

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası  
İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

---

*Əlyazmalar hüququnda*

**İSRAİL MEHDİ OĞLU MƏMMƏDOV**

**OPTİK İNFORMASIYA VERİLİŞ SİSTEMLƏRİNİN  
İŞLƏMƏ EFFEKTİVLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ  
ÜSULLARININ ANALİZİ VƏ TƏDQIQI**

3338.01-Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi

**Texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru alimlik dərəcəsi almaq  
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

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

**BAKI - 2014**

Dissertasiya işi Gəncə Texnologiya Universitetində yerinə  
yetirilmişdir

**Elmi rəhbərlər:**

Texnika elmləri doktoru, professor **B. Q. İbrahimov**

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **T.Q. Məlikov**

**Rəsmi opponətlər:**

Texnika elmləri doktoru, professor **N.F. Musayeva**

Texnika elmləri namizədi, dosent **M.H.Həsənov**

**Aparıcı müəssisə:** Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının  
“Avtomatika, telemexaika və elektronika” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi “12” dekabr 2014-cü ildə saat 15-də  
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İdarəetmə Sistemləri  
İnstitutunun D 01.121 Dissertasiya Sovetinin iclasında olacaqdır.

Ünvan: AZ1141, Bakı F. Ağayev küçəsi, 9.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan MEA İdarəetmə Sistemləri  
İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “08” noyabr 2014-cü il tarixdə göndərilmişdir.

D 01.121 Dissertasiya Şurasının  
elmi katibi, r.ü.f.d. , dos.

**Ə.B.PAŞAYEV**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı:** Çoxxidmətli telekommunikasiya şəbəkələrin intensiv inkişafı, optik-lifli rabitə xətlərin (OLRX) və optik-lifli veriliş sistemlərin (OLVS) bazasında informasiyanın emalı sistemlərinin işləmə keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün yüksək buraxma qabiliyyətinə malik olan paylanmış optik informasiya veriliş sistemlərinin yaradılmasını tələb edir.

Optik informasiya veriliş sisteminin keyfiyyətli işləməsi, optik-lifli veriliş sistemin parametrlərindən, optik vasitələrdən və istənilən növ məlumatın praktiki olaraq istənilən məsafəyə ən yüksək sürətlə ötürülməsi üçün lazım olan OLRX, kanalların dalğa uzunluğuna görə bölünməsi texnologiyasından, həmçinin optik-lifli kabelin (OLK) ötürücülük xarakteristikasından asılıdır.

Belə məsələlərin həllində ən çox diqqət WDM/DWDM və HDWDM (Wavelength Division Multiplexing/Dense WDM&High Dense WDM) texnologiyalarından istifadə etməklə effektiv optik informasiya veriliş sistemlərinin (OİVS) yaradılmasına yönəldilmişdir. Bu isə telekommunikasiyada, informasiyanın emalı sistemlərində və çoxxidmətli şəbəkələrin idarə olunmasında mühüm rol oynayır.

Optik-lifli rabitə sistemlərin (OLRS) bazasında qurulmuş OİVS ənənəvi elektrik rabitə sistemlərindən əsaslı fərqi-informasiya daşıyıcısı kimi infraqırmızı işıq dalğasından istifadə olunmasıdır. Bu zaman optik signalın dalğa uzunluğu  $\lambda_i = (0,85, \dots, 1,55) \mu\text{m}$ , tezlik zolağı isə  $\Delta F = (10^{14}, \dots, 10^{16}) \text{ Hz}$  intervalında olur.

Beləliklə, baxılan iş optik signalın dalğa uzunluğuna görə multipleksləmə texnologiyalarından istifadə etməklə optik informasiya veriliş sisteminin effektivliyinin yüksəldilməsi üsullarının tədqiq edilməsi kimi aktual məsələnin həllinə həsr olunur.

**Dissertasiya işinin məqsədi** - Dissertasiya işinin əsas məqsədi şəbəkə optik spektral texnologiyalarından istifadə etməklə OİVS effektivliyinin yüksəldilməsi üsullarının araşdırılması və tədqiqidir.

**Tədqiqat obyekt** – optik qəbuledici modulu (OQM), optik-lifli kablərdən (OLK) və verici modullarından (OVM) istifadə etməklə, optik-lifli rabitə xətlərinin texniki vasitələri və optik veriliş sistemləri sayılır. **Tədqiqatın predmeti isə** - optik informasiyanın veriliş sistemlərinin işləmə keyfiyyətinin yüksəldilməsi üsulları və vasitələridir.

Baxılan məsələlərin həlli üçün dissertasiya işində aşağıdakı məsələlər qarşıya qoyulmuş və həll edilmişdir:

- optik-lifli kabelin ötürücülük xarakteristikaları nəzərə alınmaqla OİVS effektivliyinin analizi;
- WDM texnologiyası bazasında yüksəksürətli optik informasiya veriliş sisteminin effektivlik göstəricisinin qiymətləndirilməsi metodunun işlənilib hazırlanması;
- WDM şəbəkə texnologiyalarından istifadə edilməsi zamanı OLRX monitoring sisteminin effektivliyinin tədqiqi;
- optik gücləndiricilərindən istifadə etməklə optik informasiya veriliş sistemlərinin göstəricilərinin yaxşılaşdırılması üsullarının tədqiqi;
- optik siqnalın dalğa uzunluğuna görə spektral texnologiyalardan istifadə etməklə, optik informasiya veriliş sistemlərinin işləmə effektivliyinin artırılması üsullarının işlənilib hazırlanması;
- manə mənbələrinin təsiri nəzərə alınmaqla, optik informasiya verilişlərinin doğruluğunun artırılması üsullarının işlənməsi.

**Problemin vəziyyəti və tədqiqat məsələləri.** MDB və digər başqa xarici ölkələrin çoxlu sayda alimləri OİVS effektivliyinin yüksəldilməsi problemi və texniki təminatı ilə yaxından məşğul olmuşlar. Bunlar arasında aşağıdakıları qeyd etmək olar: D.Markuze, D.Quera, A. Xaseqavi, F.Tapperta, Q.Xausa, Q. Aqravala, A. Proxorova, E. Dianova, .B.Alekseyevə, E.W.Laedke, İ.Gabitov, Q.A. Xausa B.Q. İbrahimov v.s. Aparılmış tədqiqatlarda optik informasiya mübadilə üçün nəzərdə tutulmuş optik kanallardan qurulmuş optik informasiya veriliş sistemlərinin effektivliyinin yüksəldilməsi üsullarına kifayət qədər diqqət yetirilməmişdir.

**Tədqiqatın metodları.** Qarşıya qoyulan məsələnin həll edilməsi üçün sistemli analiz metodlarından, qeyri-xətti optika nəzəriyyəsindən, elektrik rabitə nəzəriyyəsindən, differensial və inteqral hesabi nəzəriyyəsindən, informasiyanın paylanması nəzəriyyəsindən və etibarlılıq nəzəriyyəsindən istifadə olunmuşdur.

