

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ва ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013.Т/ҒМ.29.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

РАХИМОВ БАХТИЁРЖОН НЕЪМАТОВИЧ

ОПТИК ТОЛАЛИ АЛОҚА ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА МЕХАНИК
КОНСТРУКЦИЯ ҲУСУСИЯТЛАРИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ ВА
ДИАГНОСТИКАЛАШ УСУЛЛАРИ

05.04.02 – Радиотехника қурилмалари ва тизимлари, радионавигация,
радиоалоқа ва телевидения. Мобиль, толали оптик алоқа тизимлари
(техника фанлари)

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Рахимов Бахтиёржон Неъмат
Оптик толали алоқа тизимлари ас-
хусусиятларини назорат қилиш ва
усуллари.....

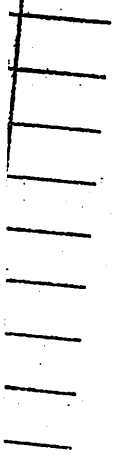
Рахимов Бахтиёржон Неъмат
Методы контроля и диагностики
свойств конструкции на основе
волоконно-оптических систем
связи.....

Rakhimov Bakhtiyorjon
Method monitoring and diagnosti
properties of a design on a basis
fiber-optical communication syst

Эълон қилинган ишлар рўйхат
Список опубликованных рабо
List of published works

A/2511
А
Р 28 Рахимов, Б. Н.
Оптик толали ало-
қа тизимлари асосида
маҳаник конструкция ху-
сусятларини назорат
қилиш ва диагностика-
лаш усуллари : доктор-
лик диссертацияси авто-
реферати, 05.04.02.
Т. 2013
Б.Н.

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока**



ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ва ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013.Т/ФМ.29.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

РАХИМОВ БАХТИЁРЖОН НЕЪМАТОВИЧ

ОПТИК ТОЛАЛИ АЛОҚА ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА МЕХАНИК
КОНСТРУКЦИЯ ҲУСУСИЯТЛАРИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ ВА
ДИАГНОСТИКАЛАШ УСУЛЛАРИ

05.04.02 – Радиотехника қурилмалари ва тизимлари, радионавигация,
радиоалоқа ва телевидения. Мобиль, толали оптик алоқа тизимлари
(техника фанлари)

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.06.2015/В2015.2.Т536 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент ахборот технологиялари университетиди бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасига (www.tuit.uz) ва «ZİYONET» таълим ахборот тармоғида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: Раджабов Тельман Дадаевич
физика-математика фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Назаров Абдулазиз Муминович
техника фанлари доктори, профессор

Клычев Шавкат Илхамович
техника фанлари доктори

Усманов Темур Бекмуратович
физика-математика фанлари доктори, профессор

Етақчи ташкилот: Тошкент темир йўл транспорти муҳандислари институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 16.07.2013.Т/ФМ.29.01 рақамли Илмий кенгашнинг « 26 » 02 2016 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100202, Тошкент, Амир Темур кўч., 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (~~2016~~ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100202, Тошкент, Амир Темур кўч., 108. Тел.: (99871) 238-64-43.

Диссертация автореферати 2016 йил « 25 » 01 кун тарқатилди.
(2016 йил « 25 » 01 ги 07 рақамли реестр баённомаси).



Х.К. Арипов
Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш раиси ф-м.ф.д.,
профессор

М.С. Якубов
Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш илмий котиби т.ф.д.,
профессор

Т.Н. Нишонбоев
Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар
раиси т.ф.д., профессор

Кириш (докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда технологик жараёнларнинг изчил ривожланиши алоқа тизимларида оптик-толали алоқа воситалари қурилмаларидан фойдаланиш талабини кун сайин оширмоқда. Ультра-миниатюралар ва энергия тежамкор қурилмаларни турли саноатда қўлланилиши яқин йилларда оптик-толали ўлчов тизимлар бозорини кенгайганлигидан далолат беради. Оптик-толали ўлчов тизимларнинг жаҳон бозоридаги савдоси 2013 йил 1,89 млрд. долларни, яъни 19,6 % йиллик ўсишни ташкил этган бўлса, бундан 1,22 млрд. доллар АҚШда рўйхатга олинган, бу умумий жаҳон бозоридаги оптик-толали ўлчов қурилмалар савдосининг 64,6 % ини ташкил этади. Башоратга кўра бу кўрсаткич 2018 йилга келиб 4,33 млрд. долларни ташкил этиши кутилмоқда. Хитой халқ республика бозорида 2013 йил 960 млн. долларлик оптик-толали ўлчов қурилмалар савдоси амалга оширилган бўлса, баҳолашларга кўра бу рақам 2018 йилда 3 млрд. долларга етиши кутилмоқда.

Ахборот-коммуникация технологияларининг изчил суръатларда ривожланиб бориши ахборот ҳажмини кескин ошишига олиб келди, ахборот оқими тезлиги ошди, шунингдек технологияларни автоматлаштиришга эришилди. Бундай ҳолатларда турли усул ва аниқликдаги механик конструкцияларни хусусиятларини назорат қилиш, диагностикалашни таъминловчи математик назарий ҳисоблар, усул ва алгоритмлар ва оптик-толали ўлчов қурилмаларни яратиш орқали ишончли, аниқ, -онлайн тизимида мониторингини англаш ва ўзлаштириш учун қулай ҳолда назорат қилиш ва диагностикалаш муҳим аҳамият касб этади.

Шу сабабли оптик-толага кўрсатилаётган турли таъсирларни аниқлаш бўйича тадқиқотлар олиб боришда ташқи таъсир кўрсатилиш майдони ва ўлчамларини юқори аниқликда ўлчашнинг оптик-толали қурилмаларини яратиш, универсаллик, тежамкорлик ва ишончлилик нуқтаий назаридан эътиборга молик, толали световодлар қўлланилган оптик электрон тизимлар мураккаб конструкцияларни онлайн режимида назорат қилиш, оптик-толаларда сигналлар хусусиятларининг хилма-хиллиги уларнинг деформацияси, механик характеристикаларига боғлиқ ҳолда ўлчаш, тадқиқод материалларидаги нуқсонлар, моддаларнинг физик-кимёвий параметрларини аниқлаш, механик конструкцияларда мавжуд носозликларни аниқлаш, қайд этиш усул ва қурилмаларини яратиш долзарб масала ҳисобланади.

Оптик-толалардаги деформация, механик таъсир, модда зичлигининг ўзгариш ҳолатларига боғлиқ равишда оптик сигналларни ўлчаш аниқликларини ошириш учун механик конструкциялар хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалашни автоматлаштирилган тизимларини ва носозлик юз берган майдон ўрнини аниқлаш технологиясини яратиш, механик конструкцияларда оптик-толаларнинг бузилиш вақтида ёриқларнинг тарқалиш тезлигини аниқлаш қурилмаси ва диагностикалаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730-сон «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш ва янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ҳамда 2013 йил 17 апрелдаги ПҚ-1957-сон «2013-2016 йилларда қишлоқ жойларда хизмат кўрсатиш ва сервис соҳасини жадал ривожлантириш юзасидан қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорларида белгиланган вазифаларни муайян даражада амалга оширишда мазкур диссертация тадқиқоти хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур диссертация республика фан ва технологиялари ривожланишининг куйидаги устувор йўналишларига мос равишда бажарилган: ИТД-5-«Жамиятни ахборотлаштириш даражасини оширишга йўналтирилган илмий ҳажмдор ахборот технологияларни, телекоммуникацион тармоқларни, аппарат-дастурий воситаларни интеллектуал бошқариш, ўқитиш усулларини ва тизимларини ишлаб чиқиш»; ИТД-14-«Сейсмология, биналар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиши».

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи. Оптик-толали ахборот узатиш воситалари ёрдамида механик конструкцияларни назорат қилиш ва диагностикалаш жараёнларини такомиллаштириш механизмини ишлаб чиқиш, механик конструкция хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалаш усулларини ишлаб чиқиш йўналишида жаҳоннинг етакчи мамлакатларнинг илмий марказлари ва университетларида, жумладан, International Resource Development Servis Centre of Science, University of Michigan, University of Oregon (АҚШ); Intellifiber Networks Centre of Science (Буюк Британия); Wissenschaftliche Zentrum mit beschränkter Haftpflicht, Technical University of Dortmund, University of Passau, University of Würzburg, (Германия); Optex Centre of Science (Япония); Beyond fiber optic cable (Хитой)ларда кенг қамровли илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Оптик-толали алоқа тизимларида механик бузилишлар майдонларини аниқлаш, рўйхатга олишнинг оптоэлектрон стэнд датчикларини мувофиқ равишда ишлаб чиқариш ва диагностикалаш борасида жаҳонда қатор илмий натижалар, жумладан куйидагилар олинган: ўлчов қурилмалар ҳажмини ошириш технологияси ишлаб чиқилган (company International Resource Development Servis, company OptiSense Network, company Corning Glass, University of Michigan, University of Oregon); оптик толали қурилмаларини ишлаб чиқариш технологиясини мукамаллаштириш усуллари аниқланган (company Intellifiber Networks, Technical University of Dortmund, University of Würzburg), автоматлаштирилган оптик толалали қурилмалар ишлаб чиқиш саноат технологиялари ишлаб чиқилган (Gesellschaft mit beschränkter Haftpflicht), суюқ моддаларнинг физик-кимёвий хусусиятларини назорат қилиш тизим ва усуллари ишлаб чиқилган (company Perspective Electronical).

Оптик-толали алоқа тизимлари асосида механик конструкция хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалаш усуллари бўйича оптик-толалар деформацияси, нурлантириш оқимининг модуляция параметрлари, механик конструкция элементларида ёриқликлар юзага келиши ва тарқалиш майдонларини аниқлаш қурилмасини яратиш муаммоларига боғлиқ устувор йўналишларда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Оптик-толали алоқа тизимларида механик бузилишлар майдонларини аниқлаш, рўйхатга олишнинг оптоэлектрон стенд датчикларини мувофиқ равишда ишлаб чиқариш ва диагностикалаш қурилмаларини яратиш, такомиллаштириш бўйича бир қатор олимларнинг: Т. Okosi, К. Okamoto, М. Osu, Х. Nisixaga, К. Kyuma va К. Xatate, D. Gloge, D. Gloge, E. A. J. Marcatilli, С Pask, A. W. Snyder, D. J. Mitchell, M. Born, E. Wolf, P. C. Schultz, R. Olshansky, D. A. Nolan, F. P. Karpon, D. B. Keck, R. D. Maureglар оптик толали ўлчов қурилмалари устида, рус олимлари Е.А.Зак, Г.Н.Горбунова, Ю.И. Ржавин, А.Д. Ионов, М.М.Бутусов, Э.Удда, Р.Р.Убайдуллаев ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Оптик-толали алоқа тизимлари асосида механик конструкция хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалаш усуларини ишлаб чиқиш бўйича республикамызда ҳам алоҳида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган, жумладан: Т.Д.Раджабов, Р.Исаев, Ю.Г.Шипулин, А.А.Халиков, А.М.Назаров, А.И.Камардинлар оптик толали алоқа линиялари ишчанлигини ошириш бўйича С.Х.Шамирзаев, Н.Р.Рахимов, А.А.Симиновлар эса оптик толали ўлчов қурилма воситаларини такомиллаштириш устида илмий изланишлар олиб борганлар. Аксарият тадқиқот ва ишламалар фақат уларнинг бир қисмини қамраб олган бўлиб, оптик-толали алоқа тизимлари асосида механик конструкция хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалашнинг самарали усулларини яратишнинг аниқ услубияти сифатида хизмат қила олмайди.

Шунингдек, фан ва техниканинг турли соҳаларида оптик-толали қурилмаларнинг қўлланилиши бўйича олиб борилган тизимли таҳлиллар, илмий-амалий изланишлар натижаси оптик-толали алоқа тизимлари ва механик конструкцияларни назорат қилиш, диагностикалаш ва ишончлилиқни оширишда юқори самарадорликка эришишнинг муҳим аҳамиятли амалий масалаларини самарали ечиш усуллари ишлаб чиқишга бағишланган илмий изланишлар деярли олиб борилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги қуйидаги амалий ва фундаментал лойиҳаларда акс эттирилган: А5-003 сонли «Алоқанинг юқори тезликли телекоммуникацион тармоғи спектрал характеристикаларини мукамаллаштиришнинг усулларини ишлаб чиқиш» 2012-2013 йй.) ва ЕФ4-ФК-0-72548Е

A5-003 сонли «Оптик-толали кенг доирали алоқа тармоқларини текшириш методларини ишлаб чиқиш» (2014-2015 йй.).

Тадқиқотнинг мақсади оптик-толали алоқа линиялари датчик қурилмаларига асосланган ҳолда механик конструкциялар ҳолатини баҳолашнинг автоматлашган ўлчов тизими, мониторинг алгоритми ва усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Белгиланган мақсадга эришиш учун қуйидаги тадқиқот вазифалари қўйилган:

очиқ каналнинг яримўтказгичли оптрони асосида оптик-толали ўзгартиргичлар параметрларини тўлиқ ички қайтиш бузилиш ҳолатларида назарий ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш;

оптоэлектрон назорат-ўлчов ўзгартирувчилари учун узатувчи, қабул қилувчи, қайта ишланувчи, операцион кучайтирувчи элементларни танлаш ва амалда жорий этиш;

оптик-толали алоқа тизимларидаги механик бузилишларни аниқлаш ва рўйхатга олиш учун оптоэлектрон тизимларни ишлаб чиқиш;

стенд датчикларда оптоэлектрон характеристикалар тажрибасини ўтказиш учун оптик-толали датчикларни танлаш ва стенд яратиш;

суyoқ моддаларнинг физик-кимёвий хусусиятларини назорат қилишнинг оптик-толали ўлчов тизимларининг оптоэлектрон қурилмаларни ишлаб чиқиш;

механик конструкция элементларида ёриқликларни юзага келиш майдонларини аниқлаш қурилмаларини яратиш ва тарқалишини рўйхатга олиш усулларини ишлаб чиқиш;

тўлиқ масштабли ўлчовлар кўрсаткичларини аниқлаш учун тажриба ўтказиш ва натижаларни амалдаги кўрсаткичлар билан таққоқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида оптик-толали алоқа линиясининг оптик тугунлари, элементлари, ишчи параметрларини хусусиятлари, механик конструкциялари олинган.

