verilişi üçün istifadə olunan optik rabitə kabelləri baş verən deformasiyaları, vibrasiyaları (titrəmələri) və digər mexaniki təsirləri ölçmək üçün optik-lifli sensorlar kimi istifadə edilir. Bu cür optik-lifli sensorlar obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən müasir təhlükəsizlik sistemlərində, xüsusən də müxtəlif təyinatlı obyektlərin, yəni mülki, sənaye, hərbi və s. obyektlərin perimetrləri üzrə çəkilmiş hasarlara nəzarət etmək üçün xəbərdarlıq siqnallarını formalaşdırması məqsədi ilə geniş istifadə olunur. Optik-lifli texnologiyaların əsas üstünlükləri bir neçə faktorla müəyyən edilir. Bu cür optik-lifli sensorlar kənar elektromaqnit şüalanmalarına və təsirlərinə qarşı davamlıdır və elektrik təhlükəsizliyinə malikdir. Bundan əlavə, əksər hallarda sənaye optik rabitə kabelləri geniş çeşiddə mövcud olan sensorlar kimi istifadə edilə bilər və onların maya dəyəri xüsusi hazırlanmış kabel sensorlarının maya dəyərindən aşağıdır. Mexanik təzyiq, deformasiya və ya vibrasiya kimi xarici təsirlər optik liflərin və nəticədə optik-lif (OL) üzrə ötürülən optik şüanın parametrlərinə də təsir edir [11-14].

Optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərində icazsız müdaxilələri aşkar etmək üçün bir neçə üsuldən istifadə edilir.

1.2. Optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərində icazəsiz müdaxilələri aşkarlama üsullarının təsnifatı

1.2.1. Modlararası müdaxilənin qeydiyyatı üsulu

Yarımkeçirici lazer şüalandırma spektri üzrə müəyyən enerji paylanmasına malik tezlikləri bir-birinə yaxın olan onlarla mod (spektral xətlər) generasiya edir. Çoxmodlu optik rabitə kabeli mexaniki təsirə məruz qalırsa, onda onun çıxışındakı şüanın spektri müəyyən dəyişikliklərə məruz qalır ki, bu da optik rabitə kabelində baş

verən deformasiyaları və ya titrəmələri aşkar etməyə imkan verir [4,23,24].

1.2.2. Ləkə nümunəsinin qeydiyyatı üsulu

Çoxmodlu optik liflərin çıxışında işıqlı və qaranlıq ləkələrin (nöqtələrin) nizamsız sistemi olan "ləkə quruluşu" müşahidə edilir. Optik liflər deformasiyaya uğradıqda və ya vibrasiya (titrəmə) baş verdikdə ləkə quruluşu dəyişir. Optik kabelin deformasiyalarını və ya vibrasiyalarını aşkar etmək üçün bu zaman fəza-həssas fotodetektorlardan istifadə olunur ki, bu zaman da həmin ləkə quruluşunun dəyişməsi ilə icazəsiz müdaxiləni aşkar etməyə imkan verir [4,23,24].

1.2.3. İnterferensiya üsulu

Bu üsulda iki şüalı interferometriya prinsipindən istifadə edilir. Lazerin verdiyi optik şüa ikiyə bölünür və iki eyni birmodlu OL-lərə göndərilir. Qəbuledici tərəfdə hər iki optik şüa interferensiya prosesi yaradır. Həssas optik rabitə kabelinə mexaniki təsirlər fotodetektor tərəfindən qeydə alınan interferensiyanın formasının dəyişməsinə səbəb olur. Son illərdə optik-lifli şaxələndiriciyə (sensora) malik çoxlu sayda müxtəlif növ nəzarət sisteməri işlənmişdir ki, bunlar da obyektlərin perimetrlərinə nəzarət etmək üçün tətbiq olunur. Dissertasiya işi üzrə materialın hazırlanması zamanı mövcud vəziyyət araşdırılmış, bu araşdırma zamanı obyektin perimetrinə nəzarət edən optik təhlükəsizlik sistemlərinin işlənməsi sahəsində müəyyən çatışmazlıqlar aşkarlanmışdır. Bu günə qədər bu sistemlər praktiki olaraq çox az işlənmişdir, lakin bir sıra xarici şirkətlər bu sahədə öz istehsallarını davam etdirirlər. Mövcud mənbələrin təhlili əsasında mövcud olan bütün optik təhlükəsizlik sistemlərini tətbiq sahəsinə görə aşağıdakı altqruplara bölünür [4,23,24]:

- metal hasarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri;
- ağır hasarlara və divarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri;
- obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən yeraltı optik kabelli təhlükəsizlik

sistemləri;

- su sərhədlərinin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri.

1.3. İcazəsiz müdaxilələri aşkarlayan optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin təsnifatı və analizi

1.3.1. Metal hasarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri

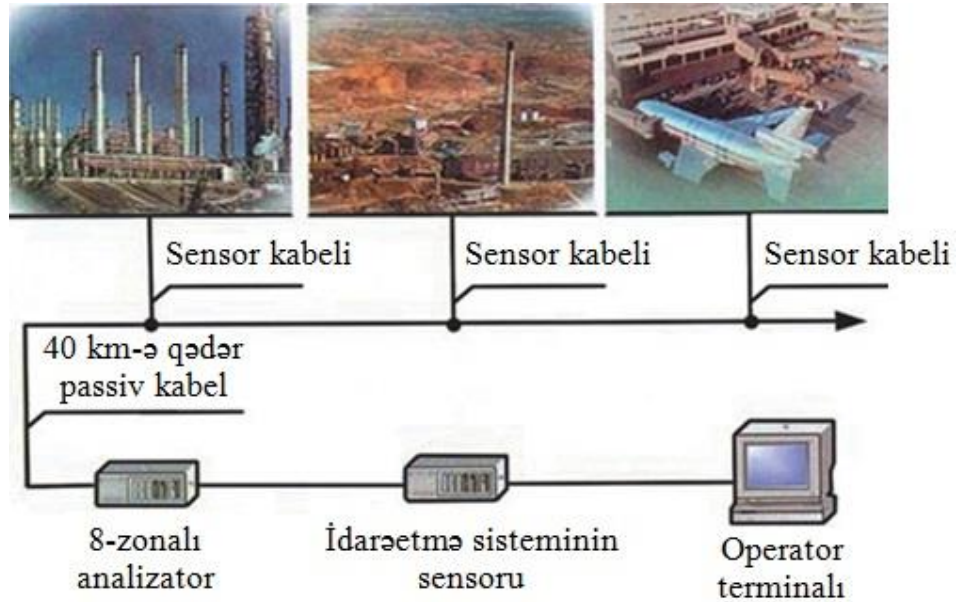
Obyektin perimetri boyunca metal hasar çəkilərkən, optik-lifli sensor kabeli adətən bilavasitə həmin hasara quraşdırılır. Optik-lifli sensor hasarın vibrasiyasını nəticəsində yaranan siqnal prosessora daxil olur və həmin optik siqnalı prosessor (analizator) elektrik siqnallarına çevirir. Prosessor verilmiş alqoritmə uyğun olaraq, ətrafda yaranan maneənin fonunda müdaxilə siqnalını ayırır və bunun da nəticəsində həyəcan siqnalı generasiya edir.

Optik-lifli sensorlardan istifadə zamanı iki əsas aşkarlama texnologiyası geniş tətbiq olunur [4,22-24].

1. H/V adlanan ilk texnologiya (Movement & Vibration - M/V - Hərəkət və Vibrasiya - H/V) nəzarət olunan obyektin perimetrinə hər hansı bir nöqtədən icazəsiz müdaxilə zamanı optik-lifin (optik kabelin) hərəkətini və vibrasiyasını aşkar etməyə imkan verir. Sensor kabeli başlanğıc və son modullara qoşulur. Analizator ilkin modula passiv optik kabel vasitəsilə qoşulur. Yarımkeçirici lazerdən çıxışından daxil olan optik şüa həssas optik lifə verilir və analizator son moduldan əks olunan siqnalı qeyd edir.

Optik lif hərəkət etdikdə və ya titrədikdə ayrı-ayrı modullar arasında optik şüanın enerji paylanması dəyişir. Belə nəzarət sistemlərində özəyinin diametri 62,5 mkr olan çoxmodlu optik liflərdən istifadə edilir. Optik şüa mənbəyi kimi 1,31 nm dalğa uzunluğunda işləyən 1...2 mVt gücündə yarımkeçirici lazerdən istifadə olunur. H/V texnologiyası vibrasiyaları bir neçə Hs-dən 300...600 Hs-ə qədər tezlik diapazonunda qeyd etməyə imkan verir. Çoxmodlu liflərdən istifadə olunan təhlükəsizlik sistemlər əsasən elastik (deformasiya olunan) hasarlarda istifadə olunur.

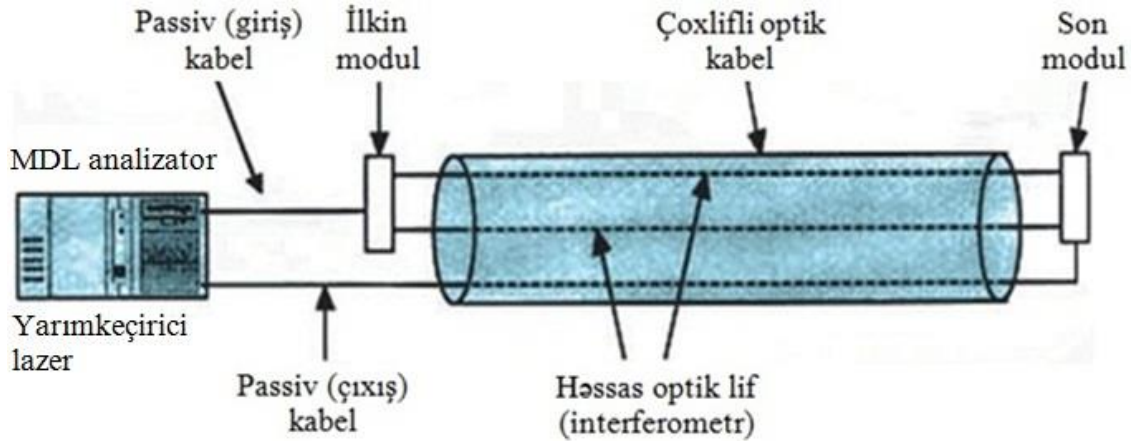
2006-cı ildə çoxzonalı optik-lifli sistem texnologiyası işləndi ki, bu zaman da bir prosessor 8-ə qədər ayrı-ayrı mühafizə zonasına xidmət edə bilər. Bütün zonaların sensor kabelləri prosessorla çox lifli optik rabitə kabeli vasitəsi ilə qoşulur (şəkil 1.1) [10,23,24].



Şəkil 1.1. Çoxzonalı optik-lifli təhlükəsizlik sisteminin struktur sxemi

Təhlükəsizlik zonalarında sensor kabelinin uzunluğu ciddi şəkildə məhdudlaşdırılmır, yalnız sensor kabelinin ümumi uzunluğu və həmin ərazidə yerləşdirilən müvafiq optik rabitə kabelinin uzunluğu məhduddur ki, bu da 10...40 km-dən (sistemdən asılı olaraq) böyük olmamalıdır. Bu optik sistemlər, elektrik təchizatını birləşdirmək və perimetrlərdə elektron avadanlıq quraşdırmaq tələb olunmadığı hallarda bir sıra uzaq obyektlərin mühafizəsini təşkil etmək üçün istifadə olunur. Belə olan hallarda optik rabitə kabeli gizli şəkildə yeraltı çəkilə bilər. Sensorlardan siqnalların ötürülməsi üçün əvvəllər quraşdırılmış standart optik rabitə kabellərindən də istifadə etmək mümkündür.

2. İkinci texnologiya OL-də mikrodeformasiyanın aşkarlanması prinsipinə əsaslanır və Mikrodeformasiya Lokatoru - MDL (MSL - MicroStrain Locator) adlandırılır. Şəkil 1.2-də OL-də mikrodeformasiyanı aşkarlayan MDL sisteminin struktur sxemi verilmişdir [4,23,24].



Şəkil 1.2. Optik lifdə mikrodeformasiyanı aşkarlayan Mikrodeformasiya Lokator sisteminin struktur sxemi

Microdeformasiya Locatorunun sensoru çox lifli optik kabelin üç ayrı lifindən ibarətdir:

- iki yuxarı lif həssas element funksiyasını yerinə yetirir və onlara fasiləsiz rejimdə işləyən yarımkeçirici lazerdən optik şüa ötürülür.
- üçüncü (çıxış) optik lif siqnalları sistem analizatoruna ötürmək üçün istifadə olunur.

Optik şüa mənbəyi analizator bölməsində yerləşdirilir və onun çıxışından optik (lazer) şüa giriş passiv kabeli vasitəsilə ilkin modula verilir. Bu modulda optik şüa iki optik lifə ötürülən iki yerə bölünür. Hər iki optik lif vasitəsilə şüalandırılan optik şüa interferensiyanın baş verdiyi son modula ötürülür. Əgər bu interferometrin hər iki çiyini həyəcanlandırılmamış vəziyyətdədirsə, onda son modulda interferensiya prosesinin şəkli dəyişməz qalır. Bu halda son modulundan analizatora ötürülən siqnal dəyişən təşkilediciyə malik olmur. Optik rabitə kabeli deformasiyaya uğradıqda və ya titrədikdə, həssas optik liflərdə (interferometrin çiyinlərində) optik gediş fərqi dəyişir və son modul siqnalın dəyişən təşkiledicisini qeydə alır və onu analizatora ötürür. MDL sistemində özəyinin diametri 9 μm olan birmodlu optik liflərdən geniş istifadə edilir. Bu halda bir neçə on kilometr uzunluğa malik zonanın istifadə olunması praktik olaraq əlverişsizdir. Mühafizə sisteminə icazəsiz müdaxilənin konkret yeri

haqqında məlumat verilməsə həyəcan signalının verilməsi praktiki olaraq yararsız olacaqdır. Ona görə də, təkmilləşdirilmiş MDL texnologiyası icazəsiz müdaxilə yerini yüksək dəqiqliklə müəyyən etməyə imkan verir. İcazəsiz müdaxiləni lokallaşdırmaq üçün interferometrin hər iki çiyində icazəsiz müdaxilə signalının müqayisəsi üçün orijinal texnologiyadan istifadə edilir ki, bu da müdaxilə yerini bir neçə on metrə qədər dəqiqliklə təyin etməyə imkan verir.

Belə sistemlər üçün ən yaxşı xarakteristikalar aşağıdakılardır [4,23-25]:

- bir mühafizə zonasının uzunluğu 80 km-ə qədərdir;
- metal hasarlarda icazəsiz müdaxilənin yerinin aşkar edilməsi dəqiqliyi 25 m-ə qədərdir (şəkil 1.3).



Şəkil 1.3. "Palisade" tipli ağır bir hasarda quraşdırılmış sensor kabeli

Palisad (fr. palissade, ital. palizzata, lat. palus) - hündürlüyü bir neçə metr olan, şaquli qazılmış və ya uzunluğunun üçdə bir hissəsi qədər yerə basdırılmış sütunlardan (svaylardan) ibarət maneə və ya divardır və möhkəmlik üçün bir və ya iki üfüqi dirəklərlə bir-birinə bağlanır, tikişmiş çubuqlarla birləşdirilir.

İşlənmələr zamanı əsas yenilik optik-lifli sensorların signallarını və icazəsiz müdaxilənin lokallaşdırılmasını prosesinin emal etmək üçün çox yüksək qiymətli proqram təminatından istifadə olunmasıdır. Ona görə də, kiçik perimetrlər üçün belə bir sistemin istifadəsi səmərəli deyildir.

3. Üçüncü texnologiyaya misal olaraq optik-lifli sensor və dartılmış naqıl səddinin birləşməsindən ibarət olan perimetrlərin təhlükəsizliyini təmin edən sistemi göstərmək olar. Optik-lifli sensor kabeli 3,2 m hündürlükdə dayaq dirəklərə quraşdırılır (şəkil 1.4) [10,23,24].