#### **İşin elmi yenilikləri:**

- 1.Optik–lifli kabellərin ötürücülük xarakteristikası nəzərə alınmaqla, optik informasiya veriliş sistemlərinin effektivliyinə təsir edən kanalın buraxma zolağı və dispersiyanın qiymətləndirməyə imkan verən, OLRX parametrlərinin hesablanması metodikası işlənilib hazırlanmışdır;
- 2.Optik siqnalın dalğa uzunluğuna və sıxlığına görə spektral multipleksləmə texnologiyaları bazasında, tezliyə görə fərqlənən rabitə kanallarından istifadə etməklə, optik veriliş sistemlərinin keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılması metodu təklif olunmuşdur. İşlənmiş

metodun əsasında isə alınan analitik ifadələrin köməyi ilə optik informasiya veriliş sistemlərinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi;

**3.**Rəqəmli regeneratorlardan istifadə edilərkən, OİVS maneəyədavamlılığını yüksəltmək üçün yeni üsul hazırlanmış və onun əsasında isə optik siqnalların qəbulu zamanı bitə görə orta səhv ehtimalını qiymətini təyin etmək mümkün olmuşdur;

**4.** Optik-lifli veriliş sistemlərin qəbuledicinin maneəyədavamlılığının yüksəldilməsi üsulu təklif olunmuş və OLRX-nin örürücülük xarakteristikası nəzərə alınmaqla, optik informasiya veriliş sistemlərində avtomatik monitoring sisteminin effektivliyinin yüksəldilməsi vasitələri hazırlanmışdır;

#### **Müdafiəyə çıxarılan əsas məsələlər:**

–müasir texnologiyalardan istifadə etməklə, kompleks OQM, OVM və OLK-bazasında optik informasiya veriliş sistemlərinin işləmə effektivliyinin artırılması metodlarının praktiki və nəzəri tədqiqinin nəticələri;

–WDM texnologiyası bazasında yüksək sürətli optik informasiya veriliş sistemlərinin effektivlik göstəricilərinin hesablanması üsulu;

–Optik-lifli kablərin ötürücülük xarakteristikası və optik informasiya veriliş sistemlərinin effektivliyinə təsir edən parametrləri nəzərə alınmaqla OLRX – nin göstəricilərinin hesabının nəticələri;

–OLVS işləmə alqoritmi nəzərə alınmaqla və gücləndiricilərdən istifadə etməklə optik sistemlərin effektivlik hesabının nəticələri;

–Dalğa uzunluğuna və sıxlığına görə spektral mutipleksləmə texnologiyalarından istifadə etməklə, optik informasiya veriliş sistemlərin işləmə effektivliyinin yüksəldilməsinin metodlarının işlənilməsi;

–Optik texnologiyalardan istifadə etməklə, optik siqnalların qəbulu zamanı OİVS maneəyədavamlılığının yüksəldilməsi üsulu və onların hesabının nəticələri;

**Alınmış nəticələrin dürüstlüyü.** Dissertasiyada elmi müddəala - rın və alınmış elmi nəticələrin doğruluğu, korrektli riyazi nəticələrlə, optik informasiya veriliş sistemlərinin xarakteristikalarının kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinin çox saylı hesablarının nəticələri ilə təsdiq olunur.

**Praktiki əhəmiyyəti.** Dissertasiya işində alınmış nəticələrin praktiki əhəmiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

●OVM, OQM və OLRX bazasında optik informasiya veriliş sisteminin struktur-funksional sxemləri işlənilib hazırlanmışdır.

●OLK ötürücülük xarakteristikaları nəzərə alınmaqla OLRX parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün analitik ifadələr alınmış, sönmənin və dispersiyanın optik informasiya veriliş sisteminin keyfiyyətinə göstəricilərinə təsiri təyin edilmişdir.

●Optik gücləndiricilərdən istifadə etməklə optik informasiya veriliş sisteminin göstəriciləri analiz edilmiş və yeni struktur-funksional sxemi təklif olunmuşdur.

●Optoelektron rabitə kanalının çıxışında siqnal/maneə nisbəti və qəbulda isə bitə görə səhv ehtimalının qiymətləndirilməsi metodu işlənilib hazırlanmışdır.

●Sistemin OVM, OQM və OLK bazasında optik siqnalın qəbulu zamanı OİVS maneəyədavamlılığını təmin etmək üçün poroq qurğusu və həlledici sxemlər işlənilib hazırlanmışdır.

●Reflektometr metodu ilə OLVS –də şəbəkə monitorinqin və diaqnostikanın həlli sxemi işlənib təklif olunmuşdur.

### **Dissertasiya işin nəticələrinin realizasiyası və onun tətbiqi.**

Azərbaycan Texnologiya Universitetində təsərrüfat və dövlət büdcəli elmi işlər yerinə yetirilən zaman aparılan nəzəri tədqiqatların əsas göstəricilərindən və praktiki nəticələrdən istifadə olunmuşdur. Dissertasiya işi aşağıdakı sahələrdə öz tətbiqini tapmışdır:

–Azərbaycan Respublikası Rabitə və İnformasiya Texnologiyaları Nazirliyinin Gəncə telekommunikasiya idarəsində şəhərlərarası və beynəlxalq avtomatik telefon stansiyasında. Bu işin tətbiqi ilə iqtisadi effekt orta hesabla ildə 16,172 min manat (2009-10 -cu ilin qiymət səviyyəsində) təşkil edir;

–Azərbaycan Texnologiya Universitetinin “Telekommunikasiya və İnformatika” kafedrasının tədris proseslərində.

**Şəxsi töhvələri.** Dissertasiyada bütün elmi məsələlərin nəticələri və tövsiyələri şəxsən dissertant tərəfindən işlənib hazırlanmış, əsas elmi nəticələrin tətbiqi müəllifin iştirakı ilə olmuşdur.

**İşin aprobasiyası.** Dissertasiya işinin əsas nəticələri Respublika və Beynəlxalq konfranslarda, seminarlarda, simpoziumlarda məruzə və müzakirə olunmuşdur o cümlədən:

1. ATU-nun professor-müəllim heyətinin iştirakı ilə keçirilmiş Elmi Texniki Konfrans (Gəncə, 2007-2014);
2. Ümummilli liderin anadan olmasının 85-illiyinə həsr olunmuş “Ali təhsil müəssisələrində təhsilin indiki problemləri” mövzusunda keçirilmiş konfransda (Bakı, AzTU, 2008);

3. “Телекоммуникационные и вычислительные системы” mözusunda keçirilmiş Beynəlxalq konfransda (Moskva, MTUCI, 2009-2011);
4. “İnformasiya Texnologiyaları və Telekommunikasiya” mövusunda keçirilmiş Beynəlxalq konfransda (Gəncə, ATU, 2007);
5. “Надежность и Качества” mövusunda keçirilmiş Beynəlxalq simpoziumda (Пенза, Россия, ПГТУ, 2010);
6. AzTU-da professor-müəllim heyəti ilə keçirilmiş elmi- texniki konfranslar (Bakı, 2007-2014);
7. “Идентификация, измерение характеристик и имитация случайных сигналов» mövusunda keçirilmiş beynəlxalq konfransda (Новосибирск, НГТУ, 2009).
8. AMEA aspirantların Elmi-konfransiyasında (Bakı, 2009);
9. The International Conference –Problems of Cybernetics and informatics, PC1-12, (Baku, Azerbaijan 2012);
10. “İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri” mövusunda keçirilmiş Beynəlxalq elmi-texniki konfransda (Bakı, AzTU, 2014)

**Nəşrlər.** Tədqiqatlar və elmi işlərin nəticələri üzrə 18 elmi və məqalə, tezis dərc edilmişdir. Onlardan 7-si AAK-ın tövsiyə etdiyi nəşrlərə aiddir.

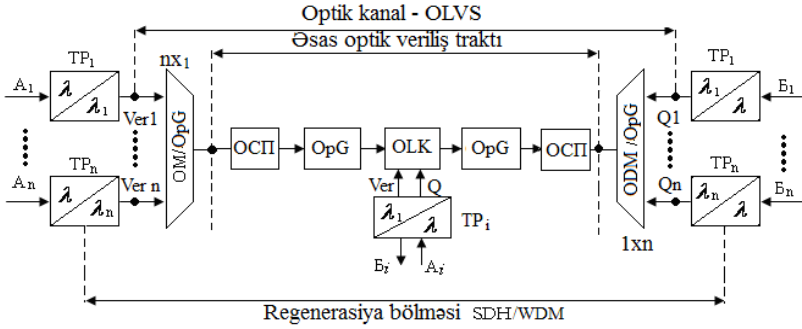
**İşin həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi girişdən, 4 bölmədən, xulasədən, ədəbiyyatların siyahısından və 2 əlavədən ibarətdir. İşin əsas hissəsi 150 çap vərəqindən, 26 sxemdən və istifadə olunmuş 90 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

## **İŞİN QISA MƏZMUNU**

**Girişdə** müəlif tərəfindən müdafiyyəyə çıxarılan müddələrdə aparılan tədqiqatın aktuallığı, işin əsas məqsədi və qarşıya qoyulan əsas məsələlərin həll yolları göstərilmişdir. Eyni zamanda qoyulan məsələnin elmi yenilikləri, praktiki dəyəri, nəşlər haqda məlumatlar və dissertasiyanın strukturu göstərilmişdir.