Тадқиқотнинг предмети оптоэлектрон ўзгартирувчиларининг очиқ оптик канали оптрон параметрлари ҳисоблари, тўла ички қайтиш усуллари, операцион кучайтиргич, механик конструкция элементлари деформация мониторинги, ёриқ майдонларни юзага келган жойи ва тарқалиши ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Илмий изланишлар оптик-толаларда йўқотишларни ҳисоблаш алгоритмлари, операцион кучайтиргич, маълумотларни қайта ишлаш, элементлар индикацияси қурилмани танлаш, механик конструкциялари элементларининг ёриқликларини аниқлаш, тарқалиш майдонларини рўйхатдан ўтказиш, бузилган тўлиқ ички қайтишга эга яримўтказгичли очиқ канали оптрон оптик-толали ўзгартирувчилар назарий ҳисоблаш, оптоэлектрон қурилмалар тавсифларини ўлчаш усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйдагилардан иборат:

тоғли ва қумли ҳудудлардаги магистрал линияларнинг механик таъсирини 0,9-1,2 м ҳатоликда диагностикалаш ва уларни қайта тиклаш вақти 2-3 мартага камайтириш имконини берувчи оптоэлектрон автоматлашган қурилма асосида оптик-толали алоқа линияларига ташқи таъсирлар ҳолатини текшириш ва назорат қилиш имконини берувчи усуллар ишлаб чиқилган;

механик конструкция элементларида деформацияни, ёриқларнинг келиб чиқиш жойи, тарқалиши, механик зўриқишларни диагностикалаб рўйхатдан ўтказишни, иншоотларнинг физик параметрларини диагностикалашни аниқлаш ва мониторинг қилиш учун етти каналли оптоэлектрон автоматлаштирилган ўлчаш тизими «ОСП – 7М» яратилган;

қаттиқ жинсли конструкцияларнинг деформация ва бузилишини баҳолаш ва назорат қилишда оптик-тола ва световод орасидаги масофани 0,01 мм гача сезгирликда аниқлаш усулини жориш этиш учун автоматлаштирилган ўлчов қурилма ишлаб чиқилган;

оптик-толали оптоэлектрон фотоколориметрия қурилмасида суюқлик моддалари хусусиятларини назорат қилиш (назорат қилишдаги оптик сигнал тўлқин узунлиги 920, 680, 560, 450 нм) услуги ва усули ишлаб чиқилган;

қаттиқ материалларнинг сирти ва ранглари хусусиятларини ўлчашда оптопаранинг уч ўлчамли X, Y, Z ($\lambda_1 = 680$ нм, $\lambda_2 = 560$ нм, $\lambda_3 = 450$ тўлқин узунликларда) параметрига асосланган юқори аниқликдаги оптик-толали оптоэлектрон назорат қилиш қурилмаси ва ўлчаш усули яратилган;

суюқликларнинг физик-химиявий хусусиятларини юқори даражадаги аниқликда баҳолаш учун оптик-тола кўп каналли оптоэлектрон қурилма ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси куйдагилардан иборат: оптик-толали алоқа линияларининг спектриал характеристикаларини ўрганиш, тўлиқ масштабда ўлчашлар олиб бориш ва тестлашнинг оптимал режимини танлаш учун алоқа корхонаси томонидан тавсия қилинган магистрал линияларда тоғли ва қумли ҳудудларини механик таъсирини 0,9-1,2 м ҳатоликда диагностикалашга эришилган, қайта тиклаш вақти 2-3 мартага қисқарган ва механик конструкция хусусиятларининг баҳолаш ва назоратини автоматлаштирилган ўлчов тизими ишлаб чиқилган;

иншоотларнинг (тўғон, дамба) механик чидамлилигини бир вақтнинг ўзида конструкцион ҳолатини назорат қилиш ва онлайн тизимида рўйхатга олишининг «ОСП – 7М» етти каналли оптоэлектрон автоматлаштирилган оптик-толали ўлчов тизими ишлаб чиқилган;

турли таркибдаги суюқлик маҳсулотларининг (нефт, нефт маҳсулотлари, шарбатлар ва ҳоказо) физик-кимёвий хусусиятлари ва сифат кўрсаткичларини таҳлиллаш ва баҳолашнинг оптик-толали оптоэлектрон қурилмаси яратилган;

қаттиқ материалли конструкцион объектларнинг сиртки ҳолати ва рангини ўзгариш ҳолатини баҳолашнинг оптик-толали қурилмаси яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Олиб борилган лаборатория тажрибалари асосида тақлиф этилган моделлар учун ўтказилган тадқиқотлар, ишлаб чиқилган ҳисоблаш формулалари, умумқабул қилинган мезонлар асосида ўтказилган қиёсий таҳлиллари билан асослангани, моддаларнинг физик-кимёвий параметрлар тавсифларини ўрганишда ишлатиладиган оптик-толали материалларнинг хусусиятларини тўлиқ масштабда ўрганилиши, мустаҳкамлик, сифат ва ишончлилиқни оширилиши, назарий ва амалий тадқиқотларнинг олинган натижалари ва уларнинг ўзаро мувофиқлаштирилганлиги, ишончилигини кўрсатади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотда натижаларининг илмий аҳамияти оптик-толали оптоэлектрон фотоколориметрия қурилмасида суюқлик моддалари хусусиятлари, механик конструкция элементларидаги деформацияси, ёриқларнинг юзага келиш ва тарқалиш майдонини аниқлаш усуллари ва илмий асосларини яратиш, реал вақтда турли объектлар ҳолатларининг мониторингини, механик конструкция хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалаш коэффициентини ҳисоблаш учун мезонли тенгламаларидан тақлиф этишдан иборат.

Диссертация натижаларининг амалий аҳамияти оптик-толали алоқа линияларининг назоратини оширилиши, ахборот узатиш сифатини, маълумот ўтказиш қобилиятининг фундаментал чегараларгача оширилиши, очик каналнинг яримўтказгичли оптрони асосида оптик-толали ўзгартиргичлар параметрларини тўлиқ ички қайтиш бузилиши ҳолатлари аниқлиниши, оптик-толали ўлчов тизимларининг оптоэлектрон қурилмалари ёрдамида суюқ моддаларнинг физик-кимёвий хусусиятларини назорат қилишнинг аниқлиги ошиши, физик катталикларнинг оптик толали кўрсаткичлари мултиплекс ва бўлинган тизимлари яратилиши, оптик-толали светодиодли технологиялар асосида ўлчов қурилмалари яратилиши, оптик-тола алоқа линияларини мониторинг қилиш миллий оператор тармоғида амалда синалиши, халқаро тажрибалар билан таққослашда оптик-толали ўлчов тизимларининг юқори даражадаги аниқлигига ва салмоқли миқдордаги иктисодий тежамкорликка эришилидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Оптик-толали алоқа тизимлари асосида механик конструкция хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалаш усуллари «Ўзбектелеком» акциядорлик компаниясининг оптик-толали магистрал алоқа линияларига жорий қилинган (Ахборот технологияларини ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2015 йил 18 июндаги 02-8/2432-сон маълумотномаси). Механик конструкция элементларида деформацияни, ёриқларнинг келиб чиқиш жойи, тарқалиши, механик зўриқишларни диагностикалаб рўйхатдан ўтказишни, иншоотларнинг физик параметрларини диагностикалашни аниқлаш ва мониторинг қилиш учун етти каналли оптоэлектрон автоматлаштирилган ўлчаш тизими «ОСП – 7М» яратилган. Тақлиф этилган мониторинг қилиш усули магистрал оптик-толали алоқа линиялар шикастланишини 0,9-1,2 метр аниқлик даражасида назорат қилиш, қайта тиклаш вақтини 2-3 марта

қисқартиришга эришилиб, йиллик иқтисодий самара 70 млн. сўмни ташкил этган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг назарий ва амалий жиҳатлари қуйидаги халқаро ва миллий семинарлар ва конференцияларда муҳокама қилинган: «Гео-Сибир» Халқаро илмий-техник конференция ва Интерекспо ГеоСибр-2013 кўргазмасида. (Новосибирск, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013-йиллар), «Амалий оптика-2008» Халқаро илмий-техник конференциясида (Санкт-Петербург, 2008-йил), LXII талабаларнинг илмий-техник конференциясида (13-17-апрел, 2009-йил, Новосибирск, РФ), «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференцияси (21-22 апрель 2011й, 15-16 март 2012й, 14-15 март 2013й Тошкент ш.), Яримўтказгичли микро ва нанотузилмаларда оптик ва фотозлектрик ҳодисалар бўйича II-Халқаро конференцияда (8-9-сентябр, 2011-йил, Фарғона шаҳри), «The Second Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics» (Сентябрь 10-13, 2011 Новосибирск, РФ) ва «Seventh world conference on intelligent systems for industrial automation» (Tashkent, Uzbekistan November 25-27, 2012г.) халқаро конференцияларда, Интерекспо ГеоСибр-2013 кўргазмасида, IX халқаро илмий конгрессда, 15-26-апрель 2013-йил, «Современные средства связи» Халқаро илмий конференция (15-16 октябрь 2013 йил, Минск шаҳри, Беларусь).

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 43 та илмий иш, жумладан, 12 та илмий журналларда мақола, шундан 4 та миллий журналларда, 4та хорижий илмий журналларда, 4 та ихтирога патент олинган, шунингдек, халқаро илмий-амалий конференцияларда 13 та маъруза тезислари эълон қилинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация кириш, беш боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, 195 саҳифадан иборат матн, 44 та расм, 12 та жадвал ва 2 та иловадан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи «Оптик толали ўлчав тизимларини хусусиятлари ва кўрсаткичларини таҳлили» бобида оптик-толали ўлчов тизимлари эксплуатациясининг замонавий ҳолати, толали оптик ўлчав тизимларининг алоҳида хусусиятлари ва асосий характеристикалари конструкциялар механик хусусиятларини диагностикалаш оптик толали ўлчов тизимларининг қиёсий таҳлили, оптик толали датчиклар асосида оптик электрон ўзгартиргичлар тараққиёти тенденциялари, диссертация иши вазифалари шархланган.

Бу бобда ўлчов тизимларининг асосий қисимларидан оптик кабеллар таснифи берилган. Оптик толали ўлчов тизимларининг сўниш ва дисперция каби асосий характеристикалари келтирилган бўлиб, оптик толанинг бу икки асосий параметрини оптималлаштиришга интилиши толали оптик технология тараққиёти йўлини белгилаб беради. Кварцли оптик толада оптик йўқотишлар уч омил билан белгиланиши кўриб чиқилган. Дисперциянинг уч механизми оптик толанинг ўтказиши полосаси кенглигини кучайтирувчи сабаблари келтирилган.

Қаттиқ конструкция ва суyoқ материалларнинг хусусиятларини назорат қилиш ва диагностикалашни умумий анализлари келтирилган. Оптик толани механик юкламалар таъсирига бардошлилиги текшириб ўтилган. Таъсир қилувчи омиллар гуруҳининг асосий вакили чўзувчи юклама бўлиб, унинг бардошлилигига талаб барча кабелларда синаб кўрилган.

Яримўтказгичли манбалар ва оптик нурланиши қабул қилгичлари асосида очик канал оптронини ривожлантириш ҳолати ва тенденцияларини таҳлил қилиши асосида тадқиқотнинг асосий вазифалари белгилари келтирилган.

Хорижда, шунингдек Ўзбекистонда ҳам назорат қилиш ва диагностикалаш анъанавий ва энг содда усули кўрсатилган, яъни турли фольга ёки симлар асосида бажарилган бузулишлар индикаторини ўрнатиш ҳисобланади. Бундай индикаторлар турли елимлар ёрдамида назорат қилинаётган агрегат ёки узел юзасига юқори кучланишли худудларга ёпиштирилади ва ёриқнинг тарқалиши йўналишига перпендикуляр йўналтирилади. Ёриқни пайдо бўлиши электр занжирининг узулишига қараб аниқланиши келтириб ўтилган.

Оптик электрон ўзгартиргичларнинг оптик толали датчиклар асосидаги ривожланиш тенденциялари кўриб чиқилган. Булар амплитуда-модуляцион бирламчи ўзгартиргичлар асосидаги оптик толали датчиклар, фазавий модуляция асосидаги бирламчи оптик электрон ўзгартиргичлар, суюқликлар ва қаттиқ материаллар механик катталикларининг бирламчи оптик электрон ўзгартиргичларига асосан ушбу шарҳлар асосида диссертациянинг асосий вазибалари ва мақсадлари белгиланган.

Диссертациянинг иккинчи «Оптоэлектрон ўзгартиргичлар ривожланишининг асосий тамойиллари ва усуллари» бобида оптик толали ўлчов тизимлари қурилишининг асосий тамойиллари баён этилган. Назорат қилиш ва диагностикалашда ахборотни кодлаш тамойилларидан келиб чиқиб, оптик толали датчикларни шартли равишда бешта катта гуруҳга (поляризацияон, фазавий, туннелли, амплитудали ва спектрал кодланишли) бўлишни ёритиб берилган.

Амплитуда модуляцияли оптик толали ўлчаш линияларининг бошланғич ўзгартиргичлари ишланмалари келтирилган. Амплитудали модуляцияга асосланган датчиклар юқори сезувчанлик, термостабиллика эга, етарлича содда, бироқ частотали чекланишларга эга элементлар аниқ тестерларни талаб қилади ва уларнинг иши нурланишини қўшимча йўқотишлар билан боғлиқ бўлиб, оптик толали жамлаш линиялари ва боғланиш имкониятини чеклашини кўриб чиқилган.

Фазавий модуляцияли оптик толали ўлчов линиялари бошланғич ўзгартиргичлар ишланмаси келтирилган. Шундай қилиб, фазавий модуляцияли акустик тўлқинлар датчиги конструкциясига киритилган қатор жиддий техник мураккабликларга қарамай, сезувчанлик катталигини амалда тадқиқ этиш бўйича катта муаммолар пайдо бўлишини ўрганилган.

Оптик толали тракт асосида механик катталиклар оптик-электрон ўзгартиргичларнинг яратиши келтирилган. Келтирилган ўлчашлар натижасида полимер оптик тола торчаларида линза диаметрининг ўзгариши толанинг тадқиқ қилинган учала тури учун световоднинг ўтказувчанлик хусусиятига жиддий таъсир қилмаслиги аниқланди.

Ютилиш коэффициентини (α) ни аниқлаш ишлари ҳисоблаш техникасидан фойдаланиб диаграммаларнинг ясси ва ҳажмли моделлари бўйича фаразларни ҳисобга олиб ўтказилиши кераклиги кўриб чиқилди.

Шунингдек, бу бобда оптик толали назорат тизимини яратиш учун оптик толали тракт тадқиқотларининг натижалари келтирилган.

Тадқиқот объектлари сифатида химоя қобиғига ўралган айлана кесикли полимер оптик тола олинган бўлиб, унинг ўзаги диаметри d_c , акс этувчи кобик диаметри d_o , бу ерда эса $d_o > d_c$.

Кремний асосидаги оптик тола сўниши тўлқин узунлиги 0,85, 1,3 ва 1,55 мкм (1 дБ/км дан паст) бўлганда назарий минимумга яқин бўлади, ўтказиш полосаси кенглиги бир неча гигагерцага тенглаб олинган.

Оптик-тола характеристикаларини яхшилаш бўйича тадқиқотлар уларнинг ташки физик катталиклар ўзгаришига сезувчанлигини аниқланди.

Бу сезувчанлик оптик толадан алоқада фойдаланганда зарарли ҳисобланар ва уни бартараф қилишга уринилар эти. Броқ оптик толали датчикларни яратиш, технологик параметрлар ҳақида ахборот олиш учун фойдали хусусият сифатида қўлланила бошланди. Шу асосда оптик толали датчиклар яратилиш олдинга мақсад қилиб олинди.

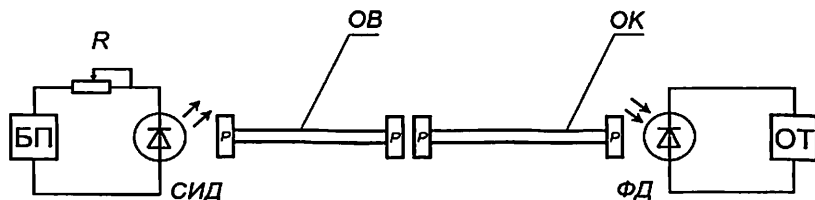
Ушбу бобда полимер световодларнинг уч тури устида олиб борилган тадқиқотлар ҳам баён қилинган:

1. Ҳимоя қобигидаги ўралган айлана кесикли оптик тола, ўзак диаметри $d_c = 0,4$ мм, акс этувчи қобик диаметри $d_o = 0,6$ мм.