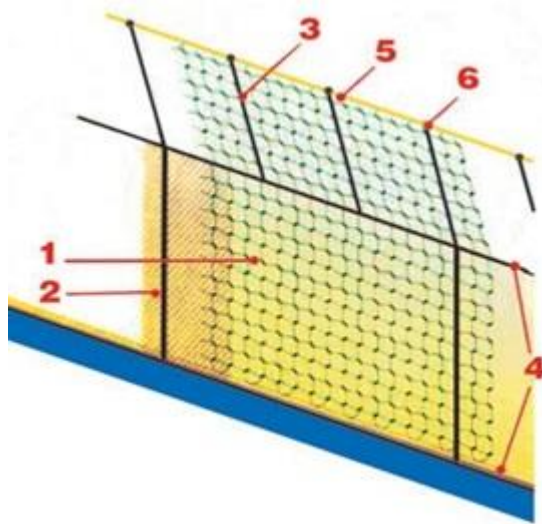
Şəkil 2.4. Remsdaq firmasının Saber Ta re siqnal sədd sistemi

Optik şüa tikanlı naqıl dayaq dirəklərdə yerləşdirilmiş optik-lifli sensorlarla mexaniki şəkildə birləşdirilir ki, bunlar da naqılın dartılması nəticəsində gərginliyin dəyişmələrini qeydə alır. Hər bir zonanın maksimum uzunluğu 4 km-dir. Bu cür sistemlər kiçik xidmət xərclərində çox yüksək aşkarlama qabiliyyətinə malik olur.

Metal tor və ya qəfəs şəklində hasarların perimetrlərini qorumaq üçün yuxarıda qeyd olunan təhlükəsizlik sisteminin analoqu da mövcuddur. Bu sistemdə optik-lifli sensor üzərində quraşdırılmış kəsici lentə bərkidilir. Qalınlığı 0,5 mm və eni 20 mm olan sinklənmiş polad lent elə uzanır ki, hasarın üstündən dırmaşmaq cəhdi zamanı optik-lifli sensor tərəfindən qeydə alınan mexaniki deformasiyalara səbəb olur. Sistem təcavüzkarın yalnız çox sürətli hərəkətlərini aşkar etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur və bunula yanaşı praktiki olaraq yalan işəduşmələr yaratmır.

4. Siqnal maneəsinin qurulması üçün başqa bir variant da mövcuddur. Perimetr sisteminin sensoru, Kevlar ilə gücləndirilmiş plastik örtüklə qorunan çoxmodlu optik lifdən lehimlənmiş bir şəbəkədir (şəkil 1.5). Kevlar (англ. Kevlar) DuPont firması tərəfindən istehsal olunan para-aramid lif (poliparafenilen tereftalamid) olmaqla

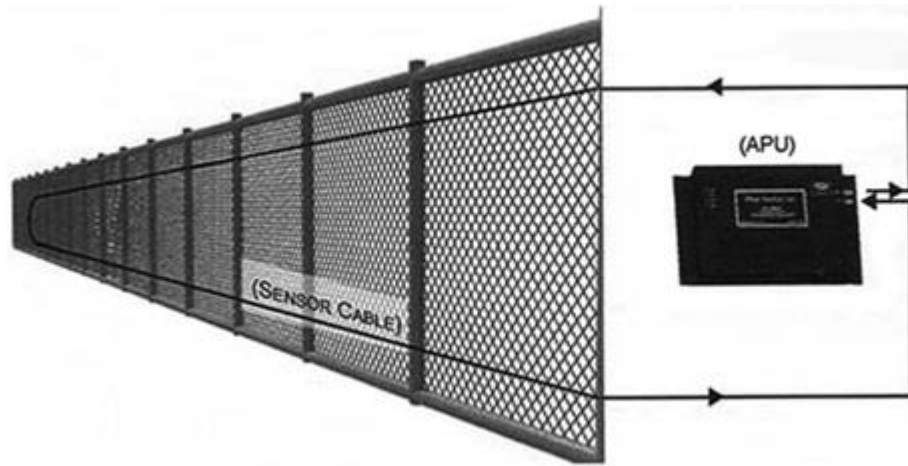
yüksək davamlıdır [10,23,24].



Şəkil 1.5. Siqnal maneə sistemi

Səddin seçilməsindən asılı olaraq, şəbəkənin istənilən hissəsinin hər hansı birində optik lif dartıldıqda və ya qırıldıqda sistem həyəcan siqnalı formalaşdırır. Bu halda optik-lifli şəbəkə - 1 (şəkil 1.5) ayrılıqda quraşdırılır və ya mövcud hasarın -2 yanında quraşdırılır. Təhlükəsizlik sistemi həmçinin divarlara (binaların və otaqların mühafizəsi) tikilə və ya 50 sm-ə qədər dərinlikdə yerin altına (əks yeraltı sədd) basdırıla bilər [10,20,23,24].

5. Yuxarıda göstərilənlərə əlavə olaraq, sensor kabelləri qapalı ilgək şəklində hasara quraşdırılan sistemlər mövcuddur, belə ki optik-lifli sensorun hər iki ucu standart optik birləşdiricilərdən istifadə edərək prosessorla qoşulur. Bir mühafizə zonasının maksimum uzunluğu 2 km-ə bərabər götürülür. Belə sistemlər müxtəlif metal hasarlarda yerləşdirilir və həmçinin də binaların damlarını və divarlarını qorumaq üçün istifadə olunur (şəkil 1.6) [23,24,26].

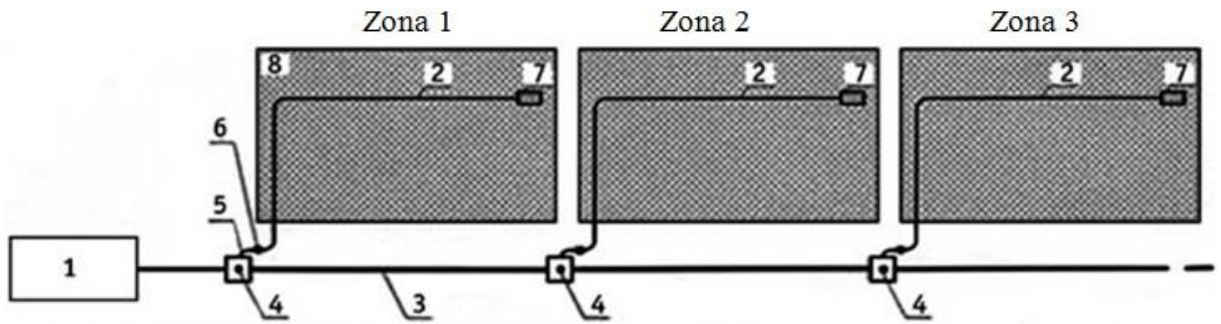


Şəkil 1.6. Bir mühafizə zonasının uzunluğu 100 m olduqda sistemin optik-lifli sensor kabelinin qapalı ilgək şəklində yerləşdirilməsi

Bu cür sistemlər seriya şəklində deyil, optik liflərin standart örtüklərindən fərqlənən xüsusi işlənmiş optik kabellərindən istifadə olunur. Bu örtüklər kabelin xarici mexaniki təsirlərə - təzyiqa, deformasiyalara və vibrasiyalara həssaslığını artıracaq şəkildə hazırlanmışdır. Sensorlarda çoxmodlu optik liflərdən istifadə edilir. Sistem prosessoru (APU) optik kabel vasitəsilə ötürülən lazer şüasının ləkə strukturunda baş verən dəyişiklikləri qeydə alır.

APU - sürətli emal prosessoru tək kristal üzərində hazırlanmış mərkəzi prosessor (CPU) və qrafik emal prosessoru (GPU) kimi işləmək üçün nəzərdə tutulmuş Advanced Micro Devices (AMD) tərəfindən hazırlanmış 64 bitlik hibrid mikroprosessorların bir hissəsidir.

6. Altıncı tip təhlükəsizlik sistemləri - çoxsaylı icazəsiz müdaxilələrin lokallaşdırılması zamanı istifadə olunan sistemlərdir. Bu sistemdə 1- prosessorla 50-yə qədər mühafizə olunan zona qoşulur. Bu cür sistemin struktur sxemi şəkil 1.7-də verilmişdir [6,20,21,23].



Şəkil 1.7. Çoxsaylı müdaxilələri lokallaşdıran çoxzonalı təhlükəsizlik sisteminin struktur sxemi

1-processor; 2-sensor kabeli; 3-çoxlifli optik kabel; 4-optik birləşdirici;
5-birləşdirici kabel; 6-optik yuva; 7-sensor kabelinin sonluq bloku; 8-hasar

Bir prosessorla qoşulmuş optik-lifli sensorların maksimum ümumi uzunluğu 2 km, bir zonanın maksimum uzunluğu 100 m təşkil edir. optik-lifli sensorun tövsiyə olunan ümumi uzunluğu 500 m və zonaların maksimum sayı 50 olduqda, müdaxilənin lokallaşdırılması dəqiqliyi 10 m-dir ki, bu da ayrıca bir zonanın uzunluğuna uyğundur. Birləşdirən passiv kabelin uzunluğu isə 5 km-ə qədərdir.

7. Bunlarla yanaşı müxtəlif texnologiyaları birləşdirən bir sıra sistemlər də mövcuddur (şəkil 1.8) [10,29,31-33].



Şəkil 1.8. Optik-lifli siqnal hasarı

Siqnal qapağının yuxarı elementi həssas optik-lifli şəbəkənin qoşulduğu dartılmış-naqilli sensordur. Toru kəsmək və ya deformasiya etmək cəhdi olan kimi optik-lifli sensor həyəcan siqnalı verir. Hasarın üstündən aşmağa çalışarkən tənzimlənən işədüsmə səddinə malik dartılmış-naqilli sensor aktivləşir (dartılma 15 ilə 40 kq arasında) və həyəcan siqnalı formalaşdırır.

1.3.2. Ağır hasarlara və divarlara malik obyektlərin perimetrələrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri

Optik-lifli sensorun həssaslığı adətən ağır metal hasarların vibrasiyasını bilavasitə qeyd etmək üçün kifayət etmir, ona görə də təhlükəsizlik sistemini istehsal edən şirkətlər onlara inteqrasiya olunmuş optik-lifli sensorlara malik xüsusi maneə yaradan sistemlər işləyib hazırlayırlar.

1. Daxili optik-lifli sensoru olan sistem. Sistemin özəlliyi ondan ibarətdir ki, optik-lifli sensor hasarın şaquli dayaq dirəkləri vasitəsi ilə keçən hasarın panelinin yuxarı üfüqi kanalına bərkidilir (şəkil 1.9) [10,23,24,34].



Şəkil 1.9. Sistemin xüsusi metal hasara quraşdırılmış sensor kabeli

Optik-lifli sensor tamamilə qapaq vasitəsi ilə örtülür (şəkil 1.9-da göstərilmir), hasarı aşmağa cəhd göstərərkən onun üfüqi kanalının deformasiyalarına reaksiya verir. İstehsalçıların fikrincə, sistem yanlış həyəcan siqnallarının səviyyəsinin aşağı

olması ilə fərqlənir və praktiki olaraq texniki xidmət tələb etmir. Bununla belə, sistemin çatışmayan cəhəti onun həssaslığının nisbətən aşağı olmasıdır. Sistemin işləməsi üçün hasara 40 kq-dan çox güc tətbiq etmək və ya hasarın sərt bağlantılarını deformasiya etmək tələb olunur. Buna görə də, sistem yalnız böyük mexaniki təsirlərlə müşayiət olunan güc müdaxilələrini qeydə alacaqdır.

2. İntegrasiya olunmuş optik-lifli sensora malik sərt maneə [10,23,24,28].

Şəkil 1.10-da bu maneələrdən birinin görünüşü verilmişdir.



Şəkil 1.10. İntegrasiya edilmiş optik-lifli sensorlu sərt maneə

Optik-lifli sensor kabeli hasarın şaquli dirəklərinin keçdiyi yuxarıda qutu şəklində olan kanalda gizlədilir. Bu dayaqar müəyyən sərbəstlik dərəcəsinə malikdir və mexaniki təsir olan zaman bir qədər hərəkət edə, dönmə və ya vibrasiya edə bilər və bu halda dayaqara bərkidilmiş optik-lifli sensor kabelində siqnal formalaşdırır. Sistem müxtəlif növ icazəsiz müdaxilələri, yəni dayaqara dırmaşma, kəsmə və ya aralama kimi müdaxilələri aşkar edir [2,12-15,17-19].

Sərt divarların və maneələrin mühafizəsi üçün optik kabellər divarların və ya arakəsmələrin içərisində quraşdırılmış kvadrat yuvaların təşkil etdiyi şəbəkənin sistemidir. Sistem yalnız kabel qırıldıqda işə düşür, ona görə də o, yalnız böyük güc təsirlərini (məsələn, divar uçması) qeydə alır və belə bir detektətmə meyarında yanlış işə düşmə ehtimalı olduqca kiçikdir.

1.3.3. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən yeraltı optik kabelli təhlükəsizlik sistemləri

Optik-lifli sensorların gizli şəkildə quraşdırılması lazım gəldikdə, yəni onları torağın altına salmaq tələb olunduqda belə obyektlərin hasarlanmamış sərhədlərinə nəzarət etmək mürəkkəb məsələdir. Bu cür problemləri həll etmək üçün optik-lifli sensorların bir neçə növü məlumdur.

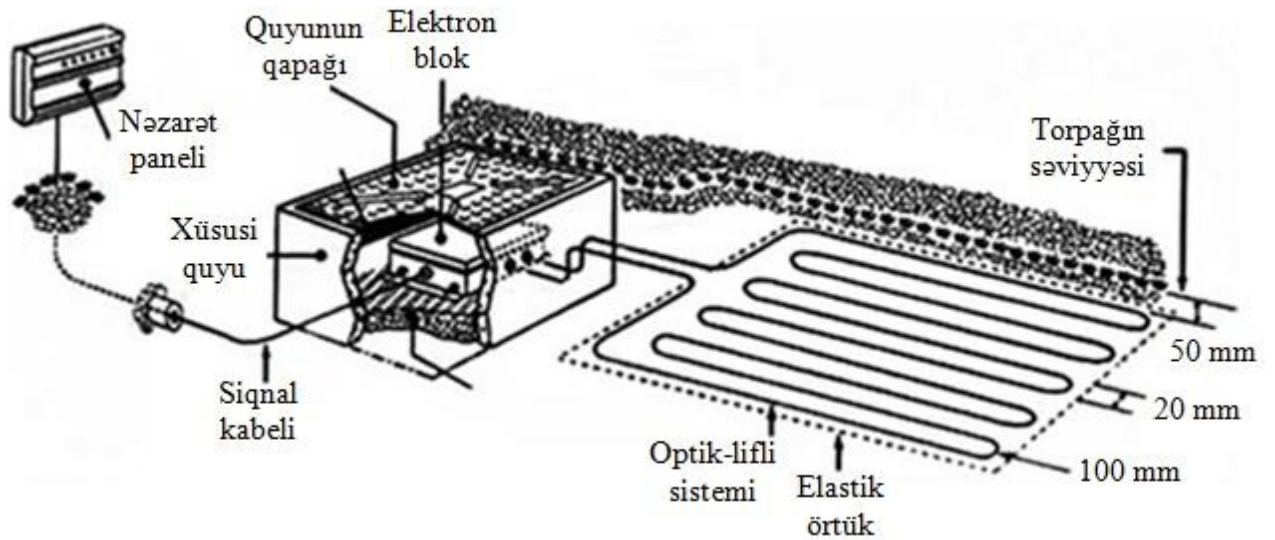
1. Obyektlərə yaxınlaşmaların və ya qadağan olunmuş ərazilərin mühafizəsi üçün optik sistem (şəkil 1.11) [10,12-14,23,24].



Şəkil 1.11. Yeraltı optik-lifli sistemin struktur sxemi

Optik kabel obyektin qorunan perimetrinin sərhədi boyunca yerləşdirilir və qoruyucu maskalanmış örtüklə örtülür. Kabel iki elastik həsir arasına yerləşdirilir və 20 sm intervalla, yerdən 5 sm dərinlikdə paralel ilmələr şəklində çəkilir. Optik-lifli sensör insanın yeriməsi və ya sürünməsi zamanı yaranan təzyiqli dəyişmələrini aşkar edir.

2. Digər bir optik-lifli təhlükəsizlik sistemi yerin altında quraşdırma üçün nəzərdə tutulmuşdur və icazəsiz müdaxilə halında müdaxilə edənin hərəkət etdiyi zaman yaratdığı torpaq təzyiqinin dəyişmələrini qeyd edir (şəkil 1.12). Bunun üçün optik kabeli yer səthinin altında ilgək şəklində əyərək 5...10 sm dərinlikdə 1-2 m enində zolaqda yerləşdirilir [10,23,24].