**Dissertasiya işinin I-bölməsində** optik spektral texnologiyaların tətbiqi ilə qurulan OİVS–in işləmə effektivliyinin yüksəldilməsi üsullarının analizi və tədqiqi məsələlərinə baxılır. Fiziki mühütdə optik siqnalın  $\lambda_i = (0,85, \dots, 1,55)$  mkm dalğa uzunluğunda yayılması optik-lifli rabitə xəttinə məxsusdur. SDH/WDM-in regenerasiya məsafəsindən istifadə etməklə OİVS –in sadələşdirilmiş xətt şəbəkəsinin

strukturu verilmişdir. Bu işin tədqiqat obyektı hesab (şək.1).



Şək.1. Girişə/çıxışa malik optik multipleksordan istifadə etməklə OİVS-in xətt şəbəkəsinin sadələşdirilmiş struktur sxemi

Tədqiq olunan struktur sxem SDH/WDM texnologiyası bazasında və işçi blok modulların əsasında qurulmuşdur. Burada OG-optik gücləndirici, OM, OD-optik multiplekser və optik demultiplekser, TR<sub>1</sub> və TR<sub>n</sub> -transpenderlər (verilişi və qəbulu birgə həyata keçirən); OM/OG<sub>1</sub> – optik gücləndiriciyə malik optik multiplekser (WDW-multiplekser); OVM- optik veriliş məsafəsi (OCP); A,B-məntəqələrdir; OMGC- optik multipleksor girişi və çıxışı təmin edən qurğu.

Bu bölmədə OLRX-nin resuslarından səmərəli istifadə ilə OQM OLK və OVM bazasında OİVS işləmə keyfiyyətinin yüksəldilməsi metodlarının analizi edilməklə, onun effektivlik göstəriciləri  $E_{\text{əf.os}}$  ilə təyin olunur:

1. OQM, OLK və OVM istifadə etməklə OİVS-nin dalğa uzunluğundan asılı olaraq effektiv işləməsi  $E_{\text{əf}}(\lambda)$ ;  
a) OQM, OLK və OVM istifadə etməklə OİVS-nin buraxma qabiliyyəti  $C_{\text{oc}}(\lambda_i)$ ; b)optik-lifli şəbəkənin işləməsi zamanı ehtimal-zaman xarakteristikası  $T_{c3}(\lambda_i)$ ;

2.OQM, OLK və OVM bazasında maneəyədavamlılığı  $P_{\text{səh.}}$ ,  $N(t, \lambda_i)$ ;  
a)OQM, OLK və OVM istifadə etməklə OİVS imtinayaqarşıdayanaqlılığı  $P_{\text{oy}}(t)$ .

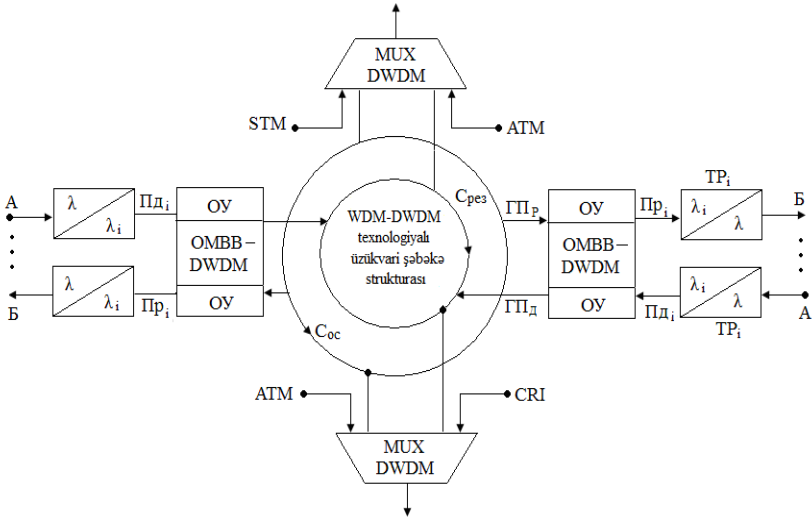
3. OQM, OLK və OVM istifadə etməklə aparat-proqram təminatının və RK iqtisadi dəyəri  $Ca(\lambda_i, L_j)$ .

Optik informasiya veriliş sistemlərin buraxma qabiliyyətinin yüksəldilməsi məqsədi ilə WDM və DWDM texnologiyalarından istifadə etməklə, OQM, OLK və OVM bazasında optik veriliş



sistemlərin ikiqat dairəvi şəbəkə prinsipində qurulması təklif olunmuşdur (şək.2). Təqdim olunan ikiqat dairəvi şəbəkə sxemi OİVS-də optik siqnalın idarəedilməsini, ötürülməsini və optik rəqəmli kommutasiya olunmasını təmin edir.

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində OİVS-in keyfiyyətli işləməsi üçün kriteriyalar seçilmiş və bu meyarlar - OLRX effektivliyi, maneəyədavamlılığı, imtinayadavamlılığı olmaqla, monitoring sisteminin effektiv işləməsini təmin edən kompleks göstəricilər hesab olunur.



Şək.2. WDM və DWDM texnologiyalarından istifadə etməklə OİVS ikiqat dairəvi şəbəkə bazasında qurulmuş struktur-funksion sxemi

Eyni zamanda, birinci bölmədə OLRX-in ötürücülük xarakteristikaları nəzərə alınmaqla OQM, OLK, OVM bazasında OİVS effektiv işləməsinin tədqiq məsələləri geniş anaz edilmişdir.

**Dissertasiya işinin II- bölməsində** optik-lifli rabitə xətlərinin ötürücülük xarakteristikaları nəzərə alınmaqla OİVS göstəriciləri tədqiq edilmişdir. Qarşıya qoyulan məsələnin həlli üçün birmodlu OLRX ötürücülük xarakteristikalarının yaxşılaşdırılması üsulları təklif olunur.

OLRX-nin ötürücülük xarakteristikası adı altında optik informasiya veriliş sisteminin aşağıdakı göstərilənləri nəzərdə tutulur:

sınma göstəricisi, apertura ədədi, normalaşdırılmış tezlik, optik siqnalın bitlərinin ötürmə sürəti, sönmənin növləri, dispersiya və OKL buraxmazolağı.

Birmodlu OLK ötürücülük xüsusiyyətlərindən biri OLRX traktının yüksək buraxma qabiliyyətinə malik olmasıdır və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$C_{OLRX}(\lambda_i) = B \cdot N_k(\lambda_i), \quad (1)$$

burada B – OLRX-də optik siqnalın verilişində bit sürəti olub, OLK-in parametrləri, sistemin ötürücülük xarakteristikası və lifin özəyinin sınma göstəricisinin fərqi ilə  $\Delta_b$  optik siqnalın bit sürətinə olan nisbət fərqi nəzərə alınmaqla aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$B = V_b = \frac{1}{L_{\text{bok}}} \frac{n_2^2 \cdot c}{n_1^2 \cdot \Delta_b}, \text{ bit/s}, \quad (2)$$

burada  $L_{\text{bok}}$  – OLK uzunluğu;  $n_1$  - lifin özəyinin sınma göstəricisi;  $n_2$  – örtüyün sınma göstəricisidir;  $c$ -ışığın sürətidir. OLVS-nin ötürücülük xarakteristikasının tədqiqi üçün dispersiyanın tiplərinə, ümumi strukturası və təsnifatına baxılmış və təyin edilmişdir: modlararası, xromatik, poliyarizasiyalı, materiala görə, dalğaötürücü.