2. Ҳимоя қобигисиз айлана кесикли оптик тола, ўзак диаметри $d_c = 0,4$ мм, акс этувчи қобик диаметри $d_o = 0,5$ мм.

3. Ҳимоя қобигисиз айлана кесикли оптик тола, ўзак диаметри $d_c = 0,2$ мм, акс этувчи қобик диаметри $d_o = 0,4$ мм.

Тадқиқ этилган барча оптик толаларнинг узунлиги 1 м. “Нурлантирувчи – боғланма – оптик тола – боғланма – кабель – боғланма – оптик нурланиши қабул қилгичи (ОНҚҚ)” бирлашмаси тадқиқ этилди.



1-расм. “Нурлантирувчи – бўлинма – оптик тола – бўлинма – кабель – бўлинма – ОНҚҚ” характеристикасини бартараф этиш учун экспериментал схема қурилмаси

Ўтказилган ўлчаш ишлари натижасида полимер тола торцларида линза диаметрининг ўзгариши учала тола учун световоднинг ўтказувчанлик хусусиятига таъсир этмайди.

Толанинг узунлигига боғлиқ бўлган йўқотишни баҳолаш ўтказилди.

Ушбу ўлчашларда инфрақизил нурланишли, йўналиши диаграммаси кенг бўлган светодиоддан фойдаланилди. Бундай қурилмани ҳисоблаш учун қуйидаги фаразларга асосланилди:

- 1) ёруғликнинг ютилиши ва ёйилишида йўқотишлар бўлмайди;
- 2) нурланиш меридианал тарқалади ($\alpha=0$);
- 3) йўналиши диаграммаси тўлиқ световоддан ўтади;
- 4) назорат қилинаётган муҳит чексиз катта.

Апература таркибидаги нурланиши қабул қилгичларининг фотозлектрик параметрлари реализациясининг асосий шarti нурланиши қабул қилгичларини турини тўғри танлаш керак.

Қувват блокидан (ҚБ) ўзгарувчи резисторга R ток нурлатувчи диодга (НД) берилади. НД сифатида нурлантиририш қуввати 10 мВт гача, тўлқин узунлиги 0.85 – 1.2 мкм бўлган АЛ-107Б нур диодидан фойдаланилди. НД нурланиш бўлинма орқали ўрганилаётган оптик толага узатилади, кейин бўлинма орқали оптик кабелга узатилади. Оптик кабелдан бўлинма орқали нурли оқим оптик қабул қилгичнинг (ОҚҚ) нурга сезгир юзасига тушади. ОҚҚ сифатида ФД-11 фотодиодидан фойдаланилган. ОҚҚдан сигнални оптик тестер(ОТ)и қайд этади.

Ўтказилган ўлчаш ишлари натижасида полимер тола торцларида линза диаметрининг ўзгариши учала тола учун световоднинг ўтказувчанлик хусусиятига унча таъсир этмаслиги таъсдиқланди.

Ўлчанаётган ахборотнинг кодланиш принципларидан келиб чиқиб оптик толали датчиклар тақдим этилган ва тасвирланган. Оптик толали датчиклар қўлланилиш соҳасининг афзалликлари ва камчиликлари кўрсатилган. Оптик толали ўлчаш тизимларининг мезонлари ва талабларининг танлаш тақдим этилган ва асослаб берилган.

Беш йўналишда деформациялар, ёриқлар ва бузилишлар оптик толали индекаторларининг қўлланилиши имкониятлари устида олиб борилган тадқиқотлар толали световод қўлланилган мураккаб конструкцияни назорат қилиш ва диагностикалашни ўтказиш имконини берувчи оптимал мезонларини ўрнатди. Механик катталикларнинг яратилган оптик электрон ўзгартиргичлари уларнинг оптик толали трактларда қўлланилиши афзалликларини намоён қилди.

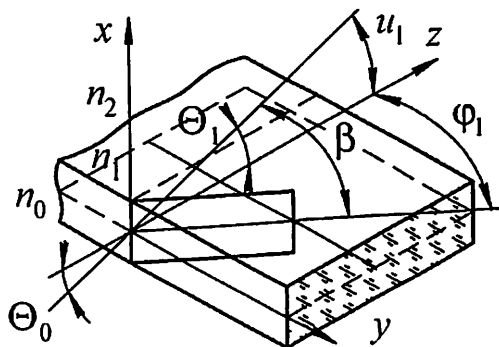
Диссертациянинг учинчи «Бирламчи элементлар асосига оптоэлектрон назорат ўлчов қурилмаси тадқиқ қилиш» бобида оптоэлектрон ўзгартиргичларга асосланган назорат ўлчов тизимлари ишланмасининг ўлчаш тизимлари натижалари ва оптик толали датчиклар қўлланилган ҳамда оптик-электрон бошланғич ўзгартиргичлари тадқиқоти натижалари келтирилган. Бузилган тулик ички акс этишли очик каналнинг ярим ўтказгичли оптрон асосидаги оптик толали ўзгартиргичларининг назарий ҳисоблари келтирилган.

Моддалар ва материаллар физик-кимёвий параметрларини очик оптик канал (ООК) оптрон асосида назорат қилиш учун оптоэлектрон назорат-ўлчов тизимлари (ОНЎТ), нурланиш манбаи(НМ), ясси диэлектрик световод ва оптик қабул қилгичдан таркиб топган. ОКОС иши асосида световоднинг назорат қилинаётган конструкция ташқи юзаси билан кантакти вақтидаги турли нур ўтказувчанлик тамойили ётади. Назорат қилинаётган суюқлик синиш кўрсаткичининг световод синиш кўрсаткичига яқинлашиш вақтида сигнал камаяди, чунки бу ОҚҚда нурланишининг световод бўйлаб тарқалиши натижасида келаётган нур чегараларининг йўқолишига олиб келади. Шунингдек ясси ООКли оптрон асосидаги ОНЎТ иши имкониятларининг назорий асослари берилган. Тўғри бурчакли, йўналиши диаграммаси эркин шаклли световоднинг нур ўтказувчанлиги ўрганилган. Световоднинг барча турдаги энергия йўқотишларини ҳисобга олишда

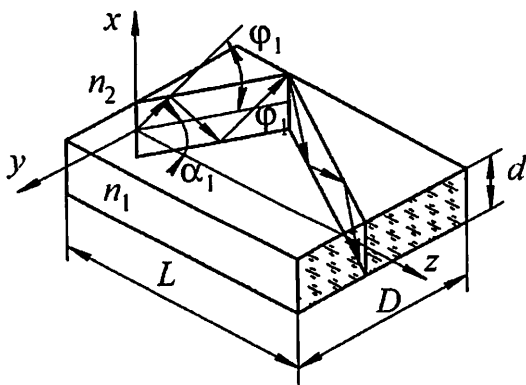
нурланиш манбаининг қабул қилгичгача бўлган йўлида световоднинг узатиш коэффициентини ундан ўтган Φ нурланиш энергияси оқимининг огаётган Φ_0 га нисбати сифатида аниқланади, яъни

$$f = \Phi / \Phi_0 \quad (1)$$

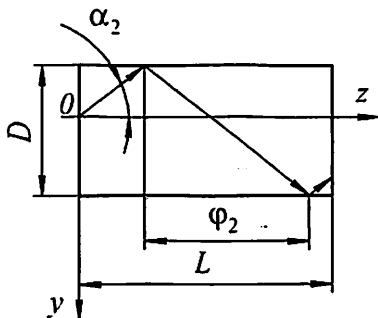
Нурланиш манбаи энергияси оқимини φ_0 ва U_0 бурчак остида тақсимланишини $\Phi = \Phi(\varphi_0, U_0)$ формула билан ифода этиш мумкин.



2-расм. Ёруғликнинг ясси параллел светодиод пластинада ёйилиши



3-расм. Нурнинг тўғри бурчакли световодан ўтиши



4-расм. Тўғри бурчакли световоддан ўтаётган нурнинг YOZ координна юзага проекцияси

Жисм бурчаги элементининг ичида ёйилаётган $d^2\Phi$ энергия оқимининг кичик қисми учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$d^2\Phi = I \sin u_1 \sin u_2 \quad (2)$$

бу ерда $I(\varphi_0, u_1)$ - нурланиш кучи.

Световоднинг ёруғлик ўтказувчанлиги ундан ўтаётган Φ энергиянинг оғувчига нисбати билан белгиланади, яъни

$$\tau = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\Theta_1}^{\Theta_2} I(1 - R_\varphi)^2 \cdot e^{-\varphi} \cdot R^x \sin \Theta_1 d\Theta_1 d\varphi_1 / \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\Theta_1}^{\Theta_2} I \sin \Theta_1 \sin \varphi_1 d\Theta_1 d\varphi_1 \quad (3)$$

Бу (3) формула исталган шаклдаги световоднинг кўндаланг кесим ўлчамларида фойдаланилаётган ёруғлик тўлқини узунлигидан анча катта бўлган ёруғлик ўтказишини ҳисоблаш имконини беради. τ ни ҳисоблаш учун световоднинг муайян турини бериш керак, яъни формуланинг тўғри бурчакли, цилиндрик ва ҳ.з. световодларга қўлланилишини кўриб чиқиш керак.

Якуний интеграллаштиришдан сўнг тўғри бурчакли световодларнинг ёруғлик ўтказишини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\tau = (1 - R_\varphi)^2$$

L световоднинг нолга интилувчи узунлигида $\exp(-eL)$ катталиқ бирга интилади, ва τ_1 ва τ_2 ҳам бирга интилади, $\tau = (1 - R_\varphi)^2$. Чексизликка интилувчи d да эса, τ нолга интилади, чунки йўналтирувчи юзалардан йўқатишлар ошиб боради.

Параллел юзали пластина учун $d = \infty$ ни қабул киламиз ва қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$\tau = (1 - R_\phi)^2 e^{-\alpha d} / \ln R(L\beta_1) \cdot (\rho^{L\beta_1/d-1}) \quad (4)$$

(3) ва (4) таусланганда ясси параллел кават ёруғлик ўтказувчанлиги тўғри бурчакли световоднинг ёруғлик ўтказувчанлигидан катта жойлашганини кўрамыз.

Ушбу бобда оптик нурланишли приёмникларини танлаш усулларида келтирилган. Узликсиз режимдаги лазер нурлантирувчилар кирувчи кувват стабилизацияси занжирига уларнинг параметрларини улаш учун фотоприёмникка эга. Ёруғлик таратувчи приборлар ва приёмник чикишида реакция спектрининг қиёсий характеристикаси келтирилган. Шунингдек бу бобда ИЛПН – 30х лазер светодиодларнинг асосий характеристикаларидан келтирилган.

Оптик – электрон ўзгартиргичлар ва операцион кучлантиргични ҳисоблаш методикасини яратиш учун шуни ҳисобга олиш керакки, операцион кучайтиргич деганда доимий токни аппаратура узелларини (кўпинча микросхемасини) қуриш имконини берувчи кучайтиргич деб тушуши қабул қилинган. ОУ қўлланилган операцион кучайтиргични қўшиш намунавий схемаси ҳам тасвирланган. Микросхеманинг чикувчи қаршилиги қиймати ҳам олинган бўлиб, унинг чикувчи занжирига резистор уланиши келтирилган.

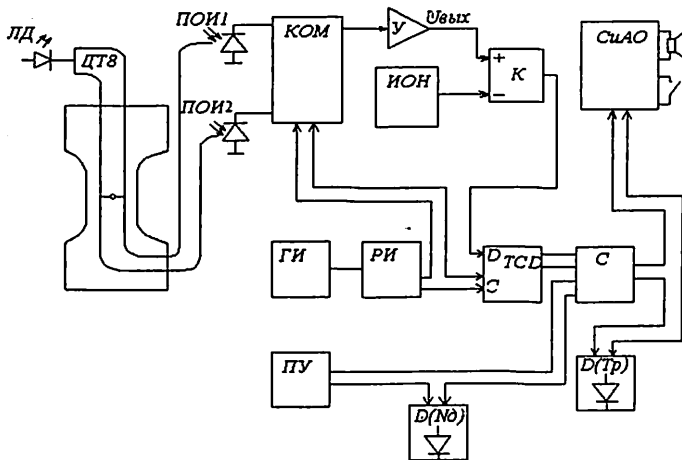
Навбатда носозликларни детектирлашнинг оптик – электрон схемасини яратиш ва индикация элементини танлаш келтирилган. Микроконтроллерга суоқ кристалли белгини синтезловчи индикатор периферия қурилмаси сифатида уланиши ва микропроцессор ва периферия қурилмаси сифатида қўлланилувчи LCD модулининг бирлашиши намунавий схемаси кўрсатилган.

Узатувчи муҳит сифатида оптик тола қўлланилган очик типдаги оптопарлар ишлаб чиқилган. Нурланиш қабул қилгичларини танлаш усули тақдир этилган. Насозликларнинг оптик электрон назорат – ўлчам ўзгартиргичлари ишлаб чиқилган ва мальюмотларга ишлов бериш қурилмаси тпнловчи асослаб берилган.

Насозликларни детектирлаш оптик электрон тизими яратилган ва индикация элементи танлови асослаб берилган.

Диссертациянинг тўртинчи «Механик конструкциялар хусусиятларини диагностикалаш ва назоратда толали - оптик ўлчам тузумларини яратиш» бобида механик конструкциялар хусусиятларини диагностикалаш учун «ОСП-2М» тизимининг функционал схемаси ва механик конструкциялар элементларининг чарчаш ёриқларини пайдо бўлишини қайд этиш, тарқалиш жойларини аниқлаш қурилма блок схемаси тасвирланган.

Тадқиқ қилинаётган конструкция ёриқларнинг пайдо бўлиши ишга тушган датчикка мос келувчи светодиод, овозли сигнализациянинг уланиши, шунингдек бошқариш релесининг ташқи қурилмалар билан ишлаб кетиши билан кузатилади.



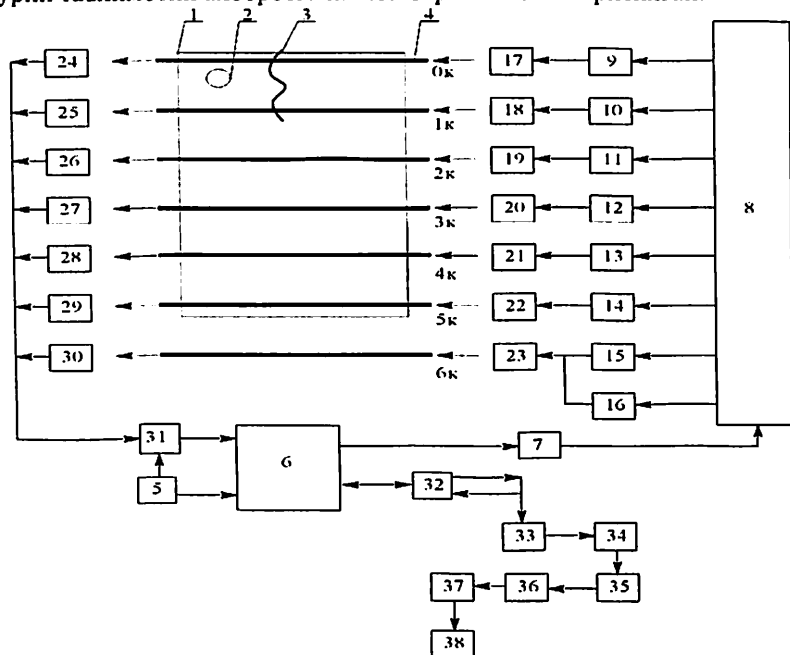
5-расм. “ОСП – 2М” тизимининг функционал схемаси

5-расмда: ЛД – лазерли диод, ДТ8 – ёрилишлар датчиги, ПОИ – оптик нурланиш қабул қилгичи, КОМ – коммутатор, УФ – фотооқим кучайтиргичи, ИОН – таянч нурланиш манбаи, К – компаратор, ГИ – импульслар генератори, РИ – импульсларни тақсимлаш қурилмаси, ТСД – кўрсаткичлар ҳолати триггерлари, ПУ – бошқарув пулти, Д(Тр) – бузилган датчик рақамининг индикатсиялаш светодиоид дисплейи, Д(Нд) – “канал номери” светодиоид дисплейи, СИАО – сигнализация ва автоматик ўчиш қурилмаси, С – мос келиш қурилмаси.