Şəkil 1.12. Yeraltı optik-lifli təhlükəsizlik sisteminin struktur sxemi

Yüksək və həmcins həssaslığı təmin etmək üçün optik kabel yüngül metal torun üstündə və yuxarıdan da eyni cür torla örtülür. Bu optik sistem demək olar ki, bütün növ torpaqlarda, yəni qum, çınqıl, gil torpaqlarda və s. istifadə oluna bilər.

Təəssüf ki, bu cür tətbiqlər haqqında ətraflı məlumat verilmir, lakin optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin yeraltı tətbiqinin effektivliyi məsələsinin hələ də həll edilməli olduğu qəbul edilir.

1.3.4. Su sərhədlərinin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri

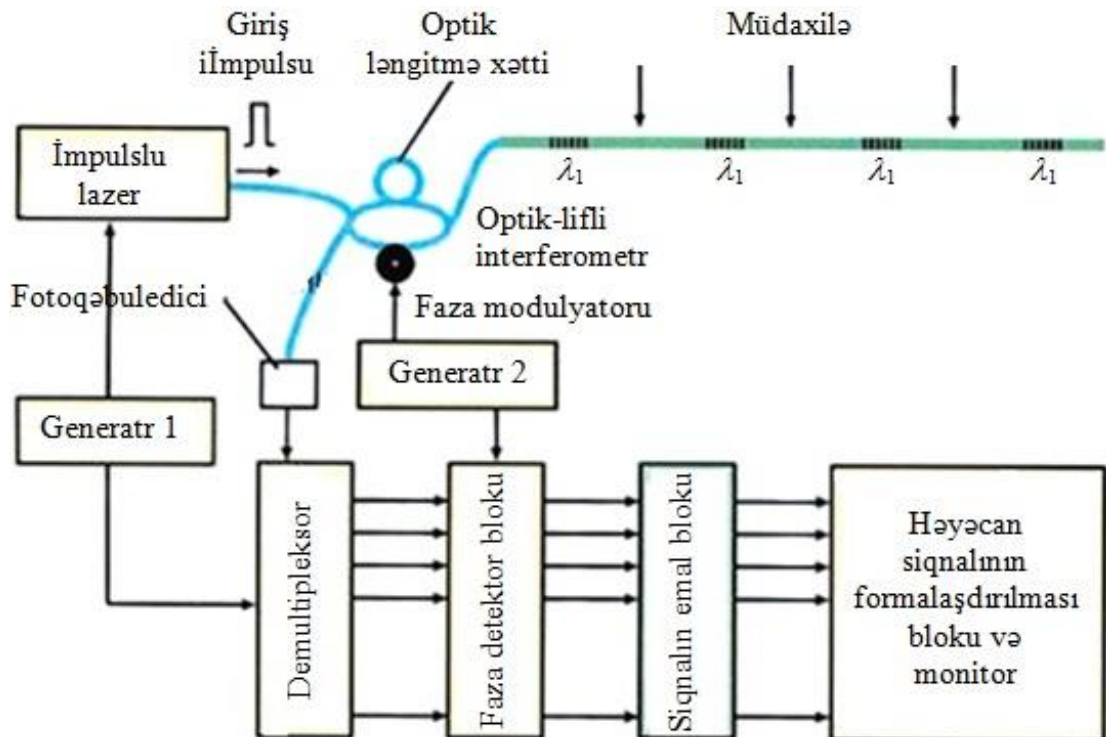
Dəniz və sualtı obyektlərini qorumaq üçün parametrlərinə görə 4-cü bənddə göstərilən metal hasarların mühafizəsi sistemlərinə analoji olan və optik lifi duzlu sudan qoruyan əlavə bir örtük təbəqəsinin olması ilə fərqlənən şəbəkə şəklində həssas elementə malik optik-lifli sistemlər işlənib hazırlanır. Belə bir tora malik sensor ayrılıqda duran gəmilərin yanılma yerlərini və s. qorumaq üçün istifadə olunur. Bir mühafizə zonasının uzunluğu 100 m-dir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu gün Breqq qəfəslərinin tətbiqi əsasında daha müasir və perspektivli siqnalların qeydiyyatı üsulundan istifadə edən daha bir növ təhlükəsizlik sistemləri meydana çıxdı [10,23,24,30].

1.3.5. Breqq qəfəsi əsasında qeydiyyat üsulu

Birmodlu optik lifin özəyində əks etdirici Breqq qəfəsi eksimer lazerin (ultrabənövşəyi qaz lazerinin başqa bir növü) müvafiq maska vasitəsilə ultrabənövşəyi şüalanma ilə və ya holoqrafik üsulla (iki interferensiya olunan təsiri) yaradıla bilər. İki qəfəs arasında optik lifin kəsiyi Fabri-Pero interferometrini təşkil edir, onun əks olunması (və ötürülməsi) birinci və ikinci qəfəslərdən əks olunan optik siqnalın optik faza fərqindən asılıdır. Deformasiya və akustik rəqslərin təsiri altında optik siqnalın və eləcə də əks olunan optik siqnalın faza fərqi dəyişir.

İnterferometrik sensorlar xarici amillərin təsiri altında optik lifin kəsiyinin uzunluğunun dəyişməsinə qarşı yüksək həssaslığa malikdir. Bir dalğa uzunluqlu qəfəslərə malik bir fiber-optik paylanmış sensorun sxemi şəkil 1.13-də göstərilmişdir [10,23,24,31].



Şəkil 2.13. Bir dalğa uzunluğuna və zamana görə demultipleksləməyə əsaslanan qəfəslərə malik optik-lifli paylanmış sensorun struktur sxemi

Optik şüa mənbəyi kimi impuls rejimində işləyən bir tezlikli birmodlu yarımkeçirici lazerdən istifadə olunur. Hər bir qəfəslər sistemindən impulslar fərqli zaman gecikməsi ilə daxil olur. Hər bir sahədən daxil olan siqnalları ayırmaq üçün zamana görə multipleksləmədən və siqnalın demodulyasiyası üçün isə sinxron detektrləmədən istifadə olunur ki, bununla əlaqədar sxemdə əlavə faza modulyatorundan istifadə olunur. Optik gecikmə xətti zamana görə sürüşdürülmüş impulslar seriyasını formalaşdırır ki, bunlardan hər biri optik lifin müvafiq sahəsindən əks olunan impulslarla interferensiya olunur.

Belə optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin real tətbiqi tətbiqi zamanı həlledici rolu üstü örtülməmiş optik liflə müqayisədə optik lifin həssaslığının 30 dB artırılmasını təmin edən optik lifin örtüyünün materialı oynayır. Hal-hazırda akustik dalğanın müxtəlif materiallarla qarşılıqlı təsirini qiymətləndirmək üçün riyazi modelin qurulması üzrə analitik işlər aparılır və örtüyün materialından asılı olaraq optik lifin akustik təzyiqə həssaslığının artırılması üçün eksperimental tədqiqatlar aparılır. Breqq qəfəsi əsasında işlənmiş obyektin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sisteminin parametrləri cədvəl 2.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.1. Breqq qəfələrinə əsaslanan təhlükəsizlik sisteminin parametrləri

№	Təhlükəsizlik sisteminin parametrləri
1.	Təhlükəsizlik sisteminin istənilən rəqslərə qarşı yüksək həssaslığı
2.	Yanlış işə düşmələrin sayını azaltmaq üçün proqram vasitəsi ilə həssaslıq həddini dəyişmək imkanı
3.	Yalnız sərhədi keçmə faktı haqqında deyil, həm də onun keçdiyi sahə haqqında 2-10 m dəqiqliklə siqnalın alınması
4.	Təhlükəsizlik sistemindən dörd iş rejimində istifadə etmək imkanının olması: Metal hasarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri; Ağır hasarlara və divarlara malik obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri; Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik kabelli yeraltı təhlükəsizlik

	<p>sistemləri;</p> <p>Su sərhədlərinin perimetrlərinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri.</p>
5.	<p>Təhlükəsizlik sisteminin quraşdırma xərcləri:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mövcud hasar olan halda həssas optik-lifi hasara bərkitmək kifayətdir; - yeraltı təhlükəsizlik sistemi kimi istifadə edildikdə, 0,2-1,5m dərinlikdə həssas optik kabel çəkib, torpaqla örtmək kifayətdir.
6.	<p>Oxşar parametrlərə malik xaricdə istehsal olunan sistemlərlə müqayisədə sistemin nisbətən maya dəyərinin aşağı olması (50 min dollardan çox olmayan)</p>
7.	<p>İcazəsiz müdaxilə yerinin tələb olunan dəqiqliyindən asılı olaraq mühafizə olunan perimetrin uzunluğu 2...4 km arasındadır</p>
8.	<p>Obyektin perimetrinə müdaxilə edən obyektin vəziyyəti real zaman miqyasında monitorun ekranında göstərilir və müdaxilə faktı qeydə alındıqdan sonra da təhlükəsizlik sistemi işləməyə davam edir</p>
9.	<p>Təhlükəsizlik sistemi həmçinin obyektin perimetrinə çox saylı müdaxilələri qeydə alır</p>
10.	<p>Tezlik spektri üzrə icazəsiz müdaxilə edənin növünü təyin etmək imkanına malik olması:</p> <ul style="list-style-type: none"> - adam; - avtomobil.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

Səməd Əvsər oğlu Səmədov

Optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin passiv komponentləri

**[OBYEKT LƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK-LİFLİ
SİSTEMLƏRİN KOMPONENTLƏRİNİN TƏDQIQI]**

MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – “İnformasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya sistemləri”

Elmi rəhbər:

t.e.d., prof. T.M. Mansurov

B A K I – 2 0 2 3

II FƏSİL. OPTİK-LİFLİ TƏHLÜKƏSİZLİK SİSTEMLƏRİNİN PASSİV KOMPONENTLƏRİ

2.1. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin passiv komponentlərinin tədqiqi

İş prinsipi giriş lifli işıqötürücüdən qradiant linzanın çıxışında şaxələndirmə əmsalının bütün tənzimlənmə diapazonunda çıxış lifli işıqötürücünün apertura sahəsindən kənara çıxmayan işıqlı nöqtənin formalaşdırılmasına əsaslanan “Optik-lifli şaxələndirici” məlumdur [7]. Optik-lifli şaxələndiricinin tərkibinə üç qradiant tipli linza daxildir ki, onlardan ikisi optik oxa paralel müstəviyə və həmin iki linzanın en kəsiyi sahəsinə isə üçüncü qradiant linza yerləşdirilmişdir. Optik-lifli şaxələndirici iki digər linzanın birləşmə müstəvisinə perpendikulyar şəkildə üçüncü qradiant linzanın hərəkət etməsi hesabına şaxələndirmə əmsalının 0-dan 1-ə qədər diapazonda dəyişdirilməsini təmin edir. Lakin bu optik-lifli şaxələndirici vasitəsi ilə lifli işıqötürücüdən optik şüalanmanın şaxələndirilməsi üçün həmin lifli işıqötürücü iki hissəyə bölünür ki, bu da onun çatışmayan cəhətidir.

Lifli işıqötürücü iki hissəyə bölünmədən optik şüalanmanın şaxələndirilməsini yerinə yetirən “Optik-lifli şaxələndirici” [8] məlumdur. Bu optik-lifli şaxələndiricinin tərkibinə optik şüalanmanın şaxələndirilməsi həyata keçirilən lifli işıqötürücü, makroəyilməni formalaşdıran sıxıcı rolik, novcuqlu prizma, şaxələndirilmiş optik şüalanma istiqamətləndirilən lifli işıqötürücü daxildir. Qeyd etmək lazımdır ki, şaxələndirmə əmsalının dəyişməsi üçün prizmanın optik novcuğuna rolikin sıxılma dərəcəsini dəyişmək lazımdır. Lakin bu optik-lifli şaxələndirici lifli işıqötürücünün əyilmə radiusunun məhdud hədd daxilində dəyişməsini təmin edir və yalnız birmodlu lifli işıqötürücüdən optik şüalanmanın şaxələndirilməsi zamanı istifadə olunur.

Texniki mahiyyətinə görə təklif olunan “Optik-lifli şaxələndirici”yə ən yaxın olan və onun prototipi sayılan “Optik-lifli şaxələndirici”dir [6].

Bu optik-lifli şaxələndirici birinci düzxətli sahəyə, verilmiş radius üzrə əyxətli sahəyə, ikinci düzxətli sahəyə, özəyə və işıq əksətdirici örtüyə malik lifli

işıqötürücüdən, işıqötürücünün əyxətli sahəsi ilə üzbə-üz yerləşdirilmiş, fotodetektor şəklində yernə yetirilmiş, şaxələndirilmiş optik şüalanmanı qəbul edən elementdən, fotodetektorla və işıqötürücünün əyrixətli sahəsi ilə əlaqədə olan, bu şüalanma üçün şəffaf materialdan hazırlanmış dielektrik mühitdən ibarətdir.

Bu cür optik-lifli şaxələndiricinin çatışmayan cəhəti əyilmə radiusunun verilmiş qiymətdən sonsuzluğa qədər dəyişməsi göstərilə də, bu dəyişmə həddi məhduddur, çünki əyilmə radiusunun qiyməti 5...60 mm-lik diapazondan kənara çıxdıqda optik şüalanmanın şaxələndirilməsi prosesi baş vermir. Digər tərəfdən bu optik-lifli şaxələndirici vasitəsi ilə şaxələndirilən optik şüalanmanın bir lifli işıqötürücüdən digərinə yönləndirilməsi prosesi təmin edilmir.

2.2. Optik-lifin makroəyilməsindən istifadə etməklə kütlə sensorunun işlənməsi

Optik-lifli sensorlar perimetrinə nəzarət olunan obyektin vəziyyəti haqqında məlumatı ötürmək üçün geniş istifadə olunur. Hal-hazırda deformasiyanı, vibrasiyanı (titrəməni), təzyiqli, temperaturu və s. ölçməyə, eləcə də obyektə izasız müdaxiləni aşkar etməyə imkan verən optik-lifli sensorlar işlənilib hazırlanmışdır. Bu sahədə aparılmış analizlərin nəticəsi optik lifin makroəyilməsindən istifadə etməklə optik-lifli sensorların işlənməsinin mümkünlüyünü göstərir. Belə optik-lifli sensorların elektrik vericilərlə müqayisədə üstünlükləri arasında elektrik və elektromaqnit təsirlərinə qarşı təhlükəsizliyini, genişzolaqlılığını, nəzarət olunan obyektin vəziyyəti haqqında məlumatların ötürüldüyü optik liflərdən istifadə etmək imkanının olmasını göstərmək olar. Optik-lifli sensorlar elektrik siqnalını optik siqnala çevirmə prosesini aradan qaldırmağa və obyektlərin vəziyyətinin diaqnostikası sistemlərini sadələşdirməyə imkan verir.

Obyektin perimetrinə icazəsiz müdaxiləni aşkar etmək üçün asan tətbiq olunan optik-lifli sensor təklif edilir. Bu optik-lifli sensor yalnız obyektin perimetrinə müdaxilə faktını təyin etməyə imkan verir, lakin müdaxiləni törədən obyektin növünü, yəni heyvan, insan, nəqliyyat vasitəsi olduğunun müəyyən etməyə imkan vermir. Bu işin məqsədi təkə müdaxilə faktını deyil, həm də obyektin (pozucunun)

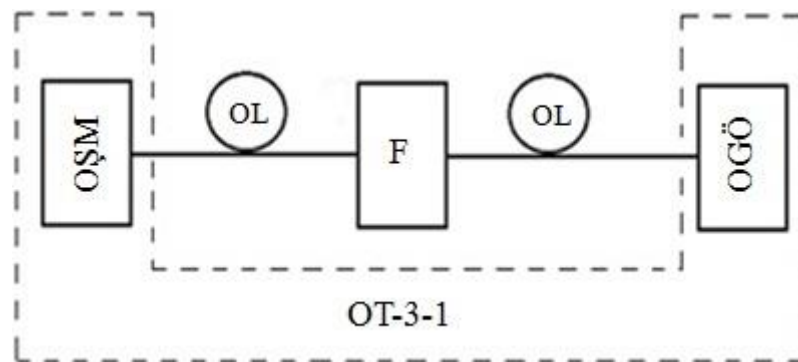
xüsusiyyətlərini, yəni kütləsini müəyyən etməyə imkan verən optik-lifli sensorun işlənməsidir.