Yuxarıda göstərilənlərə və OLRX ötürücülük xarakteristikasının tədqiqinə əsaslanaraq, belə qənaətə gəlmək olur ki, WDM, DWDM texnologiyaları əsasında fəaliyyət göstərən OİVS-nin effektiv işləməsi hər bir sistemin birinci və ikinci effektivlik göstəriciləri ilə təyin olunur:

$$E_{\text{əf1}} = E\{\max[V_b, L_p, \Delta F(\lambda_i)]\}, \quad (3)$$

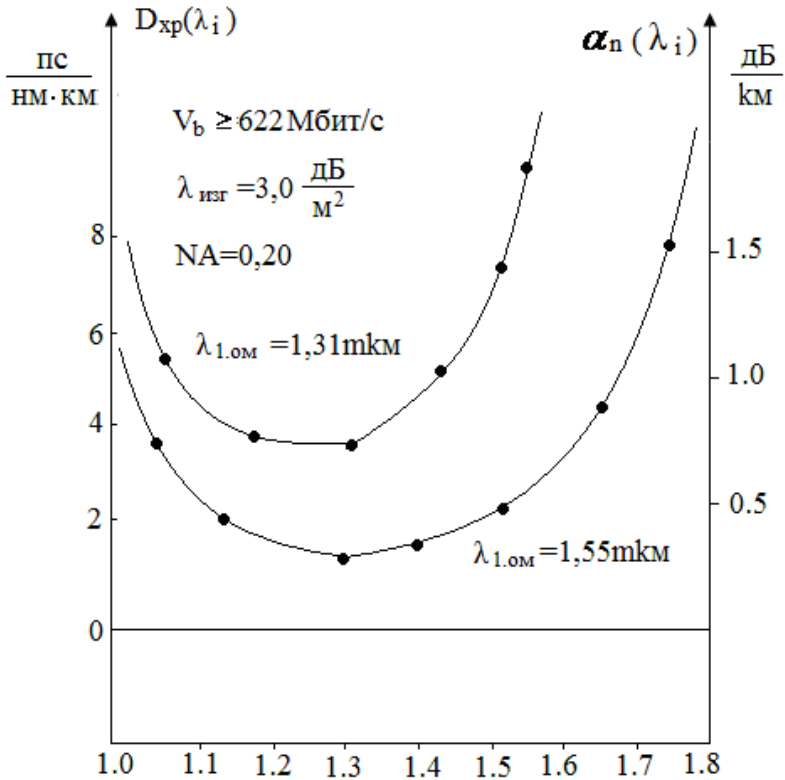
$$E_{\text{əf2}} = E\{\min[\alpha(L_p, \lambda_i), \tau(L_p, \lambda_i)]\}, \quad (4)$$

burada  $V_b$  – OLRX-nin ötürücülük xarakteristikası nəzərə alınmaqla optik siqnalların verilişində bit sürətidir və aşağıdakı kimi ifadə olunur

$$V_b = C_{\text{max}}(\lambda_i, L_p) \cdot \eta_{\text{əu}}(n_1, \lambda_i, n_2, L_p), \quad (5)$$

burada  $\eta_{\text{əu}}(n_1, \lambda_i, n_2, L_p)$  – OLRX ötürücü xarakteristikası nəzərə alınmaqla OİVS effektiv istifadə olunma əmsalındır;  $L_p$  – optik rabitə kanalın (RK) ( $L_p \rightarrow L_{\text{OLK}}$ ) sprktral texnologiya ilə qurulan OLRX-də regenerasiya məsafəsidir.

OLRX-in ötürücülük xarakteristikalarının sistemli tədqiqi nəticəsində alınmış analitik ifadələrin bazasında şəkl.3-də birmodlu veriliş üsulu üçün dalğa uzunluğunun sönmə əmsalından və dispersiyadan spektral asılılıq qrafiki təqdim olunmuşdur.



Şəк.3. Тəкмодлу OLRX-in dalğa uzunluğunun sönmə əmsalından və dispersiyadan spektral asılılıq qrafikik

Qrafikdən göründüyü kimi spektral asılılığın parametri – dispersiyanın dalğa uzunluğundan asılılığına əsasən yüksəlməsi optik siqnalın orta bit sürətini azalmasına və sönmə əmsalının isə artmasına səbəb olur. Eyni zamanda, qrafiki asılılıqdan belə görünür ki, dalğa uzunluğu  $\lambda_i$  ilə OLRX-də az itgi ilə uzlaşması üçün OLK-də dispersiyanı qarışıq dispersiya kimi qəbul etmək tələb olunur.

OLK-lərdə impulsun davam etmə müddətinin genişlənmə qiyməti və buraxma zolağının eni arasındakı münasibət aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:  $\Delta F_{OLK}(\lambda_i) = 1/\tau(\lambda_i, L)$ . Spektral asılılıqdan görünür ki, əgər  $\tau(\lambda_i) = 20 \text{ нс}$  olarsa, onda  $\Delta F_{OLK}(\lambda_i) = (1/20 \text{ нс}) = 50 \cdot 10^6 \text{ МГц}$  olar.

Beləliklə, alınan analitik ifadələr, OQM, OLK və OVM -dan istifadə edilməklə qurulan OLVS-in ötürücülük xarakteristikaları və spektral qrafiki asılılığı OİVS mümkün olan effektivlik göstəriciləri qiymətləndirilməsinə imkan verir.

OLRX-nin ötürücülük xarakteristikası nəzərə alınmaqla optik informasiya veriliş sistemlərin effektiv işləməsi üç əsas göstərici təyin edilir:

•OLVS-də buraxma qabiliyyətindən effektiv istifadə edilməsini xarakterizə edən-OİVS informasiya effektivliyi  $\eta_{u3}(\lambda_i)$ , aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\eta_{u3}(\lambda_i) = [V_b / C_{\max}(\lambda_i)] \leq 1, \quad V_b \leq C_{\max}(\lambda_i) \quad (6)$$

Baxılan(6) ifadəsində vacib olan göstərici optik siqnalların verilişində bit sürəti  $V_b$  olub və ona optik siqnalın dispersiyasının təsiri hesab edilir və bu münasibət aşağıdakı kimi yazıla bilər:  $V_b =$

$= (1/\Delta T) = (D \cdot L \cdot \Delta\lambda)^{-1}$ , burada  $\Delta T$  – optik siqnalın verilişin də ləngimə vaxtının orta qiymətidir;  $D$  – OLRX ötürücülük xarakteristikası olub,  $D = D_{xp}(\lambda_i, L)$  kimi ifadə olunur;.  $\Delta\lambda$  - optik mənbənin spektrinin eni, effektivliyin dispersiya parametri  $D_{xp}(\lambda_i, L)$  aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$D_{xp}(\lambda_i, L) = S \cdot \Delta\lambda = \left[ \frac{2\pi \cdot C_{\max}}{\lambda_i^2} \right]^2 \cdot \Delta\lambda \quad (7)$$

Alınan (6) və (7) ifadələrindən görünür ki, bitlərin veriliş sürəti  $V_b$  birbaşa OLRX ötürücülük xarakteristikaları olan  $S$  və  $\Delta\lambda$  ilə düz mütənəsbdir və verilişin bit sürəti  $V_b$  isə tədqiq olunan parametrlərlə belə bir bərabərsizliklə qiymətləndirilir:  $V_b \leq \frac{S}{L} \cdot \Delta\lambda^2$ ,  $S$  – cərəyana görə OİVS həssaslığıdır.

•OİVS tezlik effektivliyi  $\eta_{v3}(\lambda_i)$  – OLVS-də buraxma zolağından effektiv istifadə olunmanı xarakterizə edir və aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$\eta_{v3}(\lambda_i) = [V_b / \Delta F(\lambda_i)] \leq 1, \quad (8)$$

OLRX ötürücülük xarakteristikaları olan  $NA$ ,  $n_1$ ,  $L$  nəzərə alınmaqla, OLVS-də buraxma zolağının effektiv istifadəsi  $\Delta F(\lambda_i)$  (8) ifadəsinə əsasən, aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta F(\lambda_i) = \left[ L \cdot \frac{(NA)^2}{2n_1 \cdot C_{\max}} \right]^{-1}, \quad (9)$$

Axırıncı (9) ifadəsindən görünür ki, OLVS-nin buraxma zolağının istifadə olunma effektivliyi sistemin çoxlu sayda parametrlərindən asılıdır və ən əsası isə OLRX dispersiyasından bir başa asılıdır.