Механик конструкциялар элементлари ёриқларини топиш ва қайд этишнинг «ОСП – 7М» етти каналли оптоэлектрон тизими ишлаб чиқилган бўлиб, у лазерли диод (ЛД), сигнализация, индикация ва бошқарув блоки (СИУ), шунингдек датчиклар тўпламидан ташкил топган. Толали датчиклар учлари бир томондан боғлам қилиб йиғилади. Унинг чети лазер ёки светодиоид билан ёритилади. Датчикларнинг бош учлари индивидуал фото қабул қилгичлар блок (СИУ) га уланган. Датчикларнинг ўзи елим ёрдамида конструкциянинг исталган жойига мустаҳкамланади. Агар назорат қилинаётган юзада ёриқ пайдо бўлса, датчик бузилади ва фотодетекторга ўтаётган ёруғлик оқимининг интенсивлиги сусаяди. Электрон қурилма фотодетекторлардан келаётган сигналларга иш беради ва овозли сигнализацияни бузилиш они ҳақида реализациялайди, бузилган датчик номерини индикациялайди, шунингдек ташқи қурилмани тезкор ўчиради. Назорат қилинаётган юзада нур таратиб турган доғ носозлик жойини визуал топиш имконини беради. Оптик толаларда сигнал ўзгаришларни ўлчаш аниқлигини ошириш ишланмасининг асосини ташкил этади.

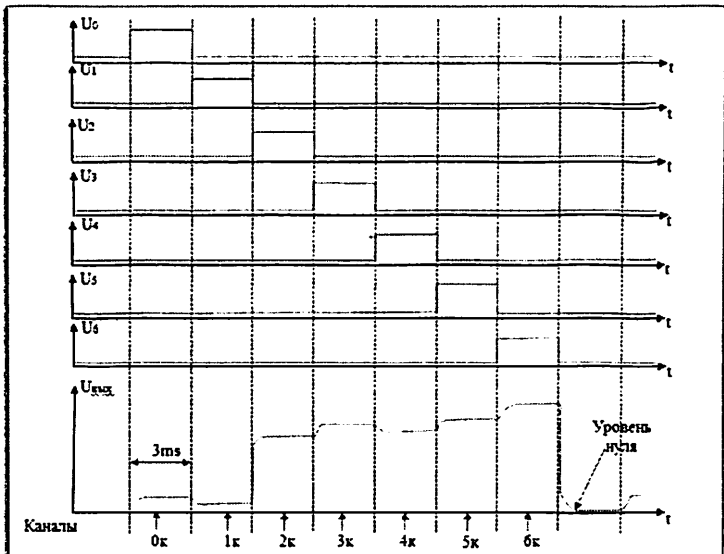
Бу вазифа шундай ҳал қилинади: конструкцияларнинг носозлик жойларини аниқлаш қурилмаси учун ёки ундан оптик V- шаклидаги толали

световод (датчик)лардан тузилган, улар бир биридан 3мм ораликда ёриқлар пайдо бўлиши мумкин бўлган зоналарда жойлашган. Шунингдек қурилмада учта лазерли диод, оптик нурланишнинг учта ўлчаш қабул қилгичи, фотоэлектр сигналга ишлов берувчи блок мавжуд. Ундан ташқари унга датчикларнинг еттига оптик канали, еттига кетма-кетли ва битта чекловчи резистор, еттига нурлантирувчидан иборат. Блок еттига принципикдан иборат блок микроконтроллери, қабул қилувчи-узатувчи ва махсус ишланган дастурий таълимотни ахборотга ишлов бериш блоки киритилган.



6-расм. Механик конструкциялар элементларининг чарчаш ёриқларини пайдо бўлишини қайд этиш, тарқалиш жойларини аниқлаш қурилма блок схемаси

6-расмда: 1 – синалаётган механик конструкция фрагменти, 2 – панелларнинг қаттиқлик қовурғаси билан болт ёки клепа ёрдамида бирлашиши, 3-ёриқ, 4(0к-6к)-полимер световодлар (датчиклар), 5 – қувват манбаи, 6 – микроконтроллерлар, 7 – коммутатор, 8 – қувват кучайтиргич, 9 – 16 ёнма-ён резисторлар, 17 – 23 – лазерли диодлар (ЛД), 24 – 30 – оптик нурланишнинг ўлчаш приёмниклари (ПОИ), 31 – кучайтиргич, 32 – РС232 қабул қилгич, 33 – аналогли-рақамли ўзгартиргич (АЦП), 34 – компьютер, 35 – маълумотлар файллари, 36 – маълумотларга рақамли ишлов бериш, 37 – натижаларнинг математик ишлов бериш, 38 – тажрибалар статистикаси.



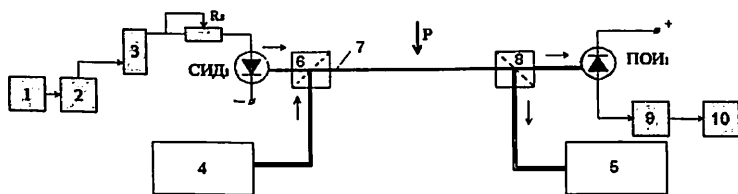
7-расм. Қурилма ишининг вақт диаграммаси

Қурилманинг оптик каналларни сўровида ишлашининг вақт диаграммаси 7-расмда берилган. Бу ерда контроллер ишлаб чиқарадиган нурлантирувчи диодларнинг уланганлик сигналлари U_0-U_6 деб белгиланган. Қабул қилувчи диодларнинг фотооқимининг кучайтиргич-ўзгартирувчи чикишидаги сигнал U_{adc} деб белгиланган, чунки у контроллернинг аналогли - рақамли ўзгартирувчисининг кирувчи сигнали ҳисобланади. Диаграммада U_{adc} сигналнинг дастлабки икки канал толалари остида ҳосил бўлган ёрик туфайли зарарланган вазиятдаги шакли кўрсатилган.

Оптик толали кабелнинг ўлчаш тизим сифатида қўлланилиши муаммолари кўриб чиқилади. ТОК узунлиги Бугер-Ламберт-Бера формуласидан фойдаланилган ҳисоби кўрсатилган. ТОАЛнинг ташқи омиллар туфайли пайдо бўладиган нуқсонлари диагностикаси учун қурилма тақдим этилган.

Тажриба давомида ТОАЛ айрим жойлари кафолатланган захиралари тугатган бўлиши, айримлари эса эскиришининг интенсив фазасида бўлиши мумкин, айримлари эса қаричнинг интенсив фазасида жойлашиши мумкин. Бу ҳолат сўзсиз, конструкция ишончилигига таъсир кўрсатади.

ТОАЛнинг ташқи омиллар туфайли пайдо бўладиган нуқсонлари диагностикаси учун ишлаб чиққан қурилма 8-расмда берилган.



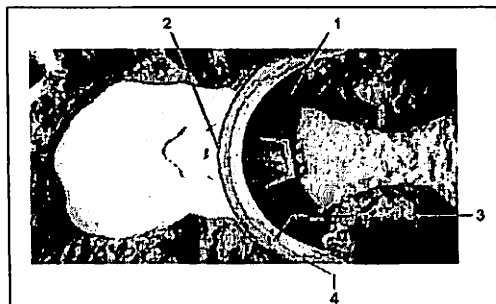
8-расм. Ўлчаш тизимли блок схемаси

8-расмда: 1-бош генератор, 2-триггерлар, 3-қувват кучайтиргичлари, 4,5-қабул қилувчи-узатувчи алоқа қурилмаси, 6,8-тақсимлагич, 7-ОК, 9-фотозлектр сигналга қайта ишлов бериш блоги, 10-ўлчовчи қурилма ёки ЭХМ, P- деформация

Шундай қилиб, хулоса қилиш мумкинки ишлаб чиқилган қурилма нафақат ТОАЛ деформациясини ўлчаш масалаларини ҳал қилишини балки бошқа мақсадларда, масалан, турли конструкцияларда нуқсонларни топиш учун қўлланилиши мумкин, чунки толали световодлар ёрдамида конструкцияларнинг турли нукталарида деформациялар ва ҳолатларни назорат қилиш мумкин. Шундай қилиб, датчиклар учун кам энергия сарфловчи, сезувчанлиги юқори замонавий техник талабларга жавоб берувчи кичик габаритли, арзон ва сезгир элементлар турли механик бузилишлар ва носозликларни назорат қилиш учун самарали қўлланиши мумкин.

Бу бобда шунингдек, турли конструкцияларнинг оптик толали кабеллар асосида механик носозликларни автоматлаштирилган назорат қилиш ва диагностикалаш қурилмасининг макетли намунасини ишланмаси келтирилган. Оптик толаладан фойдаланиш асосида ёрикларни қайд этиш натижалари рефлектометрда олинди.

Ўлчашлар ўтказиш учун гидроэлектростанция макети 9-расмда ишлаб чиқилган.



9- расм. Характеристикаларни олиш учун экстремал макет наъмунаси

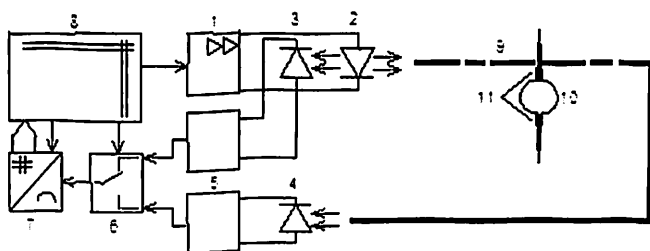
9– расмда: 1 – гидроэлектростанция объекти (жумладан дамбаларда), 2 – юкори чарчаш мустаҳкамлигига эга ёриқ, 3 – оптик толали кабел, 4 – рефлектометр.

Шундай қилиб, қаттиқ жисм физикаси толали оптика ва оптик толалар ва ярим ўтказгич қурилмалар нархининг пасайиши туфайли оптик толага асосланган датчиклардан кенг фойдаланиш имконияти пайдо бўлди.

Оптик толалар ёрдамида турли конструкциялар (тўғонлар, кўприklar, фукаро иншоотлари)нинг механик носозликларини топиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Механик конструкциялар мониторинги натижасида интерферометрик ўлчашларнинг усуллари ишланган.

Дастлабки уч йуналишли изланишлар натижасида кварц ва полимер, шу қаторда текис светодиодлардан назорат қилинаётган сиртларга кўрсаткичлар ўрнатиш технологиясини яратиш имконияти пайдо бўлди.

Изланишлар жараёнида олинган натижасида кварцли полимер ясси световодларни ўрнатиш технологияси яратилди. Тадқиқотлар жараёнида қатор техник ва технологик муаммолар комплекси ҳал қилинди прибор апаратининг амалдаги макети ишлаб чиқилди. Параллел равишда назорат апаратурасини қурилиши тамойиллари бўйича ҳам тадқиқотлар олиб борилди. Индикаторлар ҳолатини назорат қилишнинг икки усули ишлаб чиқилди. Биринчи усул индикатор орқали ўтадиган оптик нуруланишни қувватини ўлчашга асосланган. Бу вазиятда бузилишли идентификация қувват қийматининг кескин камайиши бўйича амалга оширилади. Иккинчи усул қисқа импульс билан зондланиши, унинг тўғри ва тескари йуналишда тарқалиши ва ушбу вақтнинг камайиши тўғридан-тўғри ва тескари йуналишда тарқалиши ва ушбу вақтнинг камайиши фактини қайд этилишига асосланган.



10-расм. Ички ўрнатишган назорат фотодетекторига эга лазерли диоддан фойдаланиш схемаси

10-расмда: 1 – ток кучайтиргич, 2 – лазерли диод, 3 – назорат фотоприёмник, 4 – ўлчовчи фотоприёмник, 5 – ток ўзгартирувчилар 6 – алмаштирувчи, 7 – АРЎ, 8 – бошқарув қурилмаси, 9 – индикатор, 10 – контсентратор, 11 – ёриқлар.

Платиналар бузилишини ўлчаш учун нурланиш тулкини узунлиги 8,5нм бўлгандан фойдаланилган оптик тестер ёрдамида ўтказилган экспериментлар натижаси олинди. Экспирементал ўлчашлар учун интерферометрик методикадан фойдаланилди.

Назорат қилинаётган параметрлар нуктаи назардан экспериментал тадқиқотлар қуйидаги параметрларни ўрганишга юналтирилади:

- деформация (чўзилиш, сиқилиши);
- силжиш;
- ёриқларнинг ҳосил бўлиши;
- носозликлар.

Оптик электрон ўзгартиручиларнинг механик конструкцияларнинг назорат қилиш ва диагностикалашнинг автоматлаштирилган ўлчаш тизими ишлаб чиқилди.

Механик конструкциялар элементларининг чарчаш ёриқларини топиш ва қайд этиш учун «ОСП-7М» етти каналли оптик электрон тизим ишлаб чиқилган бўлиб, у лазерли диод блоки, 0 сигнализация ва бошқариш блоки датчиклар комплекстидан таркиб топган, ушбу тизимнинг устунлиги шундаки оптик толаларда оптик сигнал ўзгаришларини ўлчаш орқали аниқлик ошади.

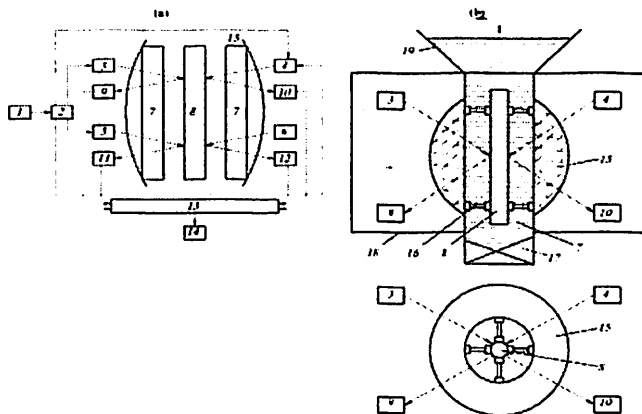
Толали оптик кабелнинг ТОАЛ дефектларини назорат қилиш ва диагностикали қурилмасида ўлчаш тизими сифатида қўлланилиши нафақат ТОАЛ деформацияларини топиш, балки бошқа мақсадларда (турли конструкцияларда дефектларни топиш).

Диссертациянинг бешинчи «Оптик электрон ўзгартиргичлар асосидаги автоматлаштирилган ўлчаш тизимлари ишланмаси» бобда суюқликларни таҳлил қилиш учун оптик электрон автоматик колориметрнинг янги конструкцияси баён этилган. 11а-расмда қурилманинг блок схемаси, 11б-расмда эса – датчикнинг конструктив схемаси келтирилган.