Eksperimental qurğu və tədqiqat metodologiyası. G.652, G.655 və G.657 markalı optik liflər tədqiq edilmiş və tədqiqat obyektı kimi bu optik liflərin seçilməsinin əsas səbəbi optik lifli kommunikasiya xətlərində ən çox istifadə olunması və həmçinin makroəyilməyə (radiusu 2,0 mm-dən çox olan makroəyilmə) fərqli həssaslığa malik olmalarıdır. Həssaslıq dedikdə, optik lifin makroəyilmənin baş verməsinə reaksiya dərəcəsini nəzərdə tutulur. Makroəyilmə reaksiyasını qiymətləndirmək üçün $\Delta\alpha / \Delta L$ parametrindən istifadə ediləcək, burada $\Delta\alpha$ optik şüanın zəifləməsinin müvafiq dəyişməsi, ΔL isə makroəyilmə qövsünün uzunluğunun dəyişməsidir. Bu halda, optik lifdə optik şüanın zəifləməsi aşağıdakı ifadə vasitəsi ilə təyin olunur [12-14]:

$$\alpha = 10 \lg(P_0 / P), \text{ dB} \quad (2.1)$$

burada P_0 – və P – optik lifin giriş və çıxışında optik şüalanmanın gücüdür.

Eksperimental tədqiqat qurğusunun struktur sxemi. Optik şüa mənbəyindən (OŞM) və optik güc ölçəndən (OGÖ) ibarət optik tester (OT) və makroəyilmə formalaşdırıcısı (F) daxil olmaqla eksperimental tədqiqat qurğusunun struktur sxemi şəkil 2.1-də verilmişdir [6].



Şəkil 2.1. Eksperimental qurğunun struktur sxemi

OŞM optik lif (OL) vasitəsi ilə OGÖ cihazına qoşulur. Makroəyilmə

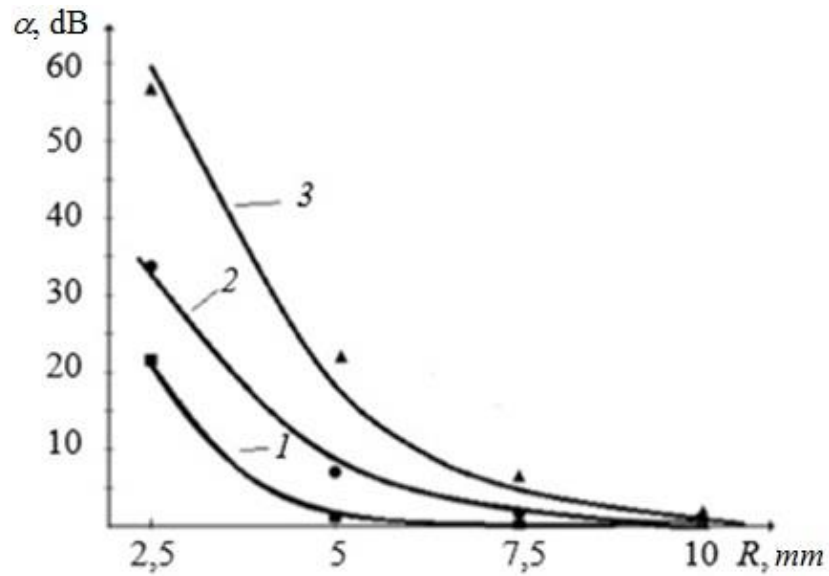
formalaşdırıcısı (F) 2,5-15 mm radiuslu makroəyilmələr yaratmağa imkan verir və ondan istifadə edərək dairə şəklində dolaqlar və bu dairənin qövsələrini yaradır.

Eksperimentin aparılması üçün istifadə olunan təcrübə qurğusu aşağıdakı kimi işləyir. Optik şüa mənbəyindən 1,0 mVt gücündə optik şüa optik lifə ötürülür. Optik şüanın dalğa uzunluğu 1310, 1490, 1550 və 1625 nm qiymətlərini ala bilər ki, bu da tədqiq olunan optik liflərin şəffaflıq pəncələrinə uyğundur (bu dalğa uzunluqlarında optik gücün ölçülməsi diapazonu uyğun olaraq $10^{-11} \div 10^{-2}$ Vt təşkil edir). OŞM-nin çıxışında optik gücün 1,0 mVt qiymətində optik şüanın gücünün qeyri-sabitliyi 0,005 dB-dən böyük qiymət almır. Optik lifin çıxışına optik şüa gücünü ölçən (OGÖ) ölçü cihazı qoşulmuşdur. Optik lif qırılmadan onun üzərində makroəyilmə formalaşdırıcısı yerləşdirilir. Təcrübə aparılan zaman optik lifin uzunluğu 2,0 m-ə bərabər seçilmişdir ki, bu da optik lifdə optik şüanın zəifləməsi makroəyilmə olmadıqda nəzərə almağa imkan verir.

Ölçmələr ISO/IEC 17025-2019 standartının tələblərinə uyğun olaraq eksperimentlər temperatur 20-25°C, nisbi rütubət 70%-ə qədər, atmosfer təzyiqi 975-1025 hPa olan ekoloji şəraitdə aparılmışdır. Sınaqların belə ekoloji şəraitdə aparılmasının əsas səbəbi odur ki, verilən ekoloji parametrlərdə optik lif yaratdığı zəifləmənin qitməti sabit qalır. Həmçinin, bu şəraitdə OŞM-nin dayanıqlığı və OGÖ cihazının həssaslığı sabit qalır.

Eksperimental tədqiqatın nəticələri və onların müzakirəsi. Optik lifin makroəyilməyə həssaslığını müəyyən etmək üçün α optik-lifdə optik şüanın zəifləməsinin R makroəyilmə radiusundan asılılığı analiz edilmişdir [12-14].

Şəkil 2.2-də bir tam dövr üçün $\lambda = 1490$ nm olduqda α -nın R -dən asılılıqlarını göstərir (1 - G 657; 2 - G 652; 3 - G 655).



Şəkil 2.2. Bir tam dövr üçün $\lambda = 1490$ nm olduqda α –nın R –dən asılılıqlarını λ –nin digər qiymətləri üçün asılılıqlar analogidir.

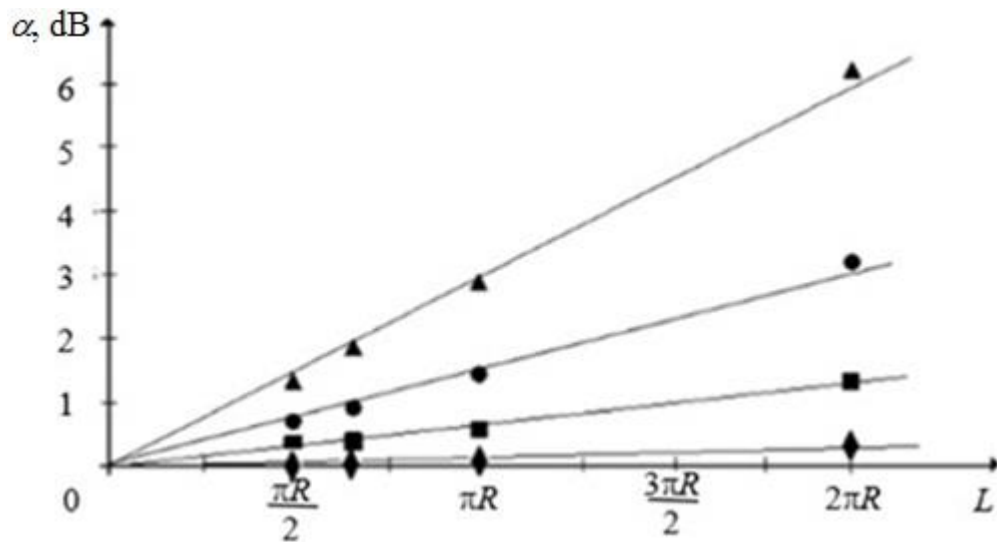
Cədvəl 2.1-də şəkil 2.2-də $R = 7,5$ mm-də qiymətində tədqiq edilmiş optik lif növləri üçün optik şüanın gücə görə zəifləməsinin qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 2.1. Tədqiq olunan optik liflərin parametrləri

Optik lif	Makroəyilmə zamanı optik şüanın verilmiş dalğa uzunluğunda gücə görə zəifləməsi (dB)			
	1310nm	1490nm	1550nm	1625nm
G652	0,5	2,0	2,6	5,5
G655	3,5	5,4	7,5	9,6
G657	0,2	0,5	1,2	3,3

Şəkil 2.2 və cədvəl 2.1-dən görüldüyü kimi, R –makroəyilmə radiusunun buraxıla bilən qiymətlərində G655 tipli optik lifin zəifləməsi ən böyük qiymətlərini alır. Buna görə də, optik-lifli sensor hazırlamaq üçün G655 tipli optik lif daha çox istifadə olunur.

Şəkil 2.3-də makroəyilmə radiusunun $R = 7,5$ mm sabit qiymətində optik şüanın zəifləməsinin müxtəlif dalğa uzunluqları üçün makroəyilmə qövsünün uzunluğundan L asılılığı göstərilir (\blacktriangle - $\lambda=1625$; \blacksquare - 1550; \bullet - 1490; \blacklozenge - 1310 nm).



Şəkil 2.3. Optik şüanın zəifləməsinin müxtəlif dalğa uzunluğundan asılılığı

Alınan nəticələr onu göstərir ki, optik lifin L –makroəyilmə qövsünün uzunluğunun artması optik şüanın zəifləməsinin artmasına səbəb olur, bu asılılıq xətti asılılığa yaxındır və aşağıdakı ifadə vasitəsi ilə təyin olunur:

$$\alpha = \frac{\Delta\alpha}{\Delta L} \cdot L. \quad (2.2)$$

Dalğa uzunluğunun artması $\Delta\alpha / \Delta L$ nisbətinin artmasına səbəb olur. Beləliklə, müxtəlif dalğa uzunluqları $\lambda = 1310\text{nm}$ üçün $\Delta\alpha / \Delta L = 0,01 \text{ dB/mm}$; 1490 nm üçün - $0,04 \text{ dB / mm}$; 1550 nm üçün - $0,10 \text{ dB / mm}$; 1625 nm üçün - $0,21 \text{ dB / mm}$ -ə bərabərdir. $R = 7,5\text{mm}$ və ya daha çox artması ilə bütün dalğa uzunluğunun λ qiymətləri üçün $\Delta\alpha / \Delta L$ –də azalma müşahidə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, $R = 8,0 \text{ mm}$ -də yalnız $\lambda = 1310\text{nm}$ üçün $\Delta\alpha / \Delta L = 0$ olur. makroəyilmə radiusu R –in daha da artması $\lambda = 1490\text{nm}$ üçün $\Delta\alpha / \Delta L = 0$, sonra isə 1550 nm və optik şüanın digər bütün dalğa uzunluqları üçün $R \geq 15 \text{ mm}$ qiymətində $\Delta\alpha / \Delta L = 0$ olmasına gətirib çıxarır. $R < 7,5\text{mm}$ -də $\Delta\alpha / \Delta L$ –də artım, λ –nin bütün qiymətləri üçün isə R –in azalması ilə müşahidə edilir.

$R < 2,5\text{mm}$ üçün $\Delta\alpha / \Delta L$ –nin qiyməti müəyyən edilməmişdir, çünki R –in belə qiymətləri üçün optik lifdə qırılma baş verə bilər. Qeyd edək ki, $R < 2,5\text{mm}$ və

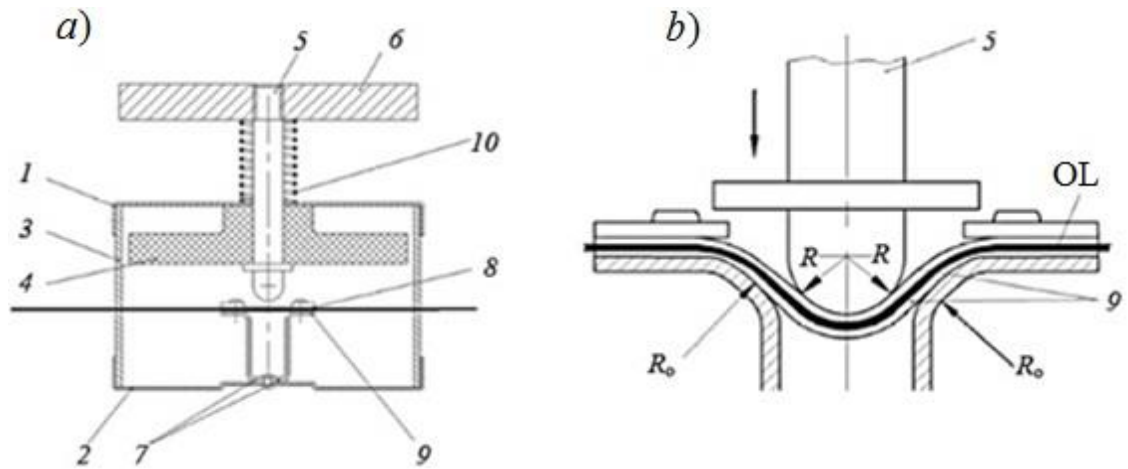
$L = 2\pi R$ –də $\lambda = 1625\text{nm}$ üçün makroəyilmədən yaranan zəifləmə kifayət qədər böyük olur ($\alpha > 90\text{dB}$). Cədvəl 2.2-də G655 markalı optik lif üçün 1550 nm dalğa uzunluğunun və makroəyilmə radiuslarının müxtəlif qiymətləri $\Delta\alpha / \Delta L$ nisbətinin əldə edilən qiymətlərini göstərir. Cədvəl 2.2-də R –nin azalması $\Delta\alpha / \Delta L$ nisbətinin artmasına səbəb olur.

Cədvəl 2.2. Optik lifin makroəyilmə parametrləri

R, mm	7.5	9.0	10.0
$\Delta\alpha / \Delta L, \text{dB/mm}$	0.07	0.06	0.02

İcazəsiz müdaxilə edən obyektin kütləsini təyin edən optik-lifli sensor.

Optik-lifli sensorun stuktur sxemi şəkil 2.4,a-da verilmişdir. Bu sensorun tərkibinə 1 – üst qapaq, 2 – alt qapaq, 3 – örtük, 4 – istiqamətləndirici, 5 – içlik, 6 – düymə, 7 – dayaq, 8 – çubuqdan, 9 – membranlar və 10 – yay daxildir [12-14,27,30].



Şəkil 2.4. Optik-lifli sensorun və makroəyilmə formalayıcısının stuktur sxemi

a) – optik-lifli sensorun quruluşu; b) – makroəyilmə formalayıcısının sxemi

Optik-lifli sensor aşağıdakı kimi işləyir.