●OİVS-in enerjetik effektivliyi  $\eta_{\text{э}}(\lambda_i)$  - OLVS gücündən səmərəli istifadə olunmanı xarakterizə edir və aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$\eta_{\text{э}}(\lambda_i) = [V_b / OSNR(\lambda_i)], \quad (10)$$

OLRX vacib ötürücülük xarakteristikalarından biri olan xromatik dispersiya  $T_{xp}(\lambda_i)$  nəzə alınmaqla, OİVS signal/küy nisbəti aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$OSNR(\lambda_i) = [L \cdot T_{xp}(\lambda_i) \cdot \eta_{\text{э}}(\lambda_i)]^{-1}, \quad (11)$$

Bu bölmədə daha sonra WDM/DWDM texnologiyarı bazasında dispersiyanın idarə olunması rejimində OLK-in qeyri-xəttlilik effektivliyi nəzərə alınmaqla, OİVS effektivlik göstəricisinin tədqiq metodlarının hesabı verilmişdir. OİVS effektivlik göstəricilərinin

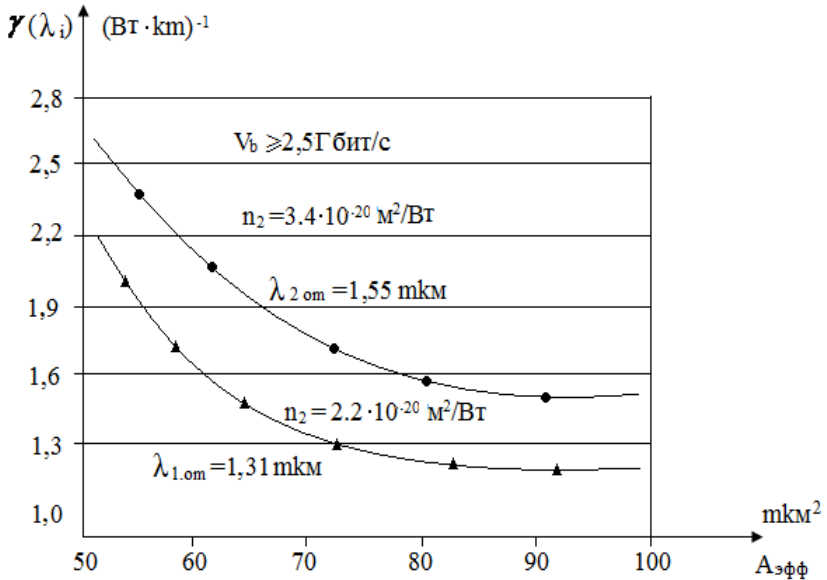
rindən biridə qeyri-xətlilik əmsalı  $\gamma(\lambda_i)$  olub, belə təyin edilir:

$$\gamma(\lambda_i) = (2\pi / \lambda_i) \cdot (n_2 / A_{\text{эфф}}), \quad (12)$$

burada  $A_{\text{эфф}}$  - OLK-nın mod en kəsiyinin sahəsidir.

OLRX ötürücülük xarakteristikaları nəzərə alınmaqla təklif olunmuş OİVS effektivlik göstəricilərinin hesablama üsuluna əsasən, şəkl.4 –də sistemin qeyri-xətlilik  $\gamma(\lambda_i)$  əmsalının OLK-nın mod en kəsiyinin sahəsindən  $A_{\text{эфф}}$  asılılıq qrafiki qurulmuşdur. Təhlil olunan asılılıq aşağıdakılara əsasən yerinə yetirilmişdir:  $\lambda = (1,31, \dots, 1,55)$  mkm,  $n_2 = (2,2, \dots, 3,4) \cdot 10^{-20}$  м<sup>2</sup>/VТ и  $V_b \geq 2,5$  Hbit/s.

Qrafiki asılılığın  $\gamma(\lambda_i) = F[V_b, A_{\text{эфф}}, \lambda_i, n_2]$  analizi göstətərir ki, qeyri-xəttlilik əmsalı  $\gamma(\lambda_i)$ , müxtəlif dalğa uzunluqları olmaqla, OLK modun en kəsiyinin sahəsi ilə tərs münisibətdədir.



Şək.4. Müxtəlif dalğa uzunluqlu OLK üçün qeyri-xəttlilik əmsalının mod en kəsiyinin sahəsindən asılılıq qrafiki

Şək.4-də eyni zamanda görünür ki, qeyri-xəttlilik əmsalının nəzərə çarpacaq dərəcədə minimallaşması, verilmiş müxtəlif dalğa uzunluqlarında  $\lambda_i = (1,31, \dots, 1,55)$   $\mu\text{m}$ , OLK modun en kəsiyinin sahəsinin  $A_{эфф} \geq 65$   $\text{mkM}^2$  qiymətlərindən başlayır.

**Dissertasiya işinin III bölməsində** WDM/DWDM texnologiyaları bazasında OİVS effektivliyinin yüksəldilməsi üsullarının işlənilməsinə həsr edilmişdir. Qarşıya qoyulan məsələnin həll etmək üçün ilkin olaraq WDM texnologiyası bazasında OLRX monitoring üsulları təhlil edilmiş və optik informasiya veriliş sistemlərin monitoringi üçün effektiv yanaşma təklif edilərək, optik rabitə xətlərində əvvəlcədən baş verə biləcək qüsurların aşkar edilməsi tədqiq edilmişdir.

Tədqiqat elementi kimi, WDM texnologiyasının bazasında optik reflektometr üsuluna əsaslanan OLRX-in monitoring sisteminin struktur-funksional sxemi təklif olunmuşdur. OLRX monitoring sisteminin əsas blokları etalon reflektometr və OTDR (Optical Time Domain Reflektometer) və poroq qurğusu olub, ref -

lektometr qurğusundan, müqayisə qurğusundan, həmçinin optik kabelə nəzarət qurğusundan ibarətdir. Cari reflektogram etalon-nəzarət qiymətlərindən fərqlənməsi verilən hədd qiyməti ilə müqayisə olunur:  $P_m(\lambda_i) \geq P_{m.3a0}(\lambda_i) \rightarrow$  hə,  $P_m(\lambda_i) < P_{m.3a0}(\lambda_i) \rightarrow$  yox.

Beləliklə təklif olunan monitoring üsulu OLRX vəziyyətini analiz edərək, bütövlükdə OİVS təmir-bərpa işlərinin aparılmasını planlaşdırır, optik gücəndiricilərlə OVM, OLK və OQM göstəricilərini yaxşılaşdırılmasına imkan verir.

Eyni zamanda bölmədə optik gücləndiricilərdən istifadə etməklə, WDM və DWDM bazasında fəaliyyət göstərən OİVS keyfiyyətli işləməsinə nəzərə alan üsü təklif olunmuş, məsələsinin riyazi həllinə baxılır və aşağıdakı funksiya kimi yazıla bilər:

$$Q_{\kappa\phi} = \arg \max_i [E_{i,\phi}], \quad i = \overline{1, n} \quad (13)$$

Riyazi (15) ifadəsinin məhdudiyət şərtləri belə təklif olunur:

$$\alpha_3 \leq \alpha_{3,\text{доп.}}, \quad G_i \leq G_{i,\text{доп.}}, \quad \sum_{i=1}^n L_i = L_{\text{OLK}} \leq L_{\text{max}}, \quad C_{\text{ан}} \leq C_{\text{ан,доп.}}, \quad (14)$$

burada  $L_{\text{max}}$  – gücləndiricilər arasındakı maksimum məsafə;  $\alpha_3$  – OLRX-də sönmə əmsəlidir;  $C_{\text{ан}}$  – OİVS-də xəttin və optik abonent terminalları əsasında işləyən sistemin aparat-proqram təminatına sərf olunan iqtisadi vəsaitdir;  $G_i$  – optik siqnalın gücləndirmə əmsəlidir;  $i = \overline{1, n}$ , burada  $n$  – OLRX-də olan optik gücləndiricilərin sayıdır.