Бошқарувнинг иккинчи ҳолатида иккинчи оптопара уланади, ўлчаш жараёни такрорланади, қолган барча оптопаралар учун ҳам бу ҳолат такрорланади. Баён этилган усул асосида “ОАКК1М” оптик – электрон автоматик колориметр ишлаб чиқилди. Асосий техник характеристикалар: оптик зичлик 0.000 – 0.800Б диапазонда абсолют хатолик 0.010Б дан ортиқ эмас; нурланиш манбаи тўлқинлари узунлиги 920, 680, 560, 450 нм; кюветанинг оптик йули узунлиги 6 мм; қувват 220В, 50Гс, 3Вт; қурилма катталиги 200х 50х 200 мм, оғирлиги ≤ 3.0 кг. Ўлчанишнинг юқори аниқлиги нурланишнинг тадқиқ этилаётган объект орқали икки марта ўтиши ва кюветанинг стационар жойлашиши орқали эришилади.

Ишлаб чиқилган қурилма қуйидагича ишлайди: кювета 15 нинг цилиндрик бўшлигини ковакнинг 7 суюқлик билан тўлдирилгач у бир неча светодиодларнинг тўлқин узунлиги 920 – 450 нм бўлган нури билан нурланади. Қурилмани технологик жараён линиясида ўрнатиш мумкин, яъни

труба орқали оқиб ўтаётган суюқликни назорат қилиш мумкин. 1 нинг вазифаси 8 – 10 Гц частотали тўғри бурчакли импульсларни ишлаб чиқаради.



11-расм. Оптик электрон автоматик колориметр: а – блок схема; б – датчик конструкцияси

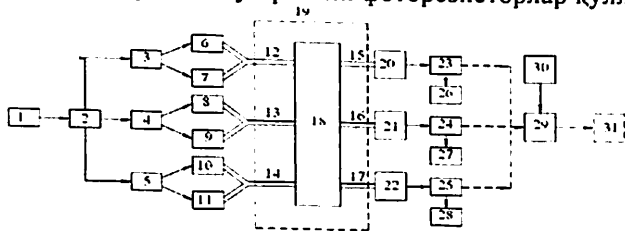
Импульслар коммутатор оптронлар бошқарувида 2 орқали навбат билан 3 – 6 ёруғлик таратувчи диодларга узатилади. Бошқарув коммутаторининг биринчи ҳолатида 2 диод нурланиши 3 фокусланади ва стержендан 8 акс этади ва қабуллагичга 9 тушади. Кейин сигналларга ишлов бериш блокига 13 тушади ва бу ерда компенсацион ва ўлчовчи оқимлар сигналларининг муносабати шаклланади. Муносабат сигнали ўтказиш оптик коэфффицига пропорционал, ва унинг қиймати бўйича аралашмада моддалар концентрацияси аниқланади.

Ушбу бобда қаттиқ материаллар, (метал, пластмасса, шиша, қоғоз ва ҳоказолар) юзасининг ранг параметрларини ўлчаш учун оптик-электрон автоматик анализатор баён этилган бўлиб, у ранг маҳсулот сифатининг асосий кўрсткичларидан бири ҳисобланади саноат соҳаларида қулланилади.

Қаттиқ материаллар юзасининг ранг анализатори қурилмаси, 15-расмда датчик бири эса 12 - расмда берилган. Ранг анализатори датчик ва электрон блокдан тузилган. Датчик 1 яримсфера қурилишида ишланган бўлиб, унга уч жуфт Y- шаклдаги олиб келувчи 2-4 ва чиқувчи 5-7 оптик толалар ўрнатилган.

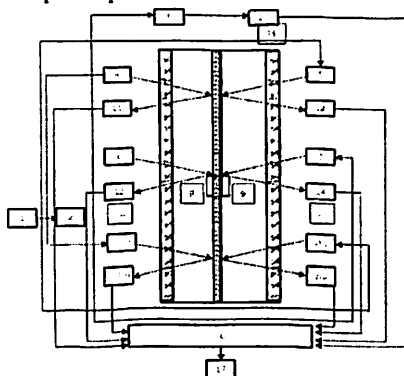
Ёруғликнинг 2-4 олиб келувчи ва 5-7 чиқувчи оптик толалардан ўтиши туфайли параметрларни назорат қилиш имконини берувчи тор нурланиш дастаси берилади ва қабул қилинади. Физик маъноси қуйидагича: ранг параметрлари предметларининг объектив хусусияти сифатида аниқланади. Бу таърифда иккита аспект берилган – бир-бири билан узликсиз боғлиқ боғланган физик ва психофизиологик.

Курилма тўлқин узунлиги $\lambda_1 = 680$ нм, $\lambda_2 = 560$ нм, $\lambda_3 = 450$ нм бўлган уч ўлчашли ҳисобига юқори аниқликка ега оптик нурланишнинг эталон прёмниклари сифатида кўп рангли фоторезисторлар қулланилган.



12-расм. Қаттиқ материаллар юзаси ранг анализаторининг структуравий схемаси

Шунингдек суюқликлар соҳаларнинг (нефт маҳсулотлари, ўсимлик ёғи, глицерин, шарбатлар, ичимликлар)нинг физик кимёвий параметрларини назорат қилиш оптик-электрон кўп параметрли полориметр ишлаб чиқилган ва уларни тайёрлаш технологик жараёнларини бошқариш шунингдек тиббиётда, (сийдик, қон, ошқозон соки таҳлили) фойдаланиш учун. Оптик-электрон кўп параметрли колориметр корпусга жойлаштирилган генератор, диодлар, диодлар билан оптик боғланган ўлчовчи фотоприёмниклар, чиқиши қайд қилувчи прибор билан боғланган фотоэлектр сигналга ишлов берувчи блок, кювет (учига назорат қилинаётган суюқлик кювет бўғимига ўтиши ва тўхталиш учун кран уланган) оптопаралардан бирига нурланишини ўтказиш учун комутатор, кюветдан ташқари унда цилиндр шаклидаги кварцли шишадан яслган икки томондан иккта акс этувчи юзали ясси кўзича бириктирилган лазер диодлардан иборат ундан ташқари таянч оптопара ҳам назарда тутилган бўлиб, лазерли диод ўлчашлар натижаларининг тўғрилигини таъминловчи фотопрёмник.



13-расм. Оптик-электрон кўп параметрли колориметр блок-схемаси

Оптик-электрон кўппараметрли колориметрнинг блок-схемаси 13-расмда келтирилган.

Қурилма қуйидагича ишлайди. 1 генератор 8-10 Гц ли тўғри бурчакли импульсларни чиқаради, 2 бўлинган импульслар коммутатор оптронлар ўзгартиргич орқали 4, 5, 6, 7, $(n-1)_{\text{н}}$, $n_{\text{н}}$ лазерли светодиодларга кетма-кет узатилади, (лазерли светодиодлар ярим шаффоф суюқликларда мавжуд n компонентлар параметрлар)нинг спектрал характеристикаларга эга), бунда оптопаралар кетма-кет уланади, 3 лазерли диод ва ўлчовчи қабул қилгичлар 10 таянч оптопарани ташкил этиб, ўлчаш сигналларини таянч канал сигналлари билан таққослайди ва ўлчов натижалари тўғрилигини таъминлайди. Кюветанинг цилиндрик бўшлиғининг 15 назорат қилинадиган суюқлик 9 билан тўлдирилади ва лазерли светодиодлар билан нурлантирилади.

Ўзгартиргичнинг биринчи ҳолатида лазерли диоднинг 4 нурланиш фокусланади, назорат қилинаётган 9 суюқликлардан ўтади, 8 ясси кўзуларнинг бирининг юзасида акс этади назорат қилинаётган наъмунадан 9 қайта ўтиб ўлчовчи фотоқабул қилгич 11 келиб тушади. Кейин сигналлар фотоэлектрик сигналларни қайта ишлаш блоки (ФЭСҚБ) 16 га келиб тушади, ва у ерда ушбу ўлчовчи оқим диоддан 3 компенсион оқим ва ўлчовчи қабул қилгич оқим муносабати сигнали ўтказиш коэффициенти суюқлик ёки шаффоф қаттиқ жисмларнинг оптик зичлиги катталигига пропорционал. Натижалар ўлчовчи асбобга ёки ЭХМ17 га узатилади, унинг кўрсаткичи қараб параметрлари ҳақида сўз юритиш мумкин. ЭХМ аналого-рақамли ўлчаш, ўзгаришлари, ҳисоблаш амаллари олинган ахборотни бериш, оптик-электрон кўп функционалли автоматик ўлчаш - назорат тизимлари учун зарур бўлган маълумот бошқа ва хизмат ахборотларини шакллантиради. Бутун конструкция 20 жойлаштирилади, қурилманинг ўзи эса технологик жараён линиясида, ўрнатилиши мумкин, яъни у 13 – расмда кўрсатилган трубадан стрелка бўйлаб оқиб ўтувчи суюқлик (қон нусхаси, шарбат, ичимлик, пиво ва ҳ.з) ни назорат қилиши мумкин.

ХУЛОСА

Ўтказилган тадқиқотлар давомида асосий натижалар қуйидагилардан иборат:

1. Оптоэлектрон назорат-ўлчов ўзгартиргичларини яратиш учун бошланғич элементлар хусусиятларини ўрганиш ва тўғри бурчакли световодларнинг оптик-толали алоқа узатиш йўлини ўрганиш, ёруғлик ўтказувчанлигини ҳисобланиши натижасида нурланиш манбалари (тўлқин узунлиги 0.85 – 1.2 мкм бўлган АЛ-107Б нур диоди) ва қабул қилгичларини (ФД-11 фотодиоди) рационал танлаш амалга оширилади.

2. Носозликлар юзага келган майдонни аниқлаш учун оптик – электрон ўзгартиргичларнинг электрон схемасини ишлаб чиқиш ва КР551УД2А турдаги операцион кучайтиргичда ўтказилган назарий ҳисоблашларни амалга

ошириш натижасида маълумотларга ишлов бериш қурилмасининг PIC16F84 микроконтроллер ва индикация элементлари танланади.

3. Экспериментал механик конструкцияни деформация, силжиш, ғовақлар ўлчамлари ҳолатини ўлчовчи қурилма яратилиши ва оптик-толанинг сезгир элементи сифатида фойдаланиш хусусиятлари экспериментал тадқиқ этилиши натижасида, полимер световодларнинг уч тури (Оптик-тола ўзак диаметри $d_c = 0,4$ мм, акс этувчи қобик диаметри $d_o = 0,6$ мм.; Оптик тола, ўзак диаметри $d_c = 0,4$ мм, акс этувчи қобик диаметри $d_o = 0,5$ мм.; Оптик тола, ўзак диаметри $d_c = 0,2$ мм, акс этувчи қобик диаметри $d_o = 0,4$ мм) устида олиб борилган тадқиқотлар баён қилинади, толани – оптик узатиш йўли экспериментал тадқиқотлари натижаларида ишлаб чиқилган тадқиқот усуллари асосланади.

4. Оптик-толали алоқа линияларига ташқи таъсирлар ҳолатини текшириш ва назорат қилиш (асосан магистрал линияларда тоғли ва кумли худудларнинг механик таъсирини 0,9-1,2 м хатоликда диагностикалаш, қайта тиклаш вақтини 2-3 марта қамайтиришга эришиш) усуллари оптоэлектрон автоматлаштирилган қурилма асосида ишлаб чиқилади.

5. Механик конструкция элементларида деформацияни аниқлаш, ёриқларнинг юзага келиш ва тарқалиш майдонини рўйхатдан ўтказиш, гидротехник иншоотларнинг (тўғон, дамба) параметрларини баҳолаш ва онлайн режимида рўйхатдан ўтказишнинг «ОСП – 2М» икки каналли оптоэлектрон автоматлаштирилган ўлчов тизими ишлаб чиқилади. Механик конструкция элементлари чарчаш ёриқларини қайд этиш ва тарқалиш жойларини топишнинг «ОСП – 7М» етти каналли тизимини яратилиши ва тадқиқ этилиш усулларини ишлаб чиқилиши ва амалда тадқиқ этилиши натижасида электр токидан фойдаланадиган датчиклардан фарқли равишда, оптик толали датчиклар изоляцияни талаб қилмайдиган, коррозияланмайдиган, қурилма носозликларни визуал аниқлайди.

6. Қаттиқ жинсли конструкцияларнинг деформация ва бузилишини баҳолаш ва назорат қилишда оптик-тола ва световод орасидаги масофани 0,01 мм гача ораликда аниқлаш усулини жориш этишда автоматлаштирилган ўлчов қурилмаси ишлаб чиқилади.

7. Оптик-толали оптоэлектрон фотоколориметрия қурилмасида суюклик моддалари хусусиятларини назорат қилиш (назорат қилишдаги оптик сигнал тўлқин узунлиги 920, 680, 560, 450 нм) услуги ва усули ишлаб чиқилади.

8. Қаттиқ материалларнинг сирти ва ранглари хусусиятларини ўлчашда оптопаранинг уч ўлчамли X, Y, Z ($\lambda_1 = 680$ нм, $\lambda_2 = 560$ нм, $\lambda_3 = 450$ тўлқин узунликларда) параметрига асосланган юқори аниқликдаги оптик-толали оптоэлектрон назорат қурилмаси ва усули яратилади.

9. Суюкликларнинг физик-кимёвий хусусиятларини юқори даражадаги аниқликда баҳолашнинг оптик-тола кўп каналли оптоэлектрон қурилмаси ишлаб чиқилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ 16.07.2013.Т/ФМ.29.01 при ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
и НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

РАХИМОВ БАХТИЁРЖОН НЕЪМАТОВИЧ

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-
ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СВЯЗИ**

**05.04.02 – Системы и устройства радиотехники, радионавигации,
радиолокации и телевидения. Мобильные, волоконно-оптические системы связи**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент–2016

Тема докторской диссертации зарегистрирована за 30.06.2015/В2015.2.Т536 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице Научного совета (www.tuit.uz) и в образовательной информационной сети "ZİYONET" (www.ziyonet.uz)

Научный консультант: Раджабов Тельман Дадаевич
доктор физико-математических наук, профессор

Официальные оппоненты: Назаров Абдулазиз Муминович
доктор технических наук, профессор

Клычев Шавкат Исакович
доктор технических наук

Усманов Темур Бекмурадович
доктор физико-математических наук,

Ведущая организация: Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Защита диссертации состоится « 26 » 02 2016 г. в 10⁰⁰ часов на заседании научного совета 16.07.2013.Т/ФМ.29.01 при Ташкентском университете информационных технологий и Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер А44). Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан « 25 » 01 2016 года.
(протокол рассылки № 07 от « 25 » 01 2016 г.).



Х.К.Арипов
Председатель научного совета по
присуждению учёной степени доктора наук
д.ф.-м.н., профессор

М.С.Якубов
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёной степени доктора наук
д.т.н., профессор

Т.Н.Нишонбоев
Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
учёной степени доктора наук д.т.н.,
профессор

Введение (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время ускоренное развитие технологических процессов по всему миру усиливает востребованность использования средств волоконно-оптических систем связи в процессах производства повседневно. Использование, за последние годы, в различных отраслях производства ультра-миниатюрных энергосберегающих устройств, свидетельствует об увеличении спроса устройств оптического волокна на мировом рынке. Если в 2013 году сумма продаж рынка оптоволоконных измерительных систем составил 1,89 млрд. долларов США и ежегодный прирост составлял 19,6%, то из этого объема 1,22 млрд. долларов зарегистрированы в США, что составляет 64,6% от общего мирового спроса на волоконно-оптические измерительные устройства. По прогнозам ожидается, что к 2018 году мировой объем продаж увеличится до 4,33 млрд. долларов США. Если в 2013 году в Китае размер рынка продажи измерительных датчиков составлял 960 млн. долларов США, то эта цифра, по прогнозам, к 2018 году может увеличиться до 3 млрд. долларов США.