Kütləsi m olan icazəsiz müdaxilə edən obyekt düyməni -6 basdıqda içliyin -5 yerdəyişməs baş verir. İçlik istiqamətləndiricidən -4 keçir və membranlara -9 sıxıcı təsir göstərir. Membranlar -9 arasında optik lif yerləşdirilir. Optik lifin yanlara sürüşməsinin qarşısını almaq və dairə qövsü şəklində makroəyilmə formalaşdırmaq

üçün membranlardan birində iki kiçik paralel istiqamətləndirici -4 diyircək yerləşdirilmişdir. Optik lif bu diyircəklər arasında yerləşdirilir. Belə yerləşdirilmə içliyin membrana təsiri zamanı optik lifin yan tərəfə sürüşməsinə imkan vermir və sıxılma dayandıqda optik lifin düzxətli şəkil almasına kömək edir. Həmçinin, çubuğun membranlara təsiri nəticəsində optik lifin makroəyilməsi formalaşır, onun R – radiusu çubuğun yuvarlaq ucunun radiusuna uyğun gəlir (şəkil 2.4,b). Membranlar optik liflə birlikdə dayaqalara bərkidilir. Dayaqalar arasındakı məsafə membrana təsir edən içliyin diametrinə bərabərdir. Dayaqaların kənarları $R_0 = 20$ mm radiuslu dairəvi qıf şəklində hazırlanmışdır. Radiusun bu qiyməti makroəyilmələrdə dayaqaların kənarlarında optik şüanın zəifləməsini aradan qaldırmağa imkan verir (şəkil 2.4,b). İçlikdə dayaqaların çiyinlərinə söykənərək içliyin hərəkətini məhdudlaşdıran dirəncdən istifadə olunur. Bu güclü təsir altında optik lifli membranların qırılmasının qarşısını almaq üçün lazımdır. İçliyin Δx – yerdəyişməsindən makroəyilmə qövsünün L – uzunluğu asılıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, içlik membrana təsir etmədikdə makroəyilmə qövsünün L – uzunluğu $L = 0$ olur. İcazəsiz müdaxilə edən obyekt optik-lifli sensorun düyməsinə təsir etdiyi zaman alınan makroəyilmə qövsünün L – uzunluğunun maksimum qiyməti πR – bərabər olur və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$L = 2R \arccos \left(1 - \frac{\Delta x}{R} \right). \quad (2.3)$$

İcazəsiz müdaxilə edən obyektin düyməyə təsiri altında içliyin Δx – yerdəyişməsi yayın k – sərtlik əmsalından və obyektin m – kütləsindən asılıdır:

$$\Delta x = mg / k, \quad (2.4)$$

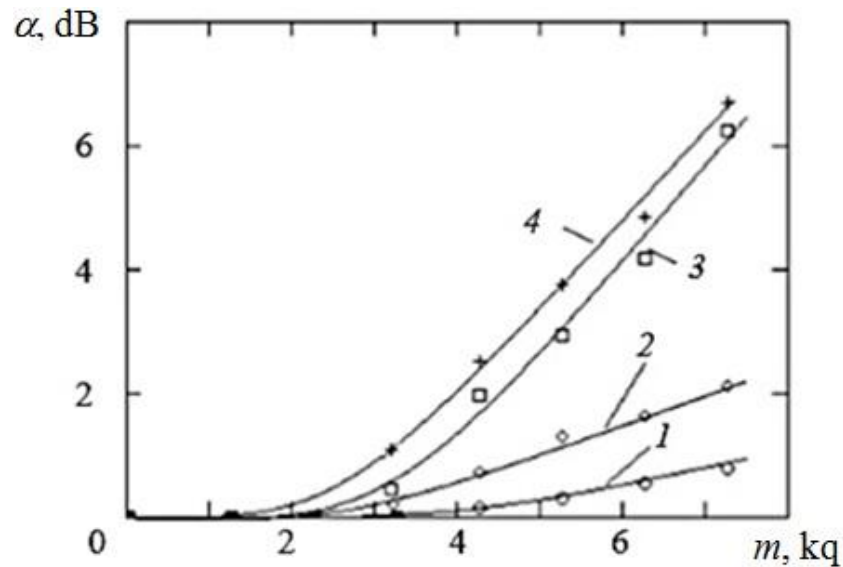
burada g – sərbəst düşmə təcildir.

Bu halda zəifləmənin yükün kütləsindən asılılığı aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\alpha = \frac{\Delta\alpha}{\Delta L} 2R \arccos\left(1 - \frac{mg}{kR}\right). \quad (2.5)$$

Beləliklə, optik şüünün zəifləməsi ilə kütlə arasındakı asılılıq tərs kosinus funksiyasıdır. (2.5) ifadəsi ilə təsvir olunan bu funksiya α ilə m arasındakı asılılığın xətti olmasına yaxın olduğu bir sahəyə malikdir.

Optik-lifli sensorun və yayın konstruksiyasından istifadə olunması dalğa uzunluqlarının 1 - $\lambda=1310$ nm; 2 - 1490 nm; 3 - 1550 nm; 4 - 1625 nm qiymətləri üçün zəifləmənin α sensorun düyməsinə təsir edən m kütləsindən eksperimental asılılığı alınmışdır (şəkil 2.5).



Şəkil 2.5. Optik lifin zəifləməsi ilə α ilə təsir edən kütlə m arasındakı asılılıq

İçliyin yuvarlaq ucunun radiusunun $R = 7,5$ mm qiymətində optik şüünün bütün tədqiq olunan dalğa uzunluqları üçün zəifləməni ölçmək mümkün olur. Alınmış asılılıqlardan görüldüyü kimi, düyməyə təsir edən kütlənin 3,3-dən 7,5 kq-a qədər diapazonda α - zəifləmənin m -dən asılılığı xətti qanunla dəyişməyə yaxındır. Optik-lifli sensora $m = 3,3$ kq kütlə təsir etdikdə içliyin yerdəyişməsi elə olmalıdır ki, makroəyilmə qövsünün uzunluğu optik şüünün kiçik zəifləməsini təmin etsin və optik şüünün gücünü ölçən cihazın xətası daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan versin.

Beləliklə, bu optik-lifli sensor obyektlərin kütləsini ölçmək üçün istifadə edilə bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, içliyin yerdəyişməsinin müəyyən diapazonunda α –nın Δx –dən asılılığı da xətti olur. Ona görə də, optik-lifli sensor işə başlamazdan əvvəl bu diapazonun Δx –minimum qiymətini təyin etmək lazımdır. Məsələn, bunun üçün düymənin kütləsini 3,3 kq artırmaq lazımdır və bu zaman optik-lifli sensor 0-dan 4,2 kq-a qədər olan kütləni ölçməyə imkan verir. Optik şüanın dalğa uzunluğunun artması optik-lifli sensorun həssaslığının artmasına səbəb olur. Optik-lifli sensorun həssaslığı Δx –nin qiymətinin gövdənin kütləsinin müvafiq dəyişməsinə Δm –ə nisbəti kimi təyin edilir. α –nın m –dən asılılığının xətti dəyişən sahəsi üçün ən yüksək həssaslıq dalğa uzunluğunun $\lambda = 1625 \text{ nm}$ qiymətinə uyğun olmaqla 1,4 dB/kq, ən kiçik həssaslıq dalğa uzunluğunun $\lambda = 1310 \text{ nm}$ qiymətində 0,2 dB/kq təşkil edir [12-14,27,31].

Beləliklə, optik lifin makroəyilməsi əsasında optik-lifli sensorun eksperimental tədqiqi həmin sensordan cisimlərin kütləsini ölçmək üçün istifadə edilməsinin mümkünlüyünü göstərdi.

Optik-lifli sensorun böyük kütləni ölçməsi üçün yay sərtliyini artırmaq lazımdır. Kütlənin tələb olunan ölçmə diapazonu üçün yay sərtliyini aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$k = \frac{m_{\max g}}{R}, \quad (2.6)$$

burada $m_{\max g}$ –maksimum kütlədir.

Aydınır ki, optik-lifli sensorun mexaniki hissəsinin digər konstruksiyaları da istifadə edilə bilər, bu da optik lifin makroəyilməsini təmin edən içliyin kütləyə mütənasib olaraq Δx qədər məsafəyə yerdəyişməsinə təmin edir.

Nəticə. Tədqiq olunan optik liflər arasında G655-in makroəyilmələrə qarşı ən yüksək həssas olması eksperiment yolu ilə müəyyən edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, makroəyilmə radiusunun sabit qiymətində makroəyilmə qövsünün uzunluğunun

artması optik lifdə optik şüanın zəifləməsinin artmasına səbəb olur. Bu asılılıq makroəyilmə qövsünün uzunluğunun $0 \div \pi R$ diapazonunda xətti dəyişməyə yaxındır.

2.3. Optik-lifli şaxələndiricilərin işini xarakterizə edən parametrlərin

tədqiqi

Optik-lifli şaxələndiricilərin (OLŞ) iş prinsipi iki qonşu OL-lərin özəkləri arasındakı dar zolaqda sahənin fasiləsiz konsentrasiyasına əsaslanır. Bu halda onlar arasında yaranan əlaqənin müəyyənləşdirməsi zəruriyyəti meydana gəlir. Ona görə də, bütün OLŞ-lər əsasən üç parametrlə xarakterizə olunur [12-14,27,31]:

Keçid sönməsi. Bu OLŞ-nin çıxışlarından hər hansı birində alınan optik gücün bütün çıxışlarda alınan ümumi gücə olan nisbəti ilə xarakterizə olunur:

$$a_{ks} = 10 \log \left(\frac{P_{çix}}{P_{çix\Sigma}} \right), \text{dB} \quad (2.7)$$

İzafi itki. Bu parametr girişdəki ümumi gücün çıxışda alınan ümumi gücə olan nisbəti ilə xarakterizə olunur:

$$a_{ii} = 10 \log \left(\frac{P_{gir\Sigma}}{P_{çix\Sigma}} \right), \text{dB} \quad (2.8)$$

İzolyasiya) parametri. Bu parametr bir OLŞ-nin girişində olan gücün qiymətinin ikinci OLŞ-sinin çıxışından əks olunan gücün qiymətinə olan nisbətinin onluq loqarifmi ilə təyin olunur:

$$k_{iz} = 10 \lg \left(\frac{P_{gir1}}{P_{çix2}} \right), \text{dB} \quad (2.9)$$

burada OLŞ-nin çıxışından əks olunan gücün qiyməti az olmalıdır.

Müasir dövrdə izafi itkinin qiyməti 0,5 dB-dən az, izolyasiyanın qiyməti isə 50

dB-dən çox olan OLS-lər hazırlanır. Bu da əks olunan dalğanın gücünü ölçən zaman onlardan istifadə etməyə imkan verir ki, bu da məsələn, optik reflektometrlə (OTDR) itkini ölçən zaman istifadə edilir (OTDR - optik zaman-impuls reflektometri (Optical Time Domain Reflectometr)).

OLS-nin başqa keyfiyyət göstəricisi kimi onun OL üzrə yayılan modun xarakteristikasından və ya modun polyarizasiya vəziyyətindən asılı olmamasını göstərmək olar. Göstərilən keyfiyyət göstəriciləri ilə yanaşı OLS-lərin aşağıdakı parametrlərindən də istifadə olunur [6-8,27,31].

Veriliş əmsalı. Bu parametr giriş qütblərinin hər hansı birinə daxil olub, çıxış qütblərinin birindən çıxan OŞ-nın gücünün itməsini təyin edir:

$$k_{ot}(i, j) = -10 \lg(P_{i,j} / P_j). \quad (2.10)$$

İstiqamətləndirmə əmsalı. Bu parametrlə OLS-nin çıxış qütblərinə daxil olan OŞ-nın gücünün keyfiyyəti, yəni bir giriş qütbündən əks olunaraq o biri giriş qütbünə daxil olan faydasız siqnalın hansı gücə malik olduğu təyin edilir:

$$k_{ist}(i, j) = 10 \lg(P_{i,j} \cdot P_j). \quad (2.11)$$

OLS-lərdə baş verən itki. Bu parametr gücün çıxış qütbləri arasında paylanmasını göstərir. Güc çıxış qütbləri arasında bərabər paylandıqda itkinin qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\alpha_{it} = -10 \lg(1 / n). \quad (2.12)$$

Əks olunan siqnalın səpələnməsindən alınan itki. Bu parametr girişdəki siqnal qütbə ötürülən zaman həmin qütbün çıxışında alınan siqnalın gücünün səviyyəsini təyin edir:

$$k_s(i, j) = 10 \lg(P_{i,j} / P_i).$$

İzafi itkinin tam qiyməti. Bu parametrlər çıxış qütblərinin hamısındakı güclərin giriş qütblərindən birində olan gücə nisbəti ilə xarakterizə olunur:

$$k_{izittam} = -10 \lg(\sum P_{i,j} / P_i). \quad (2.13)$$

Beləliklə, OTS-lərində istifadə olunan OLŞ-lər OLRX-lərində OŞ-nın gücünün paylanması həyata keçirir. Ona görə də, çıxışda alınan gücün qiyməti optik kanaldan hər bir OLŞ-yə ayrılan ümumi gücün qiymətindən asılıdır. Əlavə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, izafi itki (α_{ii}) konnektorla (birləşdirici qurğularla), OLŞ-lərin birləşdikləri yerlərdəki calaq itkiləri (α_{cal}) hesabına ümumi gücün qiymətinin azalmasına səbəb olur.

Paylanan gücün qiyməti OLŞ-nin bölmə əmsalı ilə təyin edilir:

$$K_{şax} = P_{gir} / P_{çixi}, \quad (2.14)$$

bu parametrlər ümumi itkinin qiymətini təyin etməyə imkan verir.

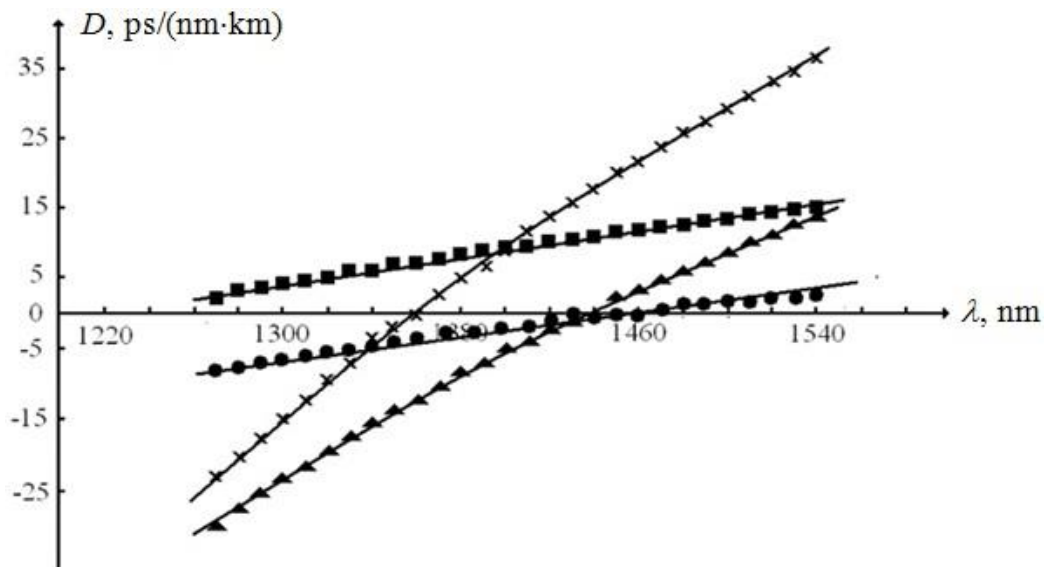
$$\alpha_{üm} = \alpha_{izit} - 10 \lg k_{qb} + 2\alpha_{qoş}, \quad (2.15)$$

burada $\alpha_{qoş}$ – giriş və çıxış avadanlıqlarının qoşulma yerlərində yaranan güc itkisini göstərir.

2.4. Makroəyilmə diametrinin oplif lifin xromatik dispersiyasına təsirinin tədqiqi

Oplif lifin xromatik dispersiyasını müəyyənləşdirmək üçün modullaşdırılmış optik şüanın fazasını dəyişmək üçün istifadə edilən optik lifin makroəyilmələrinin diametrlərini təyin etmək lazımdır. Bununla yanaşı eyni diametrlili optik lifin bir neçə dolaqlarının fazalarını da dəyişdirmək üçün istifadə etmək imkanı yaranır. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində optik lifin müəyyən diametrlili makroəyilmə halında optik

liflərin D – xromatik dispersiya əmsalının optik şüanın dalğa uzunluğundan asılılıqları qurulmuşdur ki, bu asılılıqlar da şəkil 2.6-da göstərilmişdir [6-8].



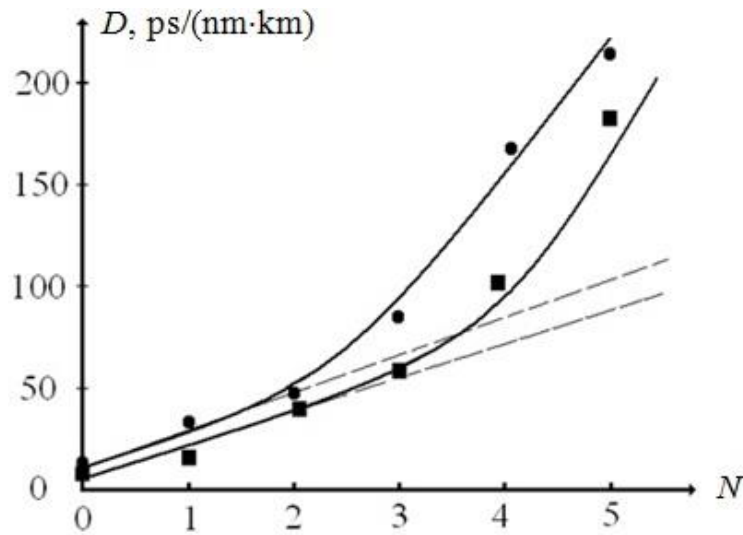
Şəkil 2.6. Optik lifin xromatik dispersiya əmsalının dalğa uzunluğundan asılılığı

● – G657 sarğısız; ■ – G657 bir sarğı ilə; ▲ – G652 sarğısız; × – G652 bir sarğı ilə.