WDM və DWDM texnologiyasından istifadə etməklə, təklif olunmuş üsulun əsasında zəifləmiş optik siqnalın  $G_{yc}(\lambda_i)$  güclənmə əmsəli, siqnalının çıxış şüalanma gücü  $p_{\text{вых}}(\lambda_i)$  nəzərə alınmaqla aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$G_{yc}(\lambda_i) = \frac{\eta_{\kappa\phi}(\lambda_i)}{h \cdot \nu} \cdot p_{\text{вых}}(\lambda_i) \cdot N_{sp}^{-1} + 1, \quad (15)$$

burada  $N_{sp}$  – emisiyanın öz-özündən yaranma əmsəlidir.  $\eta_{\kappa\phi}(\lambda_i)$  – OLRX gücləndiricilərin kvant effektivliyidir və belə təyin olunur:

$$\eta_{\kappa\phi,i}(\lambda_i) = p(\lambda_i) \cdot \frac{1,24 I_{ft}}{\lambda_i} < 1, \quad \text{burada } I_{ft} \text{ – optik mutiplekserin foto}$$

cərəyanıdır;  $p(\lambda_i)$  – verilmiş  $(0,131,\dots,0,155)$  mkm dalğa uzunluqlarında optik şulanmanın tam optik gücüdür.

WDM və DWDM texnologiyarından istifadə etməklə, OVM, OLK və OQM təşkil olunan OİVS buraxma qabiliyyəti belə təyin edilir:

$$C_{\max}^{op}(\lambda_i) = \sum_{i=1}^n V_{i.nc}(\lambda_i) \cdot N_{i.k} \cdot L_{i.OB}(\lambda_i) \quad (16)$$

burada  $N_{i.k}$  - yaradılan spektral optik kanalların sayıdır;  $L_{i.OB}(\lambda_i)$  – OLK-da, o cümlədən  $\lambda_i$  uzunluğuna malik olan ehtiyat liflərin sayıdır;  $V_{i.nc}(\lambda_i)$  – regenerasiya məsafəsinin konkret uzunluğunda  $L_{BOK}$  optik siqnalın maksimum sürətidir.

Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, WDM və DWDM texnologiyaları bazasında OİVS buraxma qabiliyyətindən effektiv istifadə optik siqnal/küy ( $OSNR_{\text{bix}}$ ) nisbətindən çox asılıdır və aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$OSNR_{\text{bix}}(\lambda_i) = 0,5 p_{\text{ex},i}(\lambda_i) \cdot (h\nu \cdot \Delta f \cdot N_y \cdot N_{ns})^{-1} / G_{yc}(\lambda_i), \quad (17)$$

burada  $h$  – Планка sabitidir;  $\nu$  – optik siqnalın tezliyidir.

Axırıncı (14),..., (17) ifadələri WDM və DWDM texnologiyalarından istifadə etməklə, tədqiq olunan optik nəqliyat şəbəkəsinin kəmiyyət və keyfiyyət xarakteristikalarını təyin edir.

Baxılan üsuldə OLVS effektiv işləməsini qiymətləndirmək üçün MATLAB 7.0 sisteminin köməyi ilə ədədi hesabət aparılmışdır. MATLAB 7.0 paketi olan Signal Processing Communications köməyi OİVS parametrlərinin hesabət aparılmış və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:  $F_0 = 12,5$  HHs,  $\lambda_i = (0,31,\dots,1,55)$  mkm,  $V_b \geq 2,5$  Hbit/san,  $L_{\max} = (90 \div 250)$  km,  $OSNR_{\text{bix}}(\lambda_i) \geq (6,2,\dots,6,48)$  dB,  $Q = (15,\dots,16,53)$  və  $P_{\text{cp.oit}} \leq (10^{-9} \div 10^{-11}) \leq P_{\text{cp.oit.dop}}$ . Aparılan hesabətlərinin nəticələri İTU-T, G.826 tələblərinə cavab verir.

**Dissertasiya işinin IV bölməsində** OİVS-də maneəyədavamlı - liğin yüksəldilməsi və rəqəm rəqeneratorun optik qəbuledicisinin göstəricilərinin yaxşılaşdırılması üsulları tədqiq olunur.

OİVS-də OQM, OLK və OVM parametrləri nəzərə alınmaqla optik qəbuledicinin maneəyədavamlılığının riyazi modeli təklif edilmişdir. OLVS bit sürəti, siqnal/küy nisbəti və maneə mənbələrinin parametrləri nəzərə alınmaqla maneəyədavamlılığın riyazi modeli əsasında optik siqnalın qəbulu zamanı bitə görə səhv ehtimalını qiymətləndirilməsi üçün analitik ifadələr alınmışdır.



OLVS-də WDM/DWDM texnologiyalarından istifadə etməklə maneəyədavamlılığın yüksəldilməsi məqsədi ilə optik siqnalın düzgün qəbulunun tədqiqi üçün riyazi model təklif olunur və aşağıdakı kimi yazılır:

$$D_{\text{doc}}(\lambda_i) = \arg \min_i [P_{i.\text{ou}}], \quad i = \overline{1, n} \quad (18)$$

Riyazi modelin məhdudiyyətlər şərti şərti aşağıdakı kimi verilmişdir:

$$V_b \geq V_{b.\text{don}}, \quad Q \leq Q_{\text{don}}, \quad G_i \leq G_{i.\text{don}} \quad (19)$$

burada Q-optik siqnalların qəbulunun keyfiyyət göstəricisidir;  $G_i$  –optik siqnalın gücləndirmə əmsəlidir.  $i = \overline{1, n}$ , n –OLRX-də istifadə olunan optik gücləndiricilərin sayıdır.

Bu bölmədə maneəyədavamlılığın yüksəldilməsi üçün təklif olunan yanaşma aşağıdakı parametrlər nəzərə alır: maneəli siqnalların intensivliyin orta sıfır qiyməti ilə hauss paylanması və 1 və 0-a uyğun olaraq, siqnalların ortakvadratik meyletmə qiymətlərini nəzərə almaqla, optik siqnalların qəbulunda bit səhv ehtimalı müvafiq olaraq aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$P_{\text{ou}}[Q(\lambda_i) \leq Q_{\text{don}}(\lambda_i)] = 0,5 \operatorname{erfc}[Q(\lambda_i) / \sqrt{2}] , \quad (20)$$

burada  $Q_{\text{don}}(\lambda_i)$  – Q-faktorunun buraxıla bilən qiymətidir. Küyün Hauss paylanma ehtimal xarakteristikalarını və (21) ifadəsini nəzərə almaqla ehtimal olunan qəbul zamanı bitə görə səhv ehtimalı ifadəsi aşağıdakı ifadəni almış olar:

$$P_{\text{ou}}[Q(\lambda_i)] = \frac{\sigma_1 + \sigma_0}{(\mu_1 - \mu_0)\sqrt{2\pi}} \cdot \exp[-0,5Q^2(\lambda_i)] , \quad (21)$$

Alınmış (20) və 21 ifadələri, WDM və DWDM texnologiyaları bazasında OQM, OLK və OVM–dan istifadə etməklə, təkmodlu  $\lambda_i = (1,31 \dots, 1,55)$  mkm optik nəqliyat rabitə şəbəkələrinin ən vacib olan göstəricilərindən biri hesab olunan maneəyədavamlılığı təyin edilir.

Aparılmış tədqiqatların nəticəsi olaraq, təklif olunmuş yanaşmaya əsasən şək.5-də optik siqnalın bit sürətinin verilmiş qiymətində qəbul zamanı səhv ehtimalının  $Q_{\text{ou}}$  parametrindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

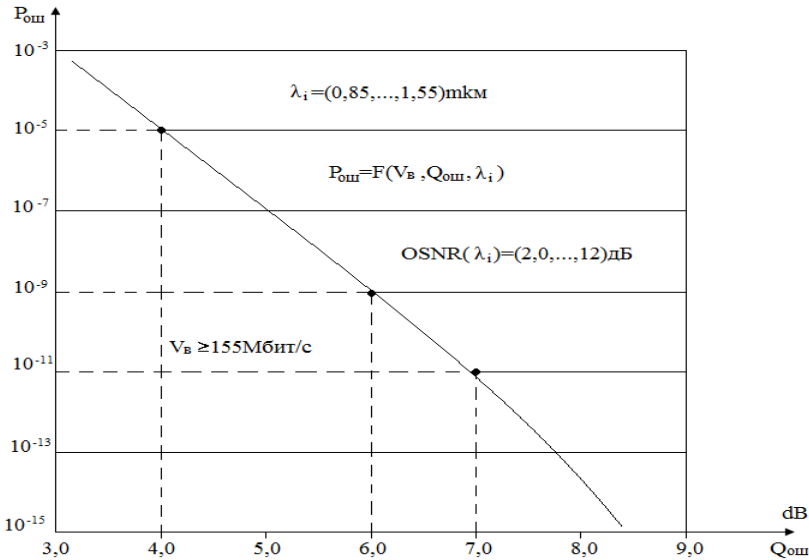
Qrafiki asılılıqdan görünür ki,  $P_{\text{ou}} = F[V_b, Q_{\text{ou}}, \lambda_i]$  OLVS-in parametri olan  $Q_{\text{ou}}$  artdıqca, qəbul prosesində səhv ehtimalının

$P_{ou}$  qiyməti azalır. Burada hər iki göstərici ( $Q_{ou}$ ,  $P_{ou}$ ) OİVS keyfiyyət göstəriciləri hesab olunur.