Последовательное развитие информационно-коммуникационных технологий привело к увеличению объема информационных ресурсов и возрастанию скорости передачи информации, в том числе создал условия автоматизации процессов. В этом случае выявление повреждений, нарушений, дефектов и диагностирование, контроль состояния механических конструкций, применение подтверждающих теоретических расчетов по диагностированию, создание различных способов и алгоритмов волоконно-оптических измерительных устройств, которые достоверно, точно и в режиме онлайн, позволяющие проводить мониторинг и создающие условия удобного контроля и диагностирования режимов приобретает важное значение.

В связи с этим, целесообразным является изучение и исследование оптоэлектронных систем, построенных на основе применения волоконных световодов, позволяющих проводить достоверный контроль над прочностью, устойчивостью и надежностью сложных конструкций в онлайн режиме, кроме того, проводить исследования по определению оптических неоднородностей сигналов в волокнах, в зависимости от величин их деформаций, механических усилий, контролировать и измерять физико-химические параметры веществ, а также создавать устройства для обнаружения места и регистрации возможных повреждений в механических конструкциях является весьма актуальным.

Создание волоконно – оптических систем измерения величин механических воздействий, деформаций, плотности материалов, базирующие на оптических сигналах и позволяющие реализовать автоматизированные системы, наряду с повышением точности измерений, диагностировать и контролировать параметры механических конструкций, основаны на разработанных методах и примерах на устройствах обнаружения места

повреждений, регистрации механических нарушений и скорости распространения трещин занимают особенное место.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнения задачи указанной в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-1730 «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий» от 21 марта 2012 г. и №ПП-1957 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию сферы услуг и сервиса в сельской местности в 2013 - 2016 годах» от 17 апреля 2013 г.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертация выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: ППИ-5 – «Разработка информационных технологий, телекоммуникационных сетей, аппаратно-программных средств, методов и систем интеллектуального управления и обучения, направленных на повышение уровня информатизации общества», ППИ-14-«Сейсмология, сейсмобезопасность зданий, сооружений и строительство».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. Исследования, направленные на решение актуальных задач диагностики, контроля и повышение надежности связи, в том числе механических конструкций, с использованием волоконно-оптических систем передачи, и совершенствованием способов и методов диагностики и контроля процессов, занимаются многие зарубежные фирмы и университеты, в частности, International Resource Development Servis Centre of Science, University of Michigan, University of Oregon (США); Intellifiber Networks Centre of Science (Великобритания); Wissenschaftliche Zentrum mit beschränkter Haftpflicht, Technical University of Dortmund, University of Passau, University of Würzburg, (Германия); Optex Centre of Science (Япония); Beyond fiber optic cable (Китай) проводятся широкомасштабные научно-технические исследования.

Исследования по разработке оптоэлектронных систем для обнаружения и регистрации механических нарушений в волоконно-оптических сетях связи, подбор оптических, волоконных датчиков и изготовление стенда для испытаний оптоэлектронных характеристик датчиков повсюду по всему миру ряд научных исследований, среди них такие как: технология увеличения объема измерительных устройств (company International Resource Development Servis, company OptiSense Network, company Corning Glass, University of Michigan, University of Oregon), методы улучшения технологий производства устройств с оптическим волокном (company Intellifiber Networks, Technical University of Dortmund, University of Würzburg), промышленные технологии по производству устройств автоматизированного оптического волокна Gesellschaft mit beschränkter Haftpflicht), использование устройств оптического волокна в медицине и бытовой электронной технике (company Perspective Electronical).

Проводятся приоритетные научно-исследовательские работы по проблемным направлениям: методам контроля и диагностики механических свойств конструкции на основе волоконно-оптических систем связи, основанные на определении деформации, изменении модуляционных параметров светового потока, создание устройств определения места и распространения площади трещин в механических конструкциях.

Степень изученности проблемы. Исследования по разработке оптоэлектронных систем для обнаружения и регистрации механических нарушений в волоконно-оптических сетях связи ведутся в различных направлениях, а подбору оптических волоконных датчиков и изготовлению стенда испытаний оптоэлектронных характеристик датчиков и совершенству их параметров посвящены работы ряда ученых: Т. Okosi, К. Okamoto, М. Osu, Х. Nisixara, К. Kyuma, К. Xatate, D. Gloge, J. Marcatilli, С. Pask, А. W. Snyder, D. J. Mitchell, М. Born, E. Wolf, P.C. Schultz, R. Olshansky, D.A. Nolan, F. P. Kapron, D. B. Keck, R. D. Maurer, E.A.Зак, Г.Н. Горбунова, Ю.И. Ржавин, А.Д. Ионов, М.М. Бутусов, Э. Удда и др.

Методы контроля и диагностики механических свойств конструкции на основе волоконно-оптических систем связи были исследованы отечественными учеными: Т.Д. Раджабовым, Р.Р. Исаевым, А.М. Назаровым, Ю.Г. Шипулиным, А.А. Халиковым, С.Х. Шамирзаевым, Н.Р. Рахимовым, А.А. Симоновым и другими. В последние годы в Узбекистане проводятся целенаправленные исследования в области разработки методов и технологий автоматизированных измерительных систем конструкций на основе оптоэлектронных преобразователей. Однако, для раскрытия всех преимуществ эффективного использования волоконно-оптических измерительных систем в различных сферах и отраслях требуются последующие дополнительные исследования.

Кроме того, в различных отраслях науки и техники при системных анализах применения опто-волоконных устройств, исследованиях волоконно-оптических систем в системах связи и контроля механических свойств конструкций, диагностики и обеспечения надежности не проведены достаточно исследований, а методы решения практических проблем не отражены на должном уровне.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационные исследования проводились в соответствии НИР ТУИТ и отражены в проектах: прикладной проект ЕА5-003 «Разработка методов оптимизации спектральных характеристик высокоскоростных телекоммуникационных сетей связи» (2012-2013 гг.); прикладной проект ЕФ4-ФК-0-72548ЕА5-003 «Разработка метода диагностики оптоволоконных широкополосных линий связи» (2014-2015 гг.).

Цель исследования. Создание автоматизированной измерительной системы контроля и диагностики механических свойств конструкций с

использованием оптического волокна, разработка методики и алгоритма для мониторинга сооружений и систем.

Для достижения цели сформулированы следующие задачи исследования:

разработка методов и теоретический расчет параметров волоконно-оптических преобразователей на основе полупроводникового оптрона открытого канала с нарушенным полным внутренним отражением;

выбор приемников оптического излучения, операционного усилителя, устройства обработки данных, элемента индикации элементов для оптоэлектронных контрольно-измерительных преобразователей;

разработка оптоэлектронной системы для обнаружения и регистрации механических нарушений в волоконно-оптических системах связи;

подбор оптических волоконных датчиков и изготовление стенда для испытаний оптоэлектронных характеристик таких датчиков;

разработка оптоэлектронных преобразователей для создания автоматизированных измерительных систем контроля физико-химических свойств различных веществ;

разработка и изготовление устройства, методики определения мест обнаружения, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин элементов механических конструкций.

проведение полномасштабных измерений и выдача практических рекомендаций.

Объектом исследования являются оптические узлы и элементы волоконно-оптических линий связи, их рабочие параметры, свойства и механические конструкции.

Предмет исследования – расчеты оптоэлектронных преобразователей как оптрон открытого оптического канала, расчет операционного усилителя, обнаружения деформаций в элементах механических свойств конструкций, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин.

Методы исследований. Методы исследований и проведение расчетов затухания в волоконных световодах с использованием расчётов операционного усилителя, выбора устройства обработки данных и элементов индикации, разработка принципиального блока-схемы для обнаружения регистрации зарождения и распространения усталостных трещин элементов механических конструкций, теоретический расчет волоконно-оптических преобразователей полупроводниковым оптроном открытого канала с нарушенным полным внутренним отражением, методы для измерения характеристик оптоэлектронных преобразователей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны методы определения местонахождения механических повреждений магистральных и местных волоконно-оптических линий связи особенно в труднодоступных горных и песчаных местностях на расстоянии 0,9-1,2 метра от места повреждения, восстановление повреждений сокращено по времени в 2-3 раза на основе волоконно оптических устройств;

разработана семиканальная оптоэлектронная автоматизированная измерительная система «ОСП – 7М» мониторинга и обнаружения деформаций в элементах механических сооружений, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин конструкций, диагностика физических параметров гидротехнических сооружений (плотины, дамбы);

разработано устройство контроля и диагностики деформаций, нарушений в твердотельных конструкциях, причем зазор между световодом и оптическим кабелем порядка 0,01мм, что обуславливает повышение чувствительности;

разработан оптоэлектронный фотоколориметр для высокоточного определения параметров жидкостей (используются оптические волны с длиной 920, 680, 560, 450 нм);

разработан оптоэлектронный преобразователь-анализатор цвета поверхности твердых материалов, обладающий повышенной точностью контроля за счет трехмерного измерения (с длинами волн $\lambda_1 = 680$ нм, $\lambda_2 = 560$ нм, $\lambda_3 = 450$ нм);

разработан волоконно-оптический многоканальный оптоэлектронный высокочувствительный фотоколориметр, определяющий физико-химические свойства жидкостных сред.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработана автоматизированная измерительная система контроля и диагностики механических свойств конструкций, рекомендованная предприятиям и организациям связи для исследований спектральных характеристик волоконно – оптических линий связи (ВОЛС), особенно в труднодоступных горных и песчаных местностях, где точность определения место повреждений составляет 0,9-1,2 метра, а время восстановления повреждений сокращено в 2-3 раза, проведены полномасштабные измерения параметров ВОЛС и определены оптимальные режимы тестирования;

разработана семиканальная оптоэлектронная автоматизированная измерительная система «ОСП – 7М» мониторинга и обнаружения деформаций в элементах механических сооружений, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин конструкций, диагностика физических параметров гидротехнических сооружений (плотины, дамбы);

разработаны устройство и методика оценки характеристик, которые могут быть использованы для анализа качества и свойств различных жидкостей (нефть, нефтепродукты, соки и др.);

разработано волоконно-оптическое устройство анализатора цвета поверхности твердых материалов, позволяющее проводить контроль состояния поверхности твердых тел.

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что проведенными и полученными результатами полномасштабных исследований свойств оптоволоконных материалов, используемых для изучения физико-механических параметров веществ, на основе которых разработаны методы и устройства для анализа, мониторинга, контроля,

диагностики состояния различных систем и устройств, используемых для защиты и повышения их эксплуатационной стойкости, качества и надежности. Разработанные устройства и методы защищены патентами.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость полученных результатов исследований заключается в том, что определены перспективы и возможности создания новых типов измерительных устройств и систем на основе волоконно-оптических световодов и технологий. Результаты работы могут быть использованы для систем контроля и мониторинга различных объектов в реальном масштабе времени, создания распределенных и мультиплексных систем волоконно-оптических датчиков физических величин.

Практическая ценность работы заключается в возможности улучшения систем контроля и диагностики волоконно-оптических линий связи, повышения качества передачи информации, увеличения надежности пропускной способности до фундаментальных пределов, определение параметров волоконно-оптических преобразователей на основе полупроводникового оптрона открытого канала с нарушенным полным внутренним отражением, создание оптоэлектронных преобразователей для реализации автоматизированных измерительных систем контроля физико-химических свойств различных веществ и расширение функций волоконно-оптических датчиков при многоканальных системах контроля параметров, создание измерительных устройств на основе волоконно-оптических светодиодов, реализация и проведение исследований по надежности волоконно-оптических линий связи в сети национального оператора, достижение определенной экономической эффективности и получение более высокой точности измерений по сравнению с международными результатами волоконно-оптических измерений.

Внедрение результатов исследования. Разработанное оптоэлектронное автоматизированное устройство контроля и диагностики ВОК представляет практический интерес для нужд связи. Полученные научные результаты и практические разработки в рамках диссертационной работы «Методы контроля и диагностики механических свойств конструкции на основе волоконно-оптических систем связи» успешно внедрены в магистральных волоконно-оптических линиях связи АК «Узбектелеком» (Справка №02/2432 ОТ 18.06.15 года, Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан). Разработанная «ОСП – 7М» – семиканальная оптоэлектронная автоматическая система для обнаружения деформаций в элементах механической конструкции, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин для создания систем мониторинга гидротехнических сооружений, дамб и контроля механической прочности крупных сооружений. Методы определения местонахождения механических повреждений магистральных волоконно-оптических линий связи особенно в труднодоступных горных и песчаных местностях на расстоянии 0,9-1,2 метра

от места повреждения, восстановление повреждений сокращено по времени в 2-3 раза с годовой экономической эффективностью 70 млн.сум.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований апробированы на 20 научно-практических конференциях, в том числе на 10 международных симпозиумах, конгрессах и семинарах, в частности, на Республиканской научно-технической конференции «Оптические, акустические и радиоволновые методы, средства контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» (18-19 мая 2006 г. Фергана, Узбекистан), Международной научно-технической конференции «ГЕО-СИБИРЬ». (Новосибирск, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг.), Международной научно-технической конференции «Прикладная оптика-2008» (Санкт-Петербург, 2008г.), Международной научно-технической конференции «Геодезия, картография и кадастр XXI века», посвященной 230-летию основания Московского государственного университета геодезии и картографии (25-27 мая 2009 г. Москва), «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференцияси (21-22 апрель 2011й, 15-16 март 2012й, 14-15 март 2013й Тошкент ш.), II-Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах (8-9 сентября 2011г. г. Фергана), на международной конференции "The Second Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics" (September 10-13, 2011 Novosibirsk, Russia), «Seventh world conference on intelligent systems for industrial automation» (Tashkent, Uzbekistan November 25-27, 2012 г.), на выставке Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013, IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апр. 2013 г., Новосибирск; Междунар. науч. конф. "СибОптика-2013" (г. Новосибирск: СГГА, 2013г.), «Современные средства связи» Международной научно-технической конференции (15-16 октябрь 2013 г., Минск, Беларусь).

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 43 научных трудов, в том числе 12 в международных журналах, 13 научно-практических конференциях и 4 патента.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, содержит 195 страниц текста, включает 44 рисунка, 12 таблиц и 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объекты и предметы исследований, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен список внедрений в практику результатов исследований, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «Анализ характеристик и параметров волоконно-оптических измерительных систем» диссертации приведен обзор современного состояния эксплуатации волоконно-оптических измерительных систем, специфические особенности и основные характеристики волоконно-оптических измерительных систем, сравнительный анализ волоконно-оптических измерительных систем диагностики механических свойств конструкций, тенденция развития оптоэлектронных преобразователей на основе волоконно-оптических датчиков и постановка задач диссертационной работы.

В этой главе представлены классификации оптических кабелей. По назначению оптические кабели (ОК) в отличие от электрических кабелей достаточно классифицировать на две основные группы; линейные ОК, которые можно классифицировать на три группы и внутриобъектовые ОК, которые по условиям применения можно классифицировать на две группы.

Приведены основные характеристики волоконно-оптических измерительных систем как затухание и дисперсия — два основных параметра оптического волокна, стремление к оптимизации которых определило, в основном, ход развития волоконно-оптической технологии. Оптические потери в кварцевом оптическом волокне определяются, тремя факторами. Три механизма дисперсии являются причинами, уменьшающими ширину полосы пропускания ОВ.