Nəticələr makroəyilmə diametri $d_s=5$ mm olan hal üçün əldə edilmişdir. Alınan nəticələrdən görüldüyü kimi makroəyilmənin olması tədqiq olunan optik liflərin OL bütün markaları üçün xromatik dispersiya əmsalının artmasına gətirib çıxarır. Qeyd edək ki, bu effekt $d_s \leq 7$ mm-də özünü göstərməyə başlayır. Optik şüanın dalğa uzunluğunun artması makroəyilmə olan və makroəyilmə olmayan halda əldə edilən xromatik dispersiya əmsalları arasındakı fərqi Δ -nın artmasına səbəb olur.

D – xromatik dispersiya əmsalının dəyişməsinin Δ – nin ən kiçik qiyməti tədqiq olunan diapazonun ilkin $\lambda = 1270$ nm dalğa uzunluğuna, ən böyük qiyməti isə son $\lambda = 1540$ nm dalğa uzunluğuna uyğun gəlir. Beləliklə, G652 markalı optik lif üçün xromatik dispersiya əmsalının dəyişməsinin ən kiçik fərqi $\Delta=3$ ps/(nm·km), G 657 markalı optik lif üçün isə $\Delta=8$ ps/(nm·km)-ə bərabər olur. G652 markalı optik lif üçün xromatik dispersiya əmsalının dəyişməsinin ən böyük fərqi G652 markalı optik lif üçün $\Delta=23$ ps/(nm·km) və G 657 markalı optik lif üçün $\Delta=14$ ps/(nm·km) olmuşdur [29]. Bu, optik liflərin tədqiq olunan markalarının müxtəlif daxili strukturlara malik

olması və nüvənin və örtüklərin müxtəlif sındırma əmsallarına malik olması ilə bağlıdır. Ona görə də, müxtəlif dalğa uzunluqlu optik şüalar üçün makroəyilmə əmələ gəldikdə tədqiq edilmiş optik lif markalarının xromatik dispersiyası müxtəlif cür dəyişir. Bu, makroəyilmə olan halda dalğa uzunluğunun dəyişməsi baş verir ki, bu halda $D=0$. Makroəyilmə olan halda G652 markalı optik lif üçün dalğa uzunluğunun dəyişməsi $\lambda = 1360 \text{ nm}$ -dən $\lambda = 1460 \text{ nm}$ -ə qədər dəyişir. G657 markalı optik lif üçün $d_s=5 \text{ mm}$ -lik makroəyilmə baş verdikdə tədqiq olunan dalğa uzunluğu diapazonunda λ_0 olmur. Qeyd edək ki, G657 markalı optik lif üçün makroəyilmə olmadıqda $\lambda_0 = 1460 \text{ nm}$ -ə bərabər olur. Beləliklə, təsdiq edilir ki, makroəyilmə baş verdikdə və optik lif örtüyünə daxil olan optik şüanın faizini artırır və bu da xromatik dispersiyanın artmasına səbəb olur. Makroəyilmə olan halda optik lifin dispersiyasının dikliyinin orta qiymətinin artmasına səbəb olur. Beləliklə, makroəyilmə olan halda G652.A markalı optik lif üçün $S_{or} = 0,08 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ qiymətini və $d_s=5 \text{ mm}$ olan makroəyilmə olan halda isə $S_{or} = 0,14 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ -ə bərabər olur. G652.D markalı optik lif üçün, $d_s=5 \text{ mm}$ olan makroəyilmə olan halda $S_{or} = 0,03 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ və makroəyilmə olmayan halda $S_{or} = 0,05 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ qiymətini alır. G652 markalı optik liflə müqayisədə G657 markalı optik lifin makroəyilmələrə daha az həssas olduğu üçün makroəyilmə diametrinin S_{or} – qiymətindən daha az asılılığa malikdir [6-8,21,24]. Makroəyilmə dolaqlarının sayının artması xromatik dispersiyanın qiymətinin artmasına səbəb olur [29]. Bunu şəkil 2.7-də göstərilən xromatik dispersiyanın makroəyilmə dolaqlarının sayından asılılığı da təsdiqləyir.



Şəkil 2.7. Optik lifin xromatik dispersiyasının diametri 5mm olan dolaqların sayından asılılığı

■ –G657D markalı optik lif; ● –G652A markalı optik lif

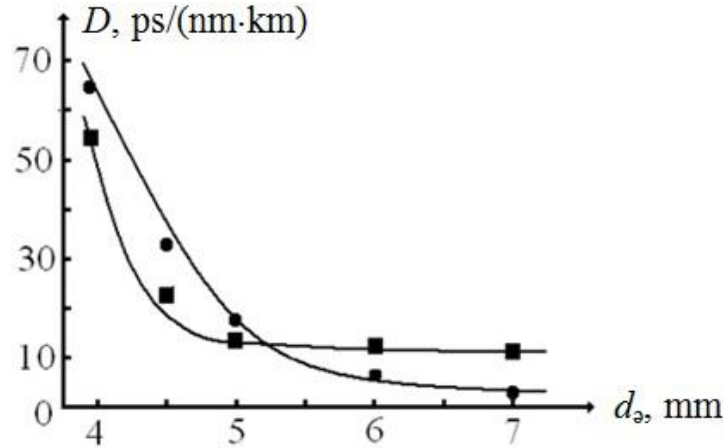
Şəkil 2.7-də təqdim olunan verilənlər 1540 nm dalğa uzunluqlu optik şüa üçün alınmışdır. Bu dalğa uzunluğunun belə seçilməsi Δ -nın ən böyük qiymət alması ilə bağlıdır. Verilmiş asılılığın xarakteri dolaqların sayının artması optik lifin o hissəsinin uzunluğunun artması ilə təyin edilir ki, bu zaman nüvənin və örtüyün sınma göstəriciləri makroəyilmə olmadığı haldan daha çox olur. Qeyd edək ki, optik lifin tədqiq edilmiş markaları üçün iki ayrı xətti sahə kimi təqdim edilə bilən asılılıqlar müşahidə edilmişdir (şəkil 2.7). Birinci xətti sahə dolaqların sayı 0-dan 3-ə qədər dəyişdikdə, ikinci xətti sahə üçün dolaqların sayı 3-dən 5-ə qədər dəyişdikdə müşahidə olunur. Dolaqların sayının daha da artması optik lifdə optik şüanın zəifləməsinin kəskin artmasına və xromatik dispersiya əmsalının ölçülməsinin mümkünsüzlüyünə səbəb olur. Birinci xətti sahəsi üçün D -nin makroəyilmə dolaqlarının N sayından asılılığının dispersiyanın qiymətinin dəyişməsinin ΔD optik lifin uzunluğunun Δl dəyişməsinə nisbəti makroəyilmə dolaqlarının dəyişmə həddi daxilində G657D markalı optik lif üçün $\Delta D / \Delta l = 0,6 \cdot 10^6$ ps/(nm·km²) və G652A optik lifi üçün $\Delta D / \Delta l = 0,6 \cdot 10^6$ ps/(nm·km²) təşkil edir [6-8,21,24].

İkinci xətti sahə üçün $\Delta D / \Delta l$ nisbəti aşağıdakı qiymətləri alır:

G652.A üçün $\Delta D / \Delta l = 2,8 \cdot 10^6$ ps/(nm·km²);

G657.D lifi üçün $\Delta D / \Delta l = 2,0 \cdot 10^6$ ps/(nm·km²) [19].

Şəkil 2.8-də xromatik dispersiyanın qiymətinin optik lifin makroəyilməsinin diametrindən asılılığı verilmişdir.



Şəkil 2.8. Xromatik dispersiyanın optik lifin makroəyilməsinin diametrindən asılılığı;

■ – G6562 markalı optik lif; ● – G657 markalı optik lif

Əldə edilən nəticələrdən görüldüyü kimi, makroəyilmə diametrinin azalması tədqiqlənən optik liflərin bütün markaları üçün xromatik dispersiyanın artmasına səbəb olur. D -nin d_s -dən alınmış asılılıqları eksponensial funksiya ilə kifayət qədər yaxşı təsvir edilir. $d_s > 6$ mm qiymətində G657.D markalı optik lif üçün D -xromatik dispersiya əmsalı G652.A markalı optik liflə müqayisədə kiçik qiymət alır. Həmçinin, makroəyilmənin diametrinin bu qiymətlərində G657.D markalı optik lif üçün G652.A markalı optik lifə nisbətən D -nin d_s -dən daha zəif asılılığı müşahidə edilir. Bununla belə, $d_s < 6$ mm-də G657.D markalı optik lif üçün D -nin qiyməti G6562.A markalı optik lifdən daha böyükdür. Eyni zamanda G6562.A markalı optik lifə nəzərən G657.D markalı optik lif üçün D -nin d_s -dən daha güclü asılıdır.

Beləliklə, aparılan araşdırmalara əsasən belə nəticəyə gəlmək olar ki, şifrələmə açarını ötürmək üçün 6,0 mm; 5,0 mm; 4,5 mm; 4,0 mm makroəyilmə diametrli G657D markalı optik lifdən istifadə etmək daha yaxşıdır. Müəyyən edilmişdir ki, modullaşdırılmış optik şüa selinin faza dəyişməsinə eyni diametrli bir neçə sarğı

yaratmaqla əldə etmək olar. Optik lif üzrə şifrələmə açarını ötürmək üçün sarğılardan sayını 1; 2; 3; 4 ədəd istifadə etmək yaxşıdır və bu zaman sarğının diametri 5 mm olmalıdır. Bu halda G.652A və G.657D markalı optik liflərdən istifadə edilə bilər.

Eyni zamanda, G.657D markalı optik lif G.6562A markalı optik lifdən D-nin d-dən asılılığı daha güclüdür.

Optik-lifli şaxələndiricilərin / aşırıcıların tədqiqi aparılmış, onların əsas parametrləri sistemləşdirilmiş, optik şüanın istiqamətinin dəyişdirilməsinə qoyulan tələblər müəyyənləşdirilmişdir. Bununla yanaşı makroəyilmə diametrinin oplif lifin xromatik dispersiyasına təsirinin tədqiqi əsasında makroəyilmələrinin diametrləri təyin edilmişdir.

Beləliklə, makroəyilmə diametrinin oplif lifin xromatik dispersiyasına təsirinin tədqiqi əsasında makroəyilmə diametrinin buraxıla bilən dəyişmə həddi təyin edilmişdir. Aparılan araşdırmalara əsasən belə nəticəyə gəlmək olar ki, optik şüanı ötürmək üçün 6,0 mm; 5,0 mm; 4,5 mm; 4,0 mm makroəyilmə diametrli G657D markalı optik lifdən istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

Zəhra Bəhəddin qızı Əliyeva

Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən optik təhlükəsizlik sisteminin işlənməsi

**[OBYEKT LƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN OPTİK-LİFLİ
SİSTEMLƏRİN KOMPONENTLƏRİNİN TƏDQIQI]**

MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – “Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika

mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Çoxkanallı telekommunikasiya sistemləri”

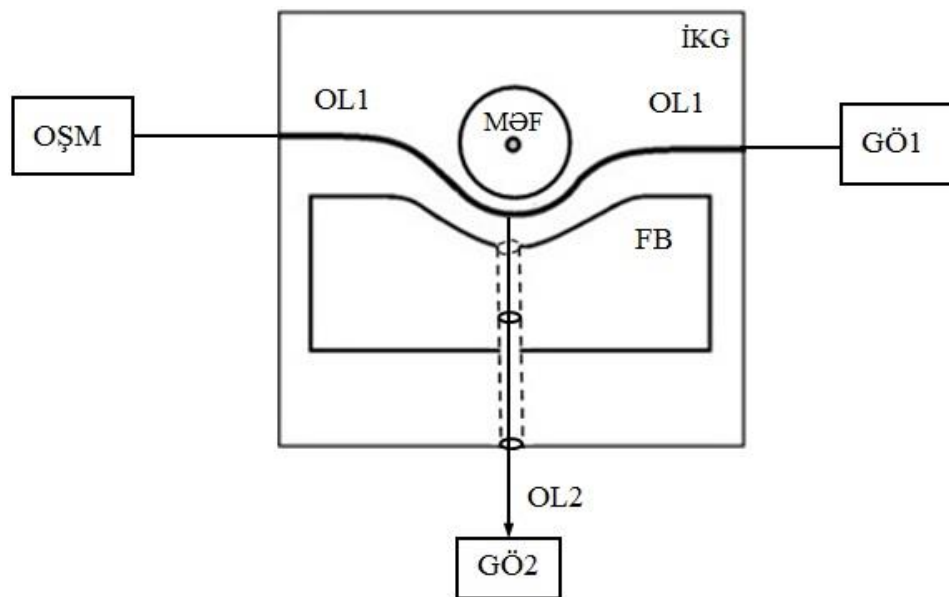
Elmi rəhbər:

t.e.d., prof. T.M. Mansurov

BAKI – 2023
III FƏSİL. OBYEKTŁƏRİN PERİMETRLƏRİNƏ NƏZARƏT EDƏN
OPTİK TƏHLÜKƏSİZLİK SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ

3.1. Optik lifin makroəyilmə parametrlərinin eksperimental tədqiqi

Optik rabitə kabellərinin əsas elementlərindən biri optik cəhətdən dielektrik materialdan silindirik formada hazırlanmış optik lifdir. Optik-lifli rabitə xətlərinin istismarı prosesində müxtəlif səbəblərdən optik liflərin müəyyən bucaq altında əyilməsi baş verir. Buna görə də, optik liflərin müəyyən bucaq altında əyilməsi nəticəsində optik şüanın intensivliyinin optik lifin özək və örtüyündən kənara çıxması prosesini eksperimental tədqiq etmək lazımdır. Bununla əlaqədar optik lifin makroəyilməsi prosesini yerinə yetirən makroəyilmə formalayıcısı istifadə etməklə eksperimental tədqiqat qurğunun struktur sxemi şəkil 3.1-də verilmişdir [3-6,12-14].



Şəkil 3.1. Optik lifin makroəyilmə parametrlərini təyin edən eksperimental qurğunun struktur sxemi

OŞM – optik şüa mənbəyi; GÖ1, GÖ2 – güc ölçənlər; F - makroəyilmə formalayıcısı;
 FB – optik şüanı fokuslama bloku; OL1, OL2 – optik liflər; İKG – işıqkeçirməyən gövdə.

İstifadə olunan eksperimental qurğu optik şüa mənbəyindən (OŞM), iki güc ölçəndən (GÖ1) və (GÖ2), makroəyilmə formalayıcısından MƏF, şaxələndirilən

optik şüanın fokuslama blokundan FB, birinci və ikinci optik liflərdən (OL1) və (OL2) və işıqkeçirməyən gövdədən İKG ibarətdir [6-8,21,24].

Optik şüa mənbəyi OŞM optik güc ölçən GÖ1 ilə birinci optik lif OL1 vasitəsi ilə birləşdirilmişdir. Birinci optik lifdə OL1-də makroəyilmə formalayıcısı MƏF vasitəsilə müxtəlif diametrlə d_0 makroəyilmələr yaradılır. Makroəyilmə sahəsində birinci optik lif OL1-in səthindən şaxələndirilən optik şüanı ikinci optik lifə OL2-yə yönəltmək üçün fokuslama blokundan FB-dən istifadə edilir. Fokuslama bloku FB-in çıxışı ikinci optik lif OL vasitəsilə ikinci güc ölçənin GÖ2-nin girişinə qoşulur. Makroəyilmə formalayıcısı MƏF, fokuslama bloku FB və OL1 və OL2 optik liflərinin bir hissəsi işıq keçirməyən gövdədə İKG yerləşdirilmişdir.

Optik lifin makroəyilmə parametrlərini təyin edən eksperimental qurğu vasitəsi ilə eksperimental tədqiqatlar aşağıdakı kimi aparılmışdır.