Eyni zamanda IV-bölmədə OLVS-in əsas keyfiyyət parametrlərindən biri olan, sistemin çıxışında buraxıla bilən siqnal/küy nisbətini  $OSNR_{bb}(\lambda_i)$  tədqiq edilmişdir. Optik qəbuledicilərin parametrlərindən  $F_3$  və  $F_0$  asılı olaraq, OİVS keyfiyyət göstəriciləri hesab olunan siqnal/küy nisbəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$OSNR_{oon}(\lambda_i) = \frac{F_3}{F_0} \cdot Q^2(\lambda_i), \quad (22)$$

burada  $F_3$  – fotoqəbuledicinin elektrik süzkəcinin buraxma zolağının eni;  $F_0$  – ilkin spektral tezlik zolağının enidir.



Şək.5. Bitə görə səhv ehtimalının OLVS-in parametri olan  $Q_{ou}$  asılılıq qrafiki

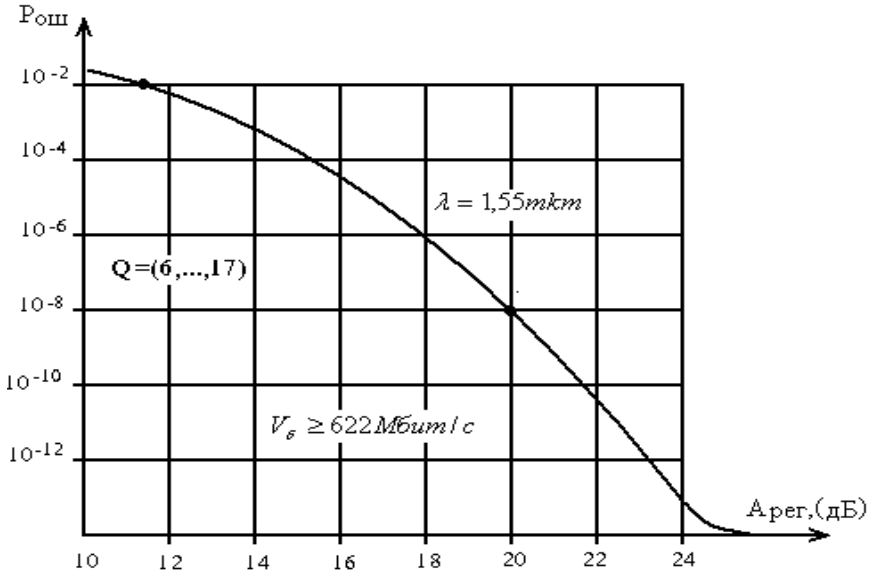
Təklif olunmuş yanaşmanı nəzərə almaqla, poroq qurğusunun girişində küylərdən müdafiə olunma  $A_{per}$  əmsalı, optik siqnalların siqnal/küy nisbətinə uyğun olaraq belə qiymətləndirilir:

$$A_{pez} = 20 \lg(I_c / \sigma_u), \text{ dB} \quad (23)$$

Alınmış (23) ifadəsinə uyğun olaraq, optik siqnalların qəbulu zamanı səhv ehtimalı aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$P_{ou} = \text{erfc}[(10^{0,05 A_{pez}}) / 2\sqrt{2} \cdot \sigma_u] \leq P_{ou, \text{don}}, \quad (24)$$

Təklif olunmuş yanaşmaya əsasən şəx.6-da optik informasiya verilişinin bit sürətlərinin və Q-faktor əmsalının verilmiş qiymətlərində, regeneratorun hədd qurğusunun  $A_{per}$  girişində bit görə səhv ehtimalının müdafiədən asılılıq göstərilmişdir.



Şəx.6. OLRX-ində regeneratorun hədd qurğusunun girişində bit səhvləi ehtimalının müdafiədən asılılıq qrafiki

Qrafiki asılılıqdan  $P_{ou} = E(Q, A_{pez}, V_0, \lambda_i)$  görünür ki, rege-neratorun poroq qurğusunun girişində mühafizə parametri olan  $A_{per}$  artıqca, qəbul prosesində səhv ehtimalının qiyməti minimallaşır.

Məsələn: veriliş sürəti  $V_0 \geq 622 \text{ Mbit/s}$ ,  $Q \geq (14, \dots, 16, 53)$  və dalğa uzunluğu isə  $\lambda = 1,55 \text{ mkm}$ ,  $A_{per} = 21 \text{ dB}$  olarsa, səhv ehtimalının qiyməti isə  $P_{ou} = 10^{-9}$  olur.

## **İşin əsas nəticələri:**

1. Texniki təminat və informasiyanın emalı sistemləri sahəsində telekommunikasiya optik rabitə şəbəkələrinin vəziyyət və inkişaf perspektivləri analiz edilib, qəbulun maneəyəyədavamlılığının artırılma üsulları tədqiq edilib, sistemin imtinayəyadavamlı fəaiyyəti və şəbəkənin monitorqi analiz edilib. Bunların əsasında isə optik informasiya veriliş sisteminin effektivlik göstəricilərinə olan tələbat, eyni zamanda əsas tədqiqat məsələsinin təyin edilməsinin aktuallığı əsaslandırılıbdir.

2. Spektral texnologiya olan WDM və DWDM tətbiqi ilə nəqliyat səviyyəsində OLRX, OMQE, OLK və OMV-nin əsas ötürmə xarakteristikaları nəzərə alınmaqla OLRX –nin effektivliyi tədqiq edilmişdir. Bu zaman xromatik disper-siyanın təsiri, faza modulyasiyası və səhvlik əmsalı OLVS-lərinin layihələndirilməsi zamanı əsas metodik hasabat kimi qəbul olunur.

3. OLRX-nin nəqliyat səviyyəsində dispersiyanın sistemin effektiv işləməsinə təsirin tədqiqi nəticəsində təkmodlu kabellərdə ötürücülük xarakteristikasının əsas fiziki para-metri təyin edilir. Dispersiyanın idarə olunması rejimində optik-lifli xətlərdə qeyri-xətti effektivliyin təsiri tədqiq olunmuşdur. Bunun əsasında isə optik informasiya veriliş sistemlərində effektivlik göstəricisinin hesabət metodları təklif olunmuşdur və təkmodlu kabellərdə qeyri-xətti effektivliyin parametrləri təyin edilir.

4. WDM və DWDM texnologiyalarından istifadə etməklə OLRX monitorinq sisteminin effektivliyi tədqiq edilmiş, OLRX-nin göstəricilərinin hesablanması üsulu təklif olunmuşdur. Bu isə öz növbəsində OMQE, OLK və OMV əsas parametrlərini qiymətləndirməyə imkan verir.

5. OLVS-nin tədqiqi nəticəsində optik nəqliyat rabitə şəbəkəsinin effektivliyi və maneəyədədavamlılığının WDM və DWDM texnologiyalardan istifadə etmək metodu təklif olunur ki, onunda köməyi ilə analitilk ifadə alınır. Həmin ifadənin köməyi ilə OLRX-lərinin ayrı-ayrı rabitə siqna-lların telefon, televiziya və verilənlərin ötürülməsinin müx-təlif sürətlərlə və müxtəlif tipli modulyasiyalardan istifadəsi ilə qurulmuşunda onun göstəricilərinin qiymətləndirilməsinə imkan verir.

6. Tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, WDM bazasında istifadə olunan OLRX-nin maneəyəyədavamlılığının artırılması OQM girişində siqnal/küey nisbətinin və opto-elektron RK kanalın girişində

mühafizənin yaxşılaşdırılmasına gətirib çıxarır. Eyni zamanda təklif olunur ki, DWDM texnologiyalarından istifadə ilə qurulan sistemlərdə maneəyüvədavamlılığın yüksəldilməsi üsulu təklif olunur.

Dissertaiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı məqalə və tezislərdə dərc edilmişdir.

- 1. Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Эффективность волоконно-оптических линий связи с использованием WDM/DWDM технологий // Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы», Москва, МТУСИ, 2009. с.179-180.
- 2. Мамедов И.М., Ибрагимов Б.Г.** Построение волоконно-оптических линий связи с использованием современных технологий //Труды международной НТК «Идентификация, измерение характеристик и имитация случайных сигналов», ИИИС-2009, Новосибирск, НГТУ, 2009. – с.54-57.
- 3.Мамедов И.М.** Об одном подходе оценка показателей волоконно-оптических систем передачи информации. Материалы докладов 54–ый научно-технической и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов АзТУ. Баку, 2009. – с.101-102.
- 4.Мамедов И.М.** Исследование эффективности передающих и приемных устройств в оптических системах передачи // Научные Вестия, № 13-14. Гəнджа. 2009. – с.27-29.
- 5. Меликов Т.Г., Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Исследование и оценка показателей эффективности волоконно-оптических линий связи // Научные Вести, № 13-14, 2009. – с.17-24.
- 6.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Определения параметров затухания одномодового оптического волокна // Научные известия, № 3, том.10. СГУ. 2010. – с.64-69.
- 7.Мамедов И.М.** Применение современных сетевых технологий в системах передачи и обработки оптической информации // Материалы тезисы докладов республиканский научно-технический конференция НАН Азербайджана. Баку. 2010. - с.113-116.
- 8.Меликов Т.Г., Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Методы повышения отказоустойчивости терминальных оборудований мультисервисных сетей связи на основе энтропийного подхода //Труды Международного Симпозиума «Надежность и Качества». I-том. ПГТУ. Пенза. 2010. – с.14-16.

**9.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Методы улучшения показателей волоконно-оптических линий связи с оптическими усилителями//Известия высших технических учебных заведений Азербайджана. №1 (59) , АГНА, Баку. 2010. – с.42-46.

**10.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Некоторые показатели качества функционирования цифровых оптических сетей // Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы» Москва, МТУСИ, 2010. с.164-165.

**11.Мамедов И.М., Ибрагимов Б.Г.** Подход к улучшению качества функционирования оптических абонентских терминалов // Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы» Москва, МТУСИ, 2011. с.19-20.

**12.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Исследование влияния нелинейных эффектов в системе передачи оптической информации в режиме управления дисперсией // Elmi Məsmuələr – Milli Aviasiya Akademiyası. №1, cild 13. Bakı, 2011. – с.73 – 76.

**13.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М., Исмаилова С.Р.** Исследование эффективности функционирования оптических телекоммуникационных сетей связи // Вестник компьютерных и информационных технологии, № 8, Москва, 2012. с.3- 5.

**14.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Оценка помехоустойчивости приемника волоконно-оптических систем передачи с использованием DWDM-технологии//Ученые записки– Фундаментальные науки, № 1, том XI (41). Аз.ТУ, Баку, 2012. с.16–20.

**15. Mammadov I.M., Ibrahimov B.G.** Researches of Methods of Noiseproof Reception of Optical Signals at use WDM –Technology // Second International Conference «Problems of Cybernetics The and Informatics –PCI-12. Vol. I, Baku, Azerbaijan. 2012. с. 56-59.

**16.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Исследование эффектив - ности системы автоматического мониторинга волоконно-оптических линий связи //Труды конференции «Устойчивые развития и инновационные технологий». АТУ, Гэнджа. 2014. – с.179 - 182.

**17. Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Анализ методов улучшение передаточных характеристик одномодовых волоконно-оптических линий связи//Труды Международных НТК «Современные состояние и перспективные развитие информационных и коммуникационных технологий», ICT-2014.АзТУ, Баку, 2014. – с.29 – 34.

**18.Ибрагимов Б.Г., Мамедов И.М.** Исследование эффективности системы мониторинга ВОЛС при использовании сетевых технологий WDM // Ученые записки - Аз.ТУ, № 1, том1. Баку, 2014. – с.34 - 37.

### **Həmmüəlliflərlə birgə yerinə yetirilmiş işlərdə iddiaçının rolu**

[1, 2] – Optik informasiya veriliş sisteminin effektivlik göstəricilərini xarakterizə edən parametrlər qeyd olunmuş və struktur sxem təklif olunması;

[5, 6] – Birmodlu OLRX-də sönmənin həll üsullarının analiz edilməsi;

[8, 11] – Optik informasiya veriliş sistemin effektivlik göstəriciləri analiz edilməsi;

[12, 14] – Optik-lifli rabitə xətlərin ötürücülük xarakteristika - larından asılı olaraq, optik sistemlərin parametrlərinin hesabının aparılması;

[15, 18] – WDM texnologiyası bazasında OLRX monitorinq üsulları təhlil edilməsi.

Исраил Мехди оглу Мамедов

**Исследование и анализ методов повышения эффективности функционирования систем передачи оптических информационных**

**Аннотация**

Данная работа посвящена решению актуальной задачи – исследованию методов и средств повышения эффективности систем передачи оптических информационных, использующих спектральное и плотное спектрального мультиплексирование оптических сигналов с частотным и временным разделением каналов связи.

Основной целью диссертационной работы является исследование и анализ методов повышения эффективности функционирования систем передачи оптических информационных с использованием сетевых оптических спектральных технологий.

В первой главе рассмотрены объект исследования и анализ методов повышения эффективности функционирования систем передачи оптических информационных с использованием оптических спектральных технологий.

На второй главе исследованы показатели систем передачи оптических информационных с учетом передаточных характеристик волоконно-оптические линии связи.

В третьей главе посвящена разработке методов повышения эффективности оптических систем передачи информации на базе WDM и DWDM (Wavelength Division Multiplexing/Dense WDM) технологии.

В четвертой главе исследованы методы повышения помехоустойчивости и сетевого мониторинга оптических систем передачи информации. Изложены математического описания оптического сигнала в системах передачи оптических информационных и выведены аналитические выражение для оценки помехоустойчивости приема оптического сигнала.



**İsrail Mehdi oğlu Məmmədov**

**RESEARCH AND THE ANALYSIS OF METHODS OF  
INCREASE EFFICIENCY FUNCTIONING SYSTEMS  
TRANSFER OPTICAL INFORMATION SUMMARY**

Intensive development of multiservice telecommunication systems and increasing requirement of communication statements for improvement of quality of functioning of systems of processing of the information on the basis of modern information and network technologies demands creation of the distributed optical systems and networks with the raised throughput, providing transfer of the nonuniform traffic.

Main objective of dissertational work is working out of methods of increase of efficiency of functioning of systems of transfer of the optical information on optical-electronics to communication channels with use of network optical technologies.

Object of researches are optical systems of transfer on the basis of means optical-electronics channel communications, and a subject of researches-methods and means improvement of quality of functioning of systems of transfer optical information.

Dissertational work consists of the introduction, four heads, the conclusion and the literature list. On the basis of research the method of calculation of indicators of systems of transfer of optical information which are received by the parity, establishing analytical dependence between extent of a site of regeneration and speed of transfer FOLC is offered.

Are shown dispersion influence on efficiency functioning FOLC optical-electronics communication channel at transport level and the basic physical parameters of attenuation one mode an optical fibre are defined

Национальная Академия Наук Азербайджана  
Институт Систем Управления

---

*На правах рукописи*

**ИСРАИЛ МЕХДИ ОГЛУ МАМЕДОВ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ  
ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИЙ**

3338.01 – Системный анализ, управление и обработка  
информации

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на соискание научной степени  
доктора философии по техническим наукам

**БАКУ – 2014**