Проведена диагностика свойств твердых конструкций и жидких сред. Стойкость к воздействию механических нагрузок является одним из основных и безусловных требований, которые предъявляют к ОК, использующимся в системах связи. Основным представителем данной группы воздействующих факторов является растягивающая нагрузка, требования по стойкости к которой предъявляются ко всем кабелям.

На основе анализа состояния и тенденций развития оптрона открытого канала на основе полупроводниковых источников и приемников оптического излучения (ПОИ), были сформулированы основные задачи исследования.

Традиционным и наиболее простым способом решения этой задачи, как за рубежом, так и в Узбекистане, является установка индикаторов разрушений, выполненных на основе различного рода фольги или проволок.

Такие индикаторы жёстко закрепляются с помощью различных клеев на поверхности контролируемого агрегата или узла в зонах с повышенным напряжением и ориентируются перпендикулярно возможному направлению распространения трещины. Появление трещины идентифицируется по факту разрыва электрической цепи, в которую включен индикатор.

Рассматривается тенденция развития оптоэлектронных преобразователей на основе волоконно-оптических датчиков: волоконно-оптические датчики на основе амплитудно-модуляционных первичных преобразователей, оптоэлектронные первичные преобразователи на основе фазовой модуляции, оптоэлектронных первичных преобразователей жидких сред и механических величин твердых материалов.

Во второй главе «Основные принципы и критерии оптоэлектронных преобразователей» описаны основные принципы построения волоконно-оптических измерительных систем. Оптоволоконные датчики, исходя из принципа кодирования измеряемой информации, можно условно разделить на пять больших групп: поляризационные, фазовые, туннельные, амплитудные и со спектральным кодированием.

Далее приведены разработки первичных преобразователей волоконно-оптических измерительных линий с амплитудной модуляцией. Установлено, что датчики, основанные на амплитудной модуляции, обладают довольно высокой чувствительностью, термостабильностью, достаточно просты, однако имеют частотные ограничения, требуют точного тестирования элементов, и их работа связана с дополнительными потерями излучения, что существенно ограничивает возможности их совмещения с волоконно-оптическими линиями сбора и передачи информации.

Далее приведены разработки первичных преобразователей волоконно-оптических измерительных линий с фазовой модуляцией. Таким образом, несмотря на ряд серьезных технических усложнений, внесенных в конструкцию простого поначалу датчика акустических волн с фазовой модуляцией, возникли большие проблемы по реализации на практике величины чувствительности.

Далее приведено создание оптоэлектронных преобразователей механических величин на основе волоконно-оптического тракта. В результате проведенных измерений установлено, что изменение диаметра линзы на торцах полимерного волокна не имеет существенного влияния на пропускную способность световода для всех трех исследованных типов волокна.

Вычисление коэффициента передачи (α) необходимо было проводить при учете этих предположений по плоской и объемной моделям диаграмм направленности с использованием вычислительной техники.

Также в этой главе приведены результаты исследований волоконно-оптического тракта для создания волоконно-оптической системы контроля.

Объектами исследования стали полимерные оптические волокна круглого сечения в защитной оболочке, диаметр сердцевин которых d_c , а

диаметр отражающей оболочки d_o , причем $d_o > d_c$. Затухание в ОВ на основе кремния близко к теоретическому минимуму на длинах волн 0,85; 1,3; и 1,55 мкм (ниже 1 дБ/км); ширина полосы пропускания достигла нескольких гигагерц.

Исследования по улучшению характеристик ОВ выявили их чувствительность к изменению внешних физических величин, которая при использовании ОВ для связи считалась вредной и всячески подавлялась, но стала использоваться как полезное свойство для создания волоконно-оптических датчиков, получения информации о технологических параметрах.

В данной главе также описаны исследования трех типов полимерных световодов:

1. Оптоволоконно круглого сечения с защитной оболочкой и с диаметром сердцевины $d_c = 0,4$ мм. Диаметр отражающей оболочки $d_o = 0,6$ мм;
2. Оптоволоконно круглого сечения без защитной оболочки и с диаметром сердцевины $d_c = 0,4$ мм. Диаметр отражающей оболочки $d_o = 0,5$ мм;
3. Оптоволоконно круглого сечения без защитной оболочки и с диаметром сердцевины $d_c = 0,2$ мм. Диаметр отражающей оболочки $d_o = 0,4$ мм.

Длина всех исследованных волокон равнялась 1 м. Было исследовано соединение «излучатель – разъем – оптоволоконно – разъем – кабель – разъем – приемник оптического излучения (ПОИ)».

В результате проведенных измерений показано, что изменение диаметра линзы на торцах полимерного волокна не оказывает существенного влияния на пропускную способность световода для всех трех типов волокна. Проведена также оценка потерь в волокне, которая зависит от его длины.

В данных измерениях был применен светодиод инфракрасного излучения с довольно широкой диаграммой направленности. Для расчета такого устройства принимались следующие предположения:

- 1) потери на поглощение и рассеяние света отсутствуют; 2) излучение распространяется меридианально ($\alpha=0$); 3) диаграмма направленности полностью проходит через световод; 4) контролируемая среда бесконечно большая.

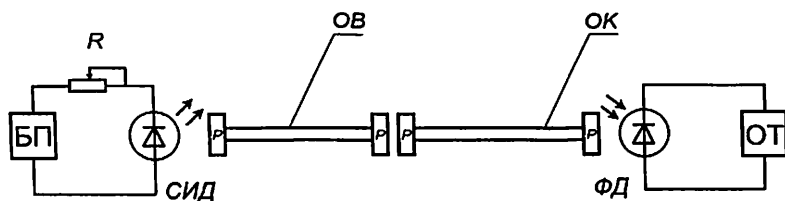


Рис.1. Схема экспериментальной установки для снятия характеристик «излучатель – разъем – оптоволоконно – разъем – кабель – разъем – ПОИ»

Основным условием реализации фотоэлектрических параметров приемников излучения в составе аппаратуры является правильный выбор типа приемника излучения. На рис. 1 приведена общая схема установки.

Из блока питания (БП) через переменный резистор R ток подается на светоизлучающий диод (СИД). В качестве СИД использован светодиод АЛ-107Б мощностью излучения до 10 мВт и длиной волны 0,85 – 1,2 мкм. Излучение СИД через разъем подается на исследуемое оптоволокно и далее через разъем, на оптический кабель. Из оптического кабеля через разъем световой поток попадает на светочувствительную поверхность ПОИ. В качестве ПОИ использован фотодиод ФД-11К. Сигнал с ПОИ регистрируется оптическим тестером (ОТ).

В результате проведенных измерений было установлено, что изменение диаметра линзы на торцах полимерного волокна не имеет существенного влияния на пропускную способность световода для всех трех типов волокна. Рассмотрены основные принципы построения волоконно-оптических измерительных систем, основой которых являются волоконно-оптические датчики.

Представлены и описаны волоконно-оптические датчики, исходя из принципа кодирования измеряемой информации: фазовые, амплитудные, туннельные и др. Показаны преимущества и недостатки волоконно-оптических датчиков и области их применения.

Представлен и обоснован выбор приоритетных критериев и требований волоконно-оптических измерительных систем. Проведенные исследования возможности применения волоконно-оптических индикаторов деформаций, трещин и разрушений по пяти направлениям установили оптимальные критерии, позволяющие проводить контроль и диагностику сложной конструкции с применением волоконного световода.

В третьей главе «Разработка оптоэлектронных контрольно-измерительных преобразователей на основе первичных элементов» приведены результаты разработки контрольно-измерительных систем на основе оптоэлектронных преобразователей и результаты исследований первичных преобразователей оптоэлектронной контрольно-измерительной системы с применением волоконно-оптических датчиков. Проведен теоретический расчет волоконно-оптических преобразователей на основе полупроводникового оптрона открытого канала с нарушенным полным внутренним отражением.

Оптоэлектронные контрольно-измерительные системы (ОКИС) для контроля физико-химических параметров веществ и материалов на основе оптрона с открытым оптическим каналом (ООК) состоят из источника излучения (ИИ), плоского диэлектрического световода и (ПОИ). В основе работы ОКИС лежит принцип различного светопропускания световода при контакте его внешней поверхности с контролируемой конструкцией. При приближении показателя преломления контролируемой жидкости к показателю преломления световода выходной сигнал уменьшается, так как

это ведет к исчезновению границы раздела света, поступающего в результате распространения излучения по световоду на ПОИ. Также дано теоретическое обоснование возможности работы ОКИС на основе оптрона с плоским ООК. Исследован вопрос светопропускания световодов прямоугольной формы с произвольной формой диаграммы направленности (ДН). При учете всех видов потерь энергии в световоде на пути от источника излучения к приемнику коэффициент передачи световода определяется как отношение прошедшего через него потока энергии излучения Φ к падающему Φ_0 , т.е.

$$f = \Phi / \Phi_0 \quad (1)$$

Распределение потока энергии источника излучения под углом φ_0 и U_0 (рис.2) можно описать формулой $\Phi = \Phi(\varphi_0, U_0)$

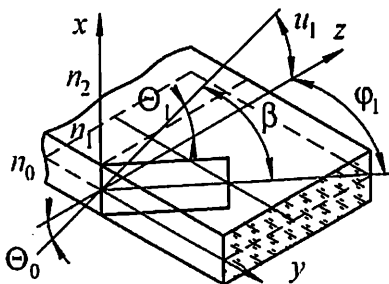


Рис.2. Распространение света в плоскопараллельной оптоволоконной пластине

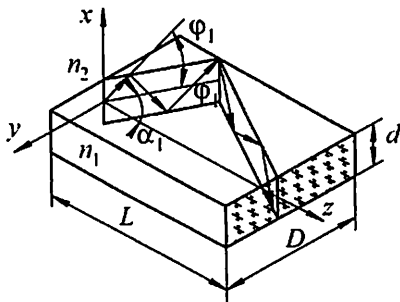


Рис.3. Схема прохождения луча через прямоугольную оптоволоконную пластину

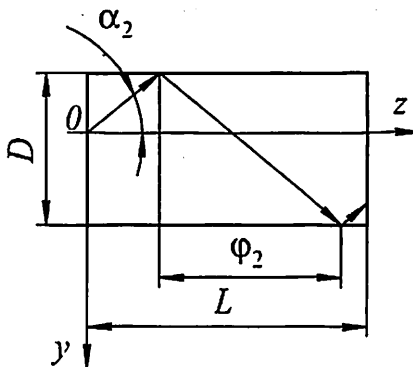


Рис.4. Проекция луча, проходящего через прямоугольную оптоволоконную пластину, на координатную плоскость YOZ

Для малой части потока энергии $d^2\Phi$, распространяющейся внутри элемента телесного угла, $d^2\omega = \sin u_2 du d\psi$, получим следующее выражение:

$$d^2\Phi = I \sin u_1 \sin u_{\phi_0} \quad (2)$$

где $I(\phi_0, u_1)$ - сила излучения.

Светопропускание световода определяется отношением прошедшего через него потока энергии Φ к падающему, т.е.

$$\tau = \int_{\phi_1}^{\phi_0} \int_{\Theta_1}^{\Theta_0} I(1 - R_\phi)^2 \cdot e^{-\Phi} \cdot R^\kappa \sin \Theta_1 \sin \phi_1 d\Theta_1 d\phi_1 / \int_{\phi_1}^{\phi_0} \int_{\Theta_1}^{\Theta_0} I \sin \Theta_1 \sin \phi_1 d\Theta_1 d\phi_1 \quad (3)$$

Полученная формула (3) позволяет вычислить светопропускание световодов любой формы при размерах поперечного сечения, намного превосходящих длину волны используемого света. Для вычисления τ нужно задать конкретный тип световода. т. е. рассмотреть применение формулы к прямоугольным, цилиндрическим и т.п. световодам.

После окончательного интегрирования светопропускание прямоугольных световодов можно приблизительно выразить:

$$\tau = (1 - R_\phi)^2$$

При длине световода L , стремящейся к нулю, величина $\exp(-\epsilon L)$ стремится к единице, τ_1 и τ_2 также стремится к единице, а $\tau = (1 - R_\phi)^2$. При d , стремящейся к бесконечности, τ стремится к нулю, так как возрастают потери на отражение от направляющих плоскостей.

Для плоскопараллельной пластины примем $d = \infty$. В этом случае получим:

$$\tau = (1 - R_\phi)^2 e^{-d} d / \ln R(L\beta_1) \cdot (\rho^{L\beta_1/d-1}) \quad (4)$$

Из сравнения (3) и (4) видно, что светопропускание плоскопараллельного слоя больше светопропускания прямоугольного световода.

Далее в данной главе приведены методы выбора приемников оптического излучения. Представленные все выпускаемые лазерные излучатели непрерывного режима работы содержат встроенный фотоприемник для включения в цепь стабилизации уровня входной мощности, их параметры. Приведены сравнительные характеристики светоизлучающих приборов и спектр реакции на выходе приемника, определяемый частотным спектром сигнала на входе и частотной характеристикой приемника излучения. В главе приведены также основные характеристики лазерных светодиодов серии ИЛПН-30х.

Для создания оптоэлектронного преобразователя и методики расчета операционного усилителя (ОУ) следует учесть, что под операционным усилителем принято понимать усилитель постоянного тока (чаще всего микросхему), позволяющий строить узлы аппаратуры, функции и технические характеристики которых зависят только от свойств цепи обратной связи, в которую он включен. Описана также типовая схема включения операционного усилителя с использованием ОУ. Получено значение выходного сопротивления микросхемы, в выходную цепь которой последовательно включен резистор.

Разработаны оптопары открытого типа с применением оптического волокна в качестве передающей среды. Представлены методы выбора приемников излучения. Разработаны оптоэлектронный преобразователь и методика расчета операционного усилителя. Разработаны оптоэлектронные контрольно-измерительные преобразователи предразрушений и обоснован выбор устройства обработки данных. Создана оптоэлектронная система детектирования предразрушений и обоснован выбор элементов индикации.

В четвертой главе «Создание волоконно-оптических измерительных систем контроля и диагностики свойств механических конструкций» диссертации приведены результаты создания волоконно-оптических измерительных систем диагностики механических свойств конструкции.

Описана функциональная схема системы «ОСП-2М» для диагностики механических свойств конструкции.

Появление трещины на исследуемой конструкции сопровождается включением светодиода, соответствующего сработавшему датчику, включением звуковой сигнализации, а также срабатыванием реле управления внешними устройствами.

Разработана семиканальная оптоэлектронная система для обнаружения и регистрации усталостных трещин «ОСП – 7М» элементов механических конструкций, которая состоит из блока лазерного диода (ЛД), блока сигнализации, индикации и управления (СИУ), а также комплекта датчиков. Концы волоконных датчиков собираются с одной стороны в пучок, торец

которого освещается лазером (ЛД) или светодиодом (СД). Другие концы датчиков подключены к индивидуальным фотоприемникам (блок СИУ).