Müəyyən verilmiş gücə malik optik şüa mənbəyinin OŞM-nin çıxışından optik şüa birinci optik lifə OL1-ə yönəldilir. Makroəyilmə formalayıcısının MƏF-in köməyi ilə birinci optik lifdə OL1-də makroəyilmə yaradılır. Nəticədə optik şüanın bir hissəsi makroəyilmə sahəsində optik lifdən OL1-dən şaxələndirilir. Optik şüanın digər hissəsi birinci optik lif OL1 vasitəsilə birinci güc ölçənə GÖ1-ə ötürülür. Birinci optik lifin OL1-in çıxışında birinci güc ölçən GÖ1 vasitəsilə optik şüanın gücü ölçülür. Makroəyilmə sahəsində birinci optik lifdən OL1-dən şaxələndirilən optik şüanın bir hissəsi fokuslama bloku FB tərəfindən fokuslanaraq ikinci optik lifə OL2-yə yönəldilir. İkinci optik lifin OL2-in çıxışından optik şüa ikinci gücölçənə GÖ2 daxil olur. İkinci güc ölçən GÖ2 vasitəsilə ikinci optik lifin OL2-nin çıxışında optik şüanın gücü ölçülür. Optik şüa mənbəyi OŞM dalğa uzunluqları 650, 850, 1310, 1490, 1550 və 1625 nm və gücü 1,0 mVt olan optik şüa formalaşdırır. Bu dalğa uzunluqlarından optik liflərin zədələmələri olan halda ölçmələr aparılması zamanı istifadə olunur və həmin ölçmələrin nəticələrinin ötürülməsi optik lif vasitəsilə həyata keçirilir. Makroəyilmə formalayıcısı MƏF makroəyilmə diametri 2,5÷50 mm diapazonunda dəyişən, birinci optik lifdə OL1-də müxtəlif diametrlə d_0 makroəyilmələr yaradır. Bu makroəyilmə diapazonu ona görə seçilmişdir ki, makroəyilmə diametrinin d_0 -nin makroəyilmə diametrindən böyük qiymətlərində

tədqiq olunan dalğa uzunluqlarında birinci optik lif OL1 üzrə ötürülən optik şüanın şaxələndirilməsi baş vermir. Makroəyilmə diametrinin verilmiş diapazondan kiçik qiymətlərində isə birinci optik lifin OL1 sıradan çıxması prosesi baş verir.

Makroəyilmə yaratdıqda malik optik lifin zəifləmə əmsalı α aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\alpha = 10 \lg \left(\frac{P_{gir}}{P_{çix}} \right), \quad (2.8)$$

burada P_{gir} – optik lifin girişində optik şüanın gücü; $P_{çix}$ – optik lifin çıxışında optik şüanın gücüdür.

Makroəyilmə formalayıcısı vasitəsi ilə makroəyilmənin formalaşdırılması nəticəsində daxil edilən zəifləmə əmsalının α qiymətinin dəyişməsinə $\Delta\alpha$ təyin etmək üçün aşağıdakı ifadədən istifadə olunur:

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0, \quad (2.9)$$

burada α_0 – makroəyilmə olmayan halda optik lifin zəifləmə əmsalıdır.

Optik lifin parametrlərini, o cümlədən optik lifin makroəyilmə radiusundan asılı olaraq şaxələndirilən optik şüanın intensivliyinin veriliş prosesinə təsirini təyin etmək üçün eksperimental qurğu vasitəsi ilə aparılmış eksperimentlər nəticəsində optik lifin makroəyilmə diametrinin 2,5÷50 mm buraxıla bilən hədd daxilində dəyişməsi müəyyənləşdirilmişdir. Beləliklə, optik lifin makroəyilmə radiusundan asılı olaraq şaxələndirilən optik şüanın intensivliyinin veriliş prosesinə təsirini təyin etməklə icazəsiz müdaxilənin olub-olmamasını müəyyənləşdirmək mümkündür.

3.2. Obyektlərin perimetrələrinə nəzarət edən optik təhlükəsizlik sisteminin işlənməsi

Hal-hazırda optik lifin makroəyilmə radiusunun dəyişməsi zamanı

şaxələndirilən optik şüanın intensivliyindən asılı olaraq perimetr boyunca nəzarət olunan obyektə müxtəlif zonalardan icazəsiz müdaxilə zamanı həyəcan signalını formalaşdırmaqla və müdaxilə yerini təyin etməklə obyektin perimetrinə nəzarət edən çoxsaylı icazəsiz müdaxilələrin lokallaşdırılmasına imkan verən çoxzonalı optik-lifli sistemin işlənilib hazırlanması aktual məsələlərdən biridir. Belə bir sistemin işlənməsi həm də onun funksional imkanlarının genişləndirilməsinə imkan verəcəkdir [6-8,21,24].

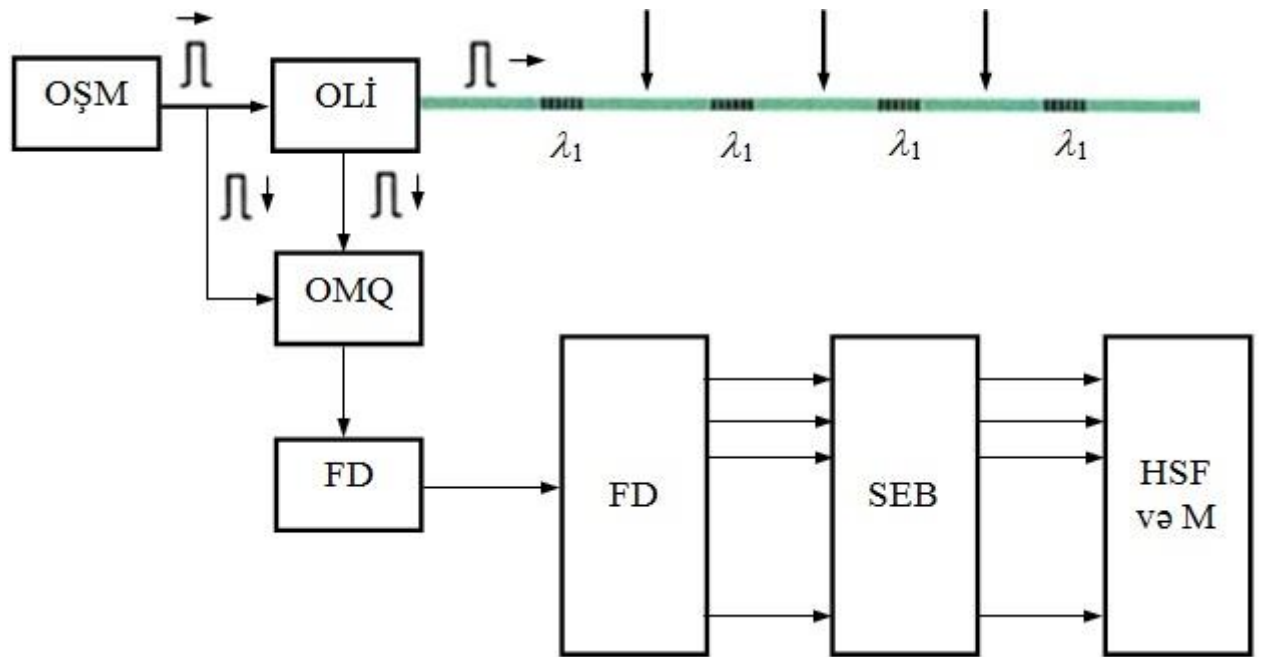
3.2.1. Breqq qəfəsi əsasında qeydiyyat üsulu

Birmodlu optik lifin özəyində əks etdirici Breqq qəfəsi eksimer lazerin (ultrabənövşəyi qaz lazerinin başqa bir növü) müvafiq maska vasitəsilə ultrabənövşəyi şüalanma ilə və ya holoqrafik üsulla (iki interferensiya olunan təsiri) yaradıla bilər [6-8,21,24,29].

1899-cu ildə fransız fizikləri Şarl Fabri və Alfred Pero ilk dəfə çox şüalı interferometr kimi bir-birindən kiçik məsafədə yerləşən iki qismən gümüşü şüşə lövhədən istifadə etməyi təklif etdilər (Fabri-Perot standartı). Belə bir interferometr spektral ölçmələrin həllini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa imkan verdi.

İki qəfəs arasında optik lifin kəsiyi Fabri-Pero interferometrini təşkil edir, onun əks olunması (və ötürülməsi) birinci və ikinci qəfələrdən əks olunan optik signalın optik faza fərqiindən asılıdır. Optik lifin deformasiya olunması və akustik rəqslərin təsiri altında ötürülən və əks olunan optik şüanın faza fərqi dəyişir.

İnterferometrik sensorlar xarici amillərin təsiri altında optik lifin ayrı-ayrı kəsiyinin uzunluğunun dəyişməsinə qarşı yüksək həssaslığa malikdir. Bir dalğa uzunluqlu qəfələrə malik optik-lifli sensorlu optik təhlükəsizlik sisteminin struktur sxemi şəkil 3.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.2. Bir dalğa uzunluqlu qəfəslərə malik və zamana görə demultipleksləməyə əsaslanan optik-lifli sensorlu optik təhlükəsizlik sisteminin struktur sxemi

Optik şüa mənbəyi kimi impuls rejimində işləyən bir tezlikli birmodlu yarımkeçirici lazerdən istifadə olunur. Qəfəslər sisteminin hər bir qəfəsindən impulslar fərqli zaman gecikmələri ilə əks olunur.

Hər bir sahədən daxil olan siqnalları ayırmaq üçün zamana görə multipleksləmədən və siqnalın demodulyasiyası üçün isə sinxron detektləmədən istifadə olunur ki, bununla əlaqədar sxemdə əlavə faza modulyatorundan istifadə olunur. Optik gecikmə xətti zamana görə sürüşdürülmüş impulslar seriyasını formalaşdırır ki, bunlardan hər biri optik lifin müvafiq sahəsindən əks olunan impulslarla interferensiya olunur.

Belə optik-lifli təhlükəsizlik sistemlərinin real tətbiqi tətbiqi zamanı həlledici rolu üstü örtülməmiş optik liflə müqayisədə optik lifin həssaslığının 30 dB artırılmasını təmin edən optik lifin örtüyünün materialı oynayır. Hal-hazırda akustik dalğanın müxtəlif materiallarla qarşılıqlı təsirini qiymətləndirmək üçün riyazi modelin qurulması üzrə analitik işlər aparılır və örtüyün materialından asılı olaraq optik lifin akustik təzyiqlə həssaslığının artırılması üçün eksperimental tədqiqatlar aparılır.

3.3. Optik-lifli kabeli obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemi

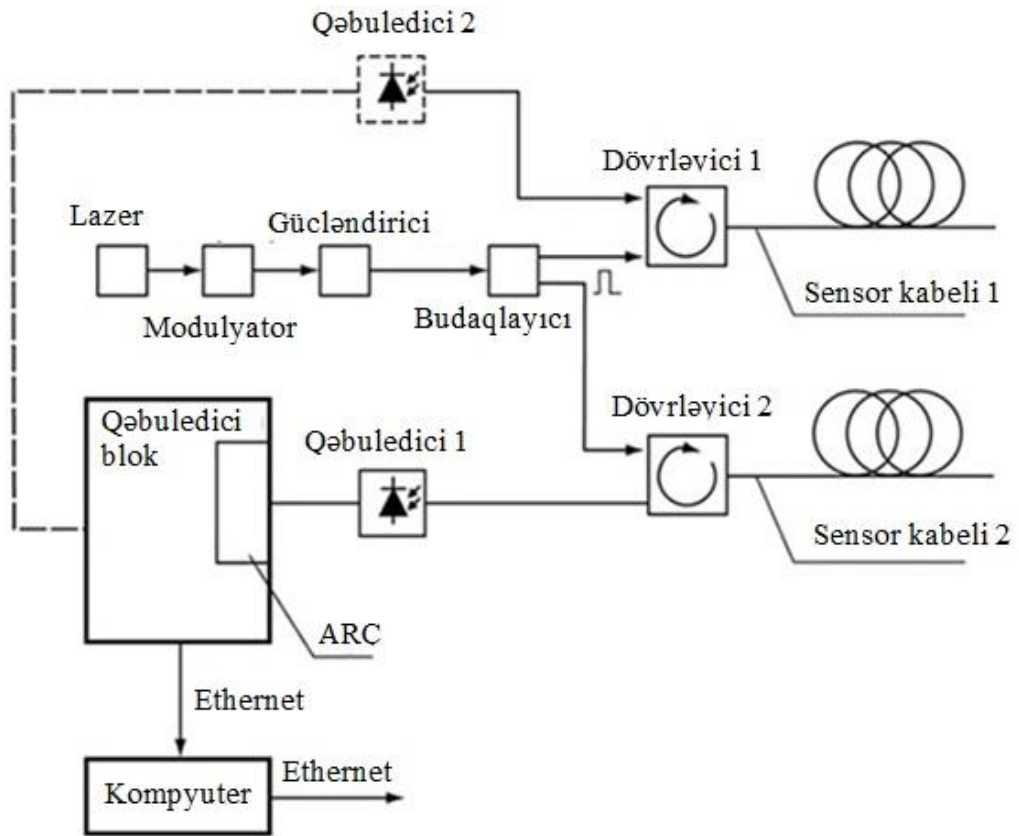
Optik-lifli kabelli perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemi obyektin perimetrini mühafizə etmək, həmçinin baş verən vibrasiyanı və mühafizə olunan obyektin (obyektlərin) perimetrinin bütövlüyünün real vaxt rejimində davamlı monitorinqi, qeydiyyatı və vizual nümayişi zamanı istifadə olunur.

Bu təhlükəsizlik sisteminin yerinə yetirdiyi əsas funksiyalar aşağıdakılardır:

- icazəsiz müdaxilələrin aşkar edilməsi, müdaxilələrin növünün müəyyən edilməsi, optik-lifli kabelin vəziyyətinin vizuallaşdırılması;
- mühafizə zonalarının təşkili, dəyişdirilməsi və konfigurasiyasının müəyyənləşdirilməsi;
- yüksək səviyyəli təhlükəsizlik sistemləri ilə inteqrasiya olunma qabiliyyəti;
- baş verən müdaxilələrin qeydiyyatının aparılması;
- operatorun ekranında göstərilməsi ilə nasazlıqların ətraflı qeydiyyatının aparılması;
- optik-lifli kabelin qırılma yerinin dəqiq lokallaşdırılması;
- vibrasiya qarşı optik-lifli sensorun yüksək həssaslığı;
- kənardan elektrik enerjisinə və optik-lifli vibrasiya sensorunun xüsusi texniki xidmətə ehtiyacının olmaması;
- yüksək stabillik və səs-küyə qarşı dayanıqlı olması;
- qabaqcıl lazer texnologiyalarının və siqnalların emal alqoritmlərinin istifadəsi;
- quraşdırma prosesinin asan olması və yüksək texniki xidmət göstərməsi.

3.4. Optik-lifli kabelli obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sisteminin strukturu

Optik-lifli kabellərlə obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemi kompüterdən blokundan və verici qurğudan ibarətdir (şəkil 3.3).



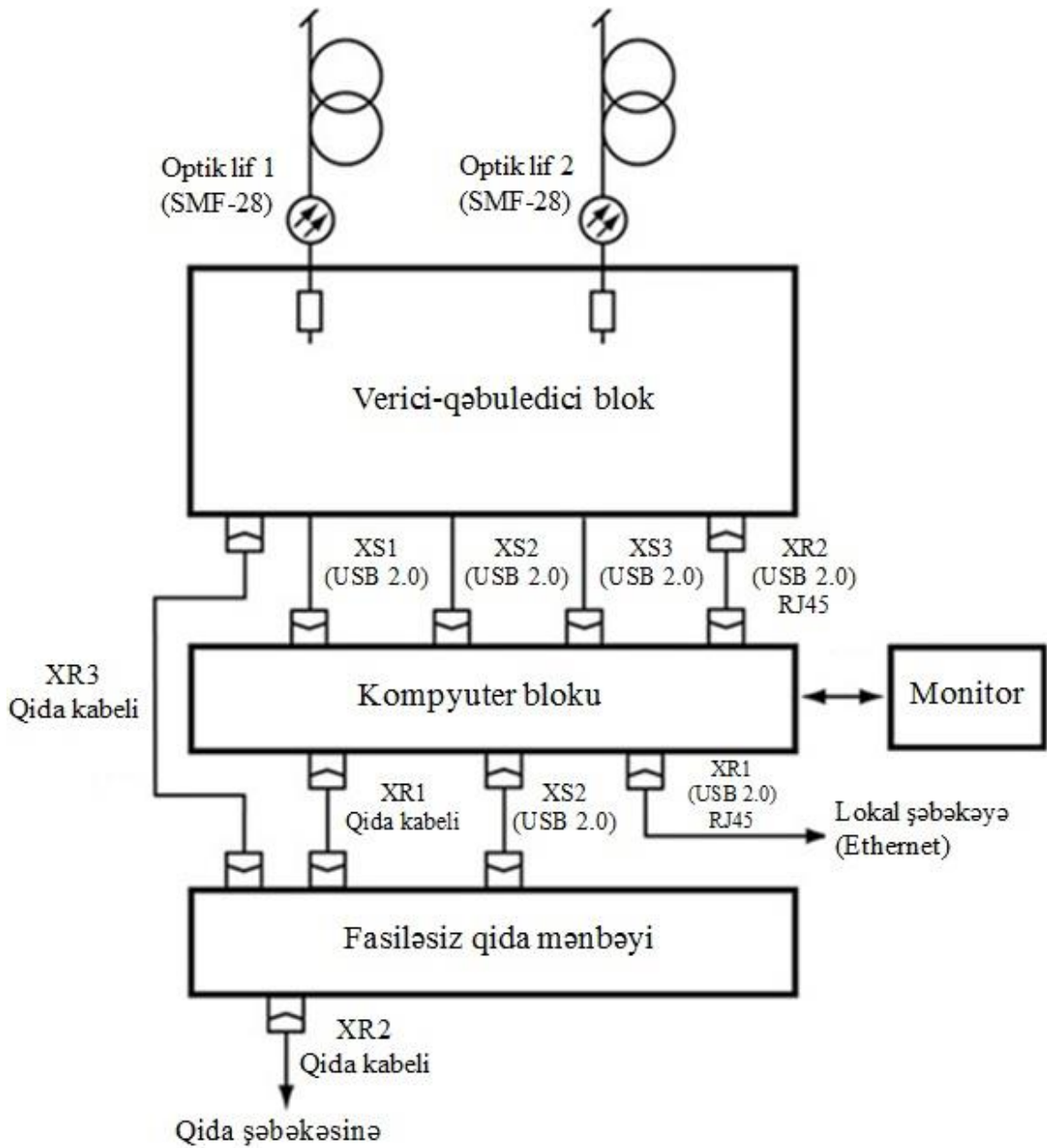
Şəkil 3.3. Optik-lifli kabelli obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sisteminin struktur sxemi

3.4.1. Optik lifli kabelli perimetr təhlükəsizlik sisteminin iş prinsipi

Optik-lifli kabellərdə obyektin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemi iş prinsipinə görə reflektometrik sistemlər sinfinə aiddir və iş prinsipi aşağıdakı kimidir.

Mühafizə olunan obyektin (obyektlərin) perimetri boyunca çəkilmiş sensor rolunu oynayan optik-lifli kabel 1,0 kHs-dən 11 kHs-ə qədər tezlikdə mühafizə olunan obyektin perimetrin uzunluğuna uyğun gələn tezliklə 1,55 mkm dalğa uzunluğunda qısa şüa impulsları ilə fasiləsiz olaraq yoxlanılır. Şüa impulsu optik şüanın ötürülməsinə xidmət edən kvars şüşəsinin qeyri-həmcins mühitindən Relif paylanma funksiyası əsasında əks olunur. Beləliklə, optik şüa qeyri-həmcins mühitdən əks olunaraq eyni optik-lifli kabel vasitəsi ilə geri qaydır, burada fotoqəbuledici tərəfindən detektə olunur. Işıq sürəti ilə geri qayıdan şüa impulsunun gecikmə vaxtı keçilən yolun uzunluğu ilə əlaqəli olduğundan, müdaxilə sahəsinə

qədər olan məsafəni təyin etməyə imkan verir (şəkil 3.4).



Şəkil. 3.4. Optik kabellərdə perimetr təhlükəsizlik sisteminin qoşulma sxemi

Optik-lifli kabeldən daxil olan optik siqnal bir fotodioddan istifadə edərək qəbul edilir, gücləndirilir, rəqəmsallaşdırılır və kompüter bölməsinin proqram təminatı ilə təhlil edilir. Siqnal süzgəclərdən istifadə etməklə əvvəlcədən işlənir və sonra neyron şəbəkələri də daxil olmaqla alqoritmlərindən istifadə etməklə təhlil edilir.

Xarici təsirə məruz qaldıqda, optik-lifli kabelli perimetr təhlükəsizlik sistemi

müdaxilə yeri haqqında məlumatları ətraflı qeyd edir və təxminən 10 saniyədən sonra neyroalqoritmdən istifadə edərək alınan məlumatları təhlil edir. Belə bir emal mexanizmi müdaxiləni növünü dərhal təsnif etməyə imkan vermir, lakin siqnalı düzgün qeyd etməyə imkan verir.

3.4.2. Təhlükəsizlik sistemi ilə nəzarət olunan obyektin perimetrinin təhlükəsizlik zonalarına bölünməsi

Qorunan perimetrin ayrı zonalara bölünməsi iki mərhələdə həyata keçirilir:

1. Birinci mərhələdə qorunan obyektlərə və onların subyektlərinə uyğun məntiqi zonalar ayrılır. Məsələn, “anbar boyunca bölmə”, “yolla kəsişmə”, “hasar” və s. Məntiqi zonalara bölünərkən, relyefin xüsusiyyətlərini, basdırılma dərinliyini, torpağın kateqoriyalarını və həssaslığa təsir edən digər amilləri nəzərə almaq lazım deyildir.

İlkin işə salınma zamanı birinci kanalda fiziki və məntiqi zonalar eyni nömrələrə malikdir və ikinci kanalda, standart olaraq məntiqi zonanın nömrəsi fiziki zona nömrəsindən 1000 ədəd çoxdur. Zonaların nömrələnməsi birdən başlayaraq ardıcıl olaraq davam etdirilir.

2. İkinci mərhələdə məntiqi zonalar mövcud fiziki zonalardan ibarətdir. Fiziki zonalar, proqramın müxtəlif şərtlərdə optik-lifli kabelin çəkilmə xüsusiyyətlərinə daha adekvat uyğunlaşmasına kömək etmək üçün lazımdır. Bundan əlavə, məntiqi zonaya mövcud digər məntiqi zonalarda yerləşən əlaqəsi olmayan fiziki zonalar da daxil ola bilər. Təsvir edilən yanaşma artıq konfigurasiya edilmiş zona parametrlərindən çevik istifadəyə imkan verir.

Məntiqi zonalara bölmə fiziki olanların üstündə aparılır. 1-dən 13-ə qədər fiziki zonalar hələ də optik-lifli kabelə bağlıdır. Məntiqi zonalar fiziki zonaları birləşdirir: L1 - "Zavod perimetri", L2 - "anbar və zavod arasındakı sahə", L3 "anbarların perimetri".

NƏTİCƏ

Beləliklə, müxtəlif qeydiyyat üsullarına əsaslanan obyektin perimetrinə nəzarət edən mövcud təhlükəsizlik sistemlərinin təqdim olunan icmalı əsasında belə nəticəyə gəlmək olar ki, optik-lifli sensor kabelləri təhlükəsizlik sistemlərində geniş istifadə olunur. Belə sistemlərin əsas xüsusiyyəti sensorların elektromaqnit şüalanmasına və elektrik təsirlərinə davamlı olmasıdır.

Bununla yanaşı optik-lifli sensorların, sistemlərin bütün üstünlüklərinə baxmayaraq modlararası müdaxilənin qeydiyyatı, ləkə nümunəsinin qeydiyyatı və ya interferensiya üsulları əsasında qurulan təhlükəsizlik sistemlərinin bir sıra üstünlük və çatışmazlıqları mövcuddur:

1. Modlararası müdaxilənin qeydiyyatı, ləkə nümunəsinin qeydiyyatı və ya interferensiya üsulları əsasında qurulan sistemlər perimetrin yumşaq və ya bərk hasarda, yeraltı və ya su sərhədlərində eyni vaxtda mühafizəsini təmin edir. Eyni zamanda, belə bir universal sistemin inkişafı onun qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, müştərilərə belə bir sistemin quraşdırılması və istifadəsini seçmək hüququnu saxlamağa imkan verir, həmçinin zəruri hallarda onun istifadə şərtlərini dəyişdirməyə imkan verir.

2. Bir sıra üstünlüklərə malik olmasına və yeraltı təhlükəsizlik sistemlərinin obyektlərin perimetrlərinin mühafizəsi baxımından ən perspektivə malik olmasına, iddia edilən müdaxilələrdən məxfiliyin təmin olması ilə yanaşı belə bir sistemdə müdaxilənin gizlədilməsi və ya yanlış signal verilməsi və ondan yan keçmək hər hansı bir şəkildə mümkünsüzdür

3. Yeraltı sistemlərin quraşdırılmasının son dərəcə mürəkkəb və baha başa gələn prosesdir, çünki sistemlər bir xətt üzrə çəkilmir, ərazi üzrə paylanır və bir neçə ayrı elementlərdən ibarətdir.

4. MDL təhlükəsizlik sistemi istisna olunmaqla obyektin perimetrinə icazəsiz müdaxilə faktının qeydə alınması ilə yanaşı müdaxilə yerinin dəqiq qeydə alınmaması imkanın olmaması (MDL təhlükəsizlik sistemi baha başa gəlir və hasarın metal tor şəklində quraşdırılmasını tələb edir və qorunan ərazilərin böyük perimetrlərində həmişə tətbiq oluna bilmir).

5. Breqq qafəsli obyektlərin perimetrinə nəzarət edən təhlükəsizlik sistemləri yuxarıda göstərilən çatışmazlıqların əksəriyyətindən azaddır və bütün parametrlərinə görə mövcud analoqların əksəriyyətini üstələyir. Eyni zamanda bu sistemin yeraltı sistem kimi istifadəsi böyük maraq doğurur ki, bu da mühafizə zonasına düşən bütün obyektlərin gizli müşahidəsinə, həmçinin çoxsəviyyəli mühafizə sistemlərinin yaradılmasına imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Mansurov, T.M. Optik telekommunikasiya sistemlərinin elmi problemləri. Ali məktəblər üçün dərslik / T.M. Mansurov, İ.R. Qulakov, A.O. Zeneviç. -Bakı: AzTU, 2021. -336s.
2. Mansurov, T.M. Optik istiqamətləndirici sistemlər və OLRX-lərinin passiv komponentləri. Ali məktəblər üçün dərslik / T.M. Mansurov, C.Ə. Əliyev, N.S. Salmanov. -Bakı: Təhsil NPM, 2013. -578s.
3. Elnur Mansurov, Səməd Səfərov. Optik-lifli sensorların təsnifatı və analizi / Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri, müstəqil Azərbaycan dövlətinin qurucusu və görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransın materialları. -Bakı, AzTU, 2023. -5s.
4. Tofiq Mansurov, Zəhra Əliyeva. Optik-lifli şaxələndiricilərin istifadə olunma sahələri / Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri, müstəqil Azərbaycan dövlətinin qurucusu və görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransın materialları. –Bakı, AzTU, 2023. -5s.
5. Tofiq Mansurov, Nigar Qədimova. Obyektlərin perimetrlərinə nəzarət edən mövcud optik-lifli sistemlərin analizi / Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri, müstəqil Azərbaycan dövlətinin qurucusu və görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransın materialları. -Bakı, AzTU, 2023. -5s.
6. Optik-lifli şaxələndirici / T.M.Mansurov, A.O.Zeneviç, İ.A.Məmmədov, Y.V.Novikov, E.T.Mansurov / Azərbaycan Respublikasının Əqli Mülkiyyət Agentliyinin Rəsmi bülleteni, №10 (iddia sənədi a2020 0062). -Bakı, 2021. –s.5.
7. AC CCCP № 1318972, МКИ G02 B 27/10, 1987.
8. AC CCCP № 1091731, МКИ G 02 B 6/00, 1992.

9. Гулаков, И.Р. Компоненты волоконно-оптических линий связи / И.Р. Гулаков, А.О. Зеневич, Т.М. Мансуров. -Минск, БГАС, 2020. -336с.
10. Куликов, Л.В., Игнатъев, А.В. Обзор волоконно-оптических систем охраны периметра // Научно-технический журнал «Алгоритм безопасности». -СПб., 2010, №4. -с.56-61.
11. Шербина, В.И., Русанов, Ю.А. Волоконно-оптические технологии в системах видеонаблюдения и охраны периметра // Научно-технический журнал «Алгоритм безопасности». -СПб., 2004, №4. -с.74-77.
12. Василевский, Г.В. Влияние микроизгиба оптического волокна на величину хроматической дисперсии / Г.В. Василевский, А.О. Зеневич, А.А. Лагутик, Т.М. Мансуров, Е.В. Новиков / Научный журнал «Проблемы инфокоммуникаций». -Минск, БГАС, 2019. - № 1(9). -с.5-10.
13. Зеневич А.О. Оптическое волокно как основа для создания датчиков идентификации жидкостей и определения концентрации растворов / Т.М. Мансуров, Т.Г. Коваленко, Е.В. Новиков, С.В. Жданович, Т.А. Матковская. -СПб: СПбГУ ИТМО, Изв. вузов «Приборостроение», 2022. Т. 65, № 12. -с. 895-901.
14. Василевский, Г.В. Использование макроизгиба оптического волокна как основы для создания датчика массы / А.О. Зеневич, С.В. Жданович, Т.М. Лукашик, А.А. Лагутик. -СПб: СПбГУ ИТМО, Изв. вузов «Приборостроение», 2020. - Т. 63, № 10. -с. 930-937.
15. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети. -М.: Эко-Тренз, 2001. - 267 с.
16. Садыков И.Р. и др. Волоконно-оптический рефрактометрический датчик // Труды МАИ. 2012. № 61. -с. 1-10.
17. Гордиенко, В.Н. Оптические телекоммуникационные системы / В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов, Р.М. Шарафутдинов. -М.: Горячая Линия - Телеком, 2011. -370 с.
18. Бутусов, М.М. Волоконно-оптические системы передачи / Бутусов М.М., Верник С.М., Галкин С.Л., Гомзин В.Н. -М.: Радио и связь, 1992. -416с.

19. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман. -М.: Техносфера, 2004. -496 с.

20. Бутусов М. М., Галкин С. Л., Оробинский С. П., Пал Б. П. Волоконная оптика и приборостроение. Л.: Машиностроение, 1987. 328 с.

21. Мурашкина Т. И., Савочкина М. М. Волоконно-оптический датчик гидростатического давления для резервуаров с нефтепродуктами // Тр. Междунар. симп. «Надежность и качество». 2016. Т. 2. С. 349-350.

22. Бурдышева О. В., Шолгин Е. С. Волоконно-оптический датчик вибрации // Специальный выпуск «ФОТОН-ЭКСПРЕСС-НАУКА 2019», 2019. № 6. С. 52-53.

23. Куликов А. В., Игнатъев А. В. Обзор волоконно-оптических систем охраны периметра // Алгоритмы безопасности. 2010. № 4. С. 56-61.

24. Дмитриев А.В., Красивская М.И., Юрин А.И. Исследование волоконно-оптических датчиков с внешней модуляцией // Датчики и системы. 2013. № 5(168). С. 34-37.

25. Пат. РФ 2509994, МПК G01L11/02. Волоконно-оптическое устройство измерения давления / В. И. Пустовой, И. Г. Лихачев. 2014.

26. Василевский Г. В., Зеневич А. О., Лагутик А. А, Лукашик Т. М., Новиков Е. В. Исследование характеристик отраженного излучения в оптическом волокне как основы для создания волоконно-оптических датчиков // Зв'язок. 2019. № 1. С. 40-44.

27. Василевский Г. В., Зеневич А. О., Лагутик А. А, Лукашик Т. М., Новиков Е. В., Жданович Г. В. Датчик обнаружения проникновения на основе макроизгиба одномодового оптического волокна // Весшк сувязг 2020. № 1(159). С. 56-59.

28. Ушаков А. О., Рахимов Н. Р. Исследование оптоэлектронного метода и разработка первичных преобразователей амплитудных датчиков ускорения // Итерэкспо Гео-Сибирь. 2011. Т. 5, № 1. С. 1-5.

29. Шилова И.В. Многоэлементный волоконно-оптический датчик избыточного давления // Вестн. Белорусско-Российского университета. 2012. №

4(37). С. 116-124.

30. Зеневич А. О. Обнаружители утечки информации из оптического волокна. Мн.: Белорусская государственная академия связи, 2019. 280 с.

31. Liu X. et al. Identical dual-wavelength fiber Bragg gratings // *Journal of lightwave technology*. 2007. V. 25. № 9. pp. 2706-2710.

32. Ren L. et al. Design and experimental study on FBG hoop-strain sensor in pipeline monitoring // *Optical fiber technology*. 2014. Vol. 20, N 1. P. 15-23.

33. Li L. et al. Design of an enhanced sensitivity FBG strain sensor and application in highway bridge engineering // *Photonic Sensors*. 2014. Vol. 4, N 2. P. 162-167.

34. Chen W. et al. Performance assessment of FBG temperature sensors for laser ablation of tumors // *IEEE Internathional Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*. 2015. P. 324-328.

35. Mamidi V. R. et al. Fiber Bragg Grating-based high temperature sensor and its low cost interrogation system with enhanced resolution // *Optica Applicata*. 2014. Vol. 44, N. 2. P. 299-308.