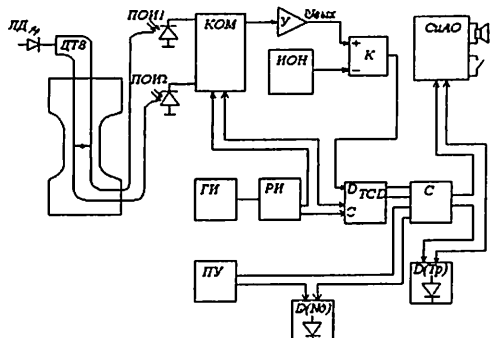


Рис.5. Функциональная схема системы «ОСП-2М»

На рис. 5: ЛД – лазерный диод, ДТ8- датчики трещин, ПОИ - приемник оптического излучения, КОМ- коммутатор, УФ- усилитель фототока, ИОН- источник опорного напряжения, К- компаратор, ГИ- генератор импульсов, РИ- устройство распределения импульсов, ЦД- триггеры состояния датчиков, ПУ- пульт управления, D(Tr)- светодиодный дисплей индикации номера разрушившегося датчика, D(Нд)- светодиодный дисплей «номер канала», СуАО- устройство сигнализации и автоматического отключения, С- устройство совпадения.

Сами датчики с помощью клея жёстко закрепляются на любом участке конструкции. Если на контролируемой поверхности начинает развиваться трещина, то происходит разрушение датчика и, следовательно, резкое ослабление интенсивности светового потока, проходящего к фотодетектору. Электронное устройство обрабатывает сигналы, поступающие с фотодетекторов, и реализует звуковую сигнализацию о моменте разрушения, индикацию номера разрушившегося датчика, а также оперативное отключение внешнего устройства. Возможно также визуальное обнаружение места разрушения по светящемуся пятнышку на контролируемой поверхности.

Эта задача решается тем, что устройство определения мест предразрушения конструкций состоит из трех и более V-образных волоконных световодов (датчиков), которые расположены на расстоянии ≈ 3 мм друг от друга в зонах возможного появления трещин, трех лазерных диодов, трех измерительных приемников оптического излучения, блока обработки фотоэлектрического сигнала, кроме того в него введены семь оптических каналов датчиков, семь подстроечных и один ограничивающий резистор, блок из семи излучателей, блок из семи приемников, микроконтроллер, приемопередатчик и блок обработки информации со специально разработанным программным обеспечением.

Основополагающим в разработке является повышение достоверности измерения изменений оптического сигнала в оптических волокнах, являющихся чувствительными элементами датчиков каких-либо физических величин (например, деформации, усилия, ускорения, плотности растворов и т.д.).

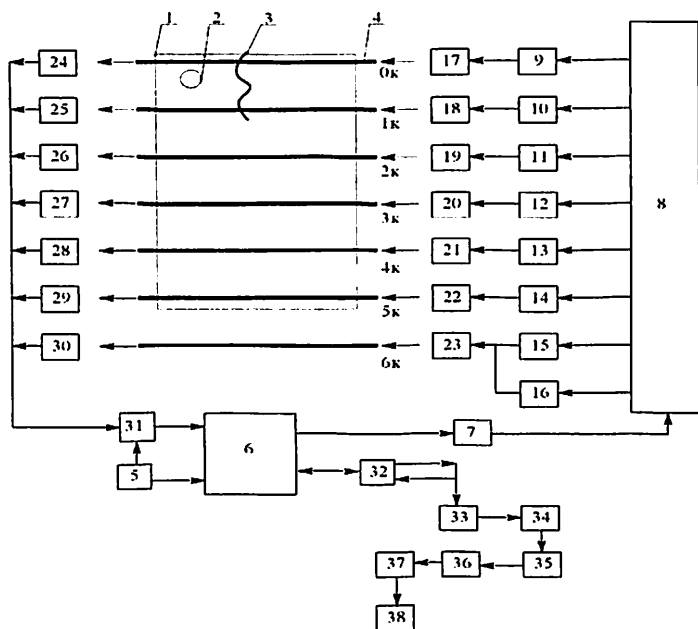


Рис.6. Блок-схема устройства для определения мест обнаружения, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин элементов механических конструкций

На рис.6: 1 – фрагмент испытываемой механической конструкции, 2 – болтовое или клепаное соединение панелей с ребром жесткости, 3- трещина, 4(0к -6к) – полимерные световоды (датчики), 5-источник питания, 6- микроконтроллер, 7- коммутатор, 8- усилитель мощности, 9-16 подстроечные резисторы, 17-23 – лазерные диоды (ЛД), 24-30 – измерительные приемники оптического излучения (ПОИ), 31- усилитель, 32- приемо-передатчик RS232, 33- аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), 34-компьютер, 35-файлы данных, 36-цифровая обработка данных, 37- математическая обработка результатов, 38-статистика экспериментов.

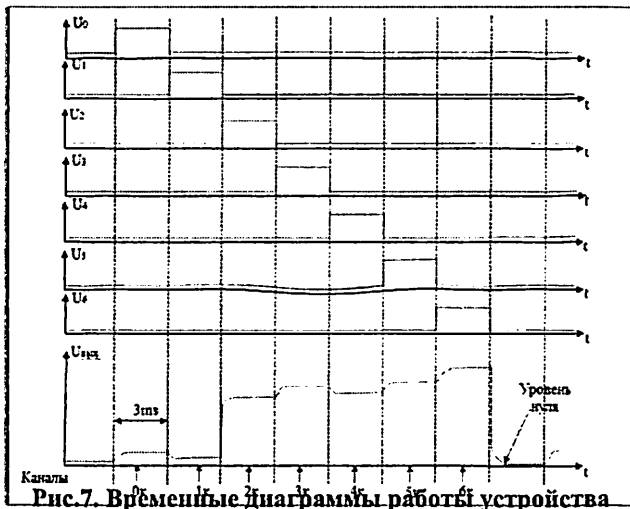


Рис.7. Временные диаграммы работы устройства

На рис.7. представлены временные диаграммы работы устройства при опросе оптических каналов. Здесь сигналы включения излучающих диодов, которые вырабатывает контроллер, обозначены как U_0-U_6 . Сигнал на выходе усилителя-преобразователя фототока приемных диодов обозначен как $U_a d c$, т.к. он является входным сигналом аналого-цифрового преобразователя контроллера. На диаграмме показана форма сигнала $U_a d c$ для случая, когда волокна двух первых каналов повреждены образовавшейся под ними трещиной.

Рассматриваются проблемы применения волоконно-оптического кабеля в качестве измерительной системы. Показан расчет по длине ВОК с использованием формулы Бугера-Ламберта-Бера. Представлено устройство для диагностики дефектов ВОЛС, возникающих из-за внешних факторов.

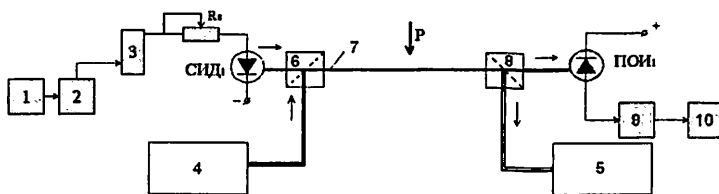


Рис.8. Блок-схема измерительной системы

На рис.8: 1-задающий генератор, 2- триггера, 3- усилители мощности, 4,5- приемно-передающие устройства связи, 6,8- ответвители, 7- ВОК, 9-

блок обработки фотоэлектрического сигнала (БОФС), 10- измерительный прибор или ЭВМ, Р- деформация.

По мере эксплуатации отдельные участки ВОЛС (волоконно-оптические линии связи) могут уже исчерпать свой гарантированный ресурс, а некоторые могут находиться в интенсивной фазе старения. Это явление, безусловно, сказывается на надежности конструкций, целостность которых представляет первостепенное значение и поэтому непосредственно влияет на надежность эксплуатации.

Разработанное нами устройство для диагностики дефектов ВОЛС, возникающих из-за внешних факторов, представлено на рис.8.

Таким образом, можно заключить, что разработанное устройство применимо не только для решения задач измерения деформация ВОЛС, но может быть использовано и для других целей, например, для обнаружения дефектов в различных конструкциях, так как с помощью волоконных световодов можно контролировать деформации и состояние в различных точках конструкций. Таким образом, малогабаритные, дешевые и чувствительные элементы для датчиков, обладающих малым энергопотреблением, высокой чувствительностью и соответствующие современным техническим требованиям, могут эффективно применяться для контроля различного рода механических нарушений и повреждений.

В главе приведена также разработка макетного образца автоматизированного устройства контроля и диагностики механических нарушений и повреждений различных конструкций с применением волоконно-оптического кабеля. Приведены результаты регистрации трещин на основе использования волоконно-оптического рефлектометра.

На рис.9 представлен разработанный макет гидроэлектростанции для проведения измерений.

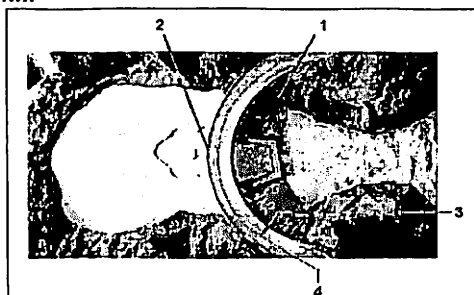


Рис.9. Экспериментальный макетный образец для снятия характеристики

На рис.9: 1- объект гидроэлектростанции (в том числе и дамбы), 2- трещины с высокой усталостной прочностью. 3. волоконно-оптический кабель. 4.тестер «FDD 1203A OPTICAL TESTER»

Таким образом, благодаря новым разработкам в физике твердого тела и волоконной оптике и существенному снижению стоимости оптического волокна и полупроводниковых приборов стало возможным широкое применение датчиков на основе оптического волокна.

Проведены исследования по обнаружению механических повреждений различных конструкций (плотин, мостов, гражданских сооружений) с использованием оптического волокна. В результате мониторинга механических конструкций отработывается методика применения интерферометрических измерений.

Результатом исследования первых трех направлений явилось создание технологии установки на контролируемую поверхность датчиков из кварцевых и полимерных световодов, в том числе и плоских.

В процессе исследований был решён также целый комплекс технических и технологических проблем и разработан действующий макет приборной аппаратуры.

Параллельно с поиском решений по индикаторам проводились исследования по принципам построения аппаратуры контроля. Разрабатывались два способа контроля состояния индикаторов. Первый основан на измерении мощности оптического излучения, проходящего через индикатор. Идентификация разрушения в этом случае определяется по резкому снижению значения мощности. Второй способ основан на зондировании световода коротким импульсом, измерении времени его распространения в прямом и обратном направлении и фиксировании факта уменьшения этого времени.

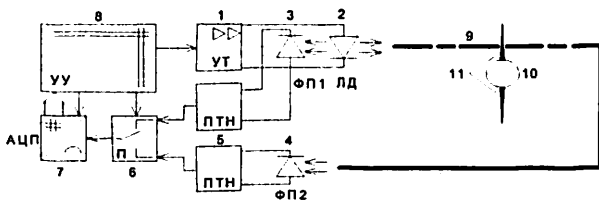


Рис.10. Схема использования лазерного диода со встроенным контрольным фотодетектором

На рис.10. 1 - усилитель тока. 2 - лазерный диод. 3 - контрольный фотоприёмник, 4 - измерительный фотоприёмник. 5 - преобразователи тока. 6 - переключатель, 7 - АЦП. 8 - устройство управления. 9 - индикатор. 10 - концентратор. 11 - трещины.

Получены результаты экспериментов по измерению предразрушения плотин с помощью оптического тестера с использованием длиной волны излучения 8,5 нм. Для экспериментальных измерений использовалась интерферометрическая методика.

С точки зрения контролируемых параметров, экспериментальные исследования были направлены на изучение следующих параметров:

- деформации (растяжения, сжатия);
- перемещения;
- трещинообразования;
- предразрушения.

Разработана автоматизированная измерительная система контроля и диагностики механических свойств конструкций оптоэлектронных преобразователей.

Разработана «ОСП-7М» семиканальная оптоэлектронная система для обнаружения и регистрации усталостных трещин элементов механических конструкций, состоящая из блока лазерного диода (ЛД), блока сигнализации и управления (СПУ), комплектов датчиков, преимуществами которой является повышение достоверности измерений изменений оптического сигнала в оптических волокнах.

Показано, что применение волоконно-оптического кабеля в качестве измерительной системы в разработанном устройстве диагностики и контроля дефектов ВОЛС может использоваться не только для обнаружения деформаций в ВОЛС, но и для других целей (обнаружение дефектов в различных конструкциях).

В пятой главе «Создание автоматизированных измерительных систем на основе оптоэлектронных преобразователей» приведены результаты разработки автоматизированных измерительных систем на основе оптоэлектронных преобразователей.

В данной главе описана новая конструкция оптоэлектронного автоматического колориметра для анализа жидкостей. На рис.11.а представлена блок-схема прибора, а на рис.11.б – конструктивное исполнение датчика.

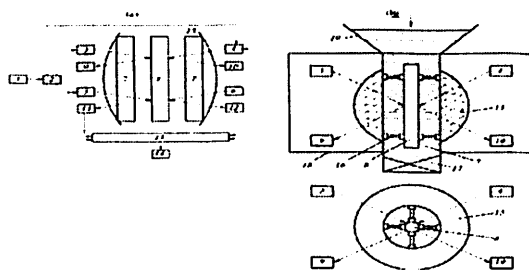


Рис.11. Оптоэлектронный автоматический колориметр: а – блок схема; б – конструкция датчика

Разработанное устройство работает следующим образом. После заполнения цилиндрической полости кюветы 15 жидкостью 7 она облучается излучением нескольких светодиодов с длиной волны 920–450 нм. Устройство можно установить на линии технологического процесса, т.е. можно

контролировать жидкости, протекающие через трубу (см. рис.11.6). Задающий генератор 1 вырабатывает прямоугольные импульсы с частотой 8–10 Гц. Импульсы через коммутатор, переключатель оптронов 2 подаются поочередно на светоизлучающие диоды 3–6. В первом положении коммутатора переключателя 2 излучение диода 3 фокусируется и отражается от стержня 8 и попадает на измерительный фотоприемник 9. Далее сигнал поступает в блок обработки 13, где формируется отношение сигналов компенсационного и измерительного потоков. Сигнал отношения пропорционален оптическому коэффициенту пропускания, и по его значению с использованием предварительно измеренной градуированной характеристики определяется концентрация веществ в растворе. Во втором положении переключателя 2 подключается вторая оптопара, процесс измерения повторяется, и так далее для остальных оптопар. На основе описанного метода разработан оптоэлектронный автоматический колориметр “ОАКК1М”. Основные технические характеристики: абсолютная погрешность не более 0,010 Б в диапазоне оптической плотности 0,000–0,800Б; длины волн источников излучения 920, 680, 560, 450 нм; длина оптического пути кюветы 6мм. Питание 220В, 50Гц, 3Вт; Габариты прибора 200x50x200мм, масса ≤ 3.0 кг. Высокая точность измерения достигается благодаря двукратному прохождению излучения через исследуемый объект и стационарному расположению кюветы.

Далее в данной главе описан оптоэлектронный автоматический анализатор для измерения цветовых параметров поверхности твердых материалов, например, металлов, пластмасс, стекла, бумаги и т.д., в тех областях промышленности, где цвет является одним из основных показателей качества продукции.

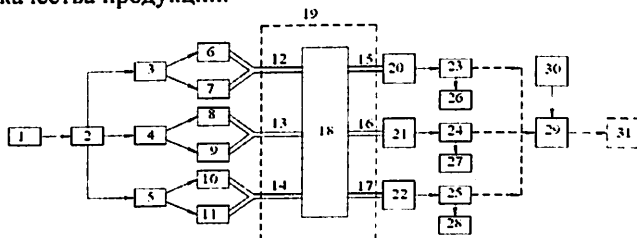


Рис.12. Структурная схема анализатора цвета поверхности твердых материалов

Разработанное устройство анализатора цвета поверхности твердых материалов представлено на рис.12. Анализатор цвета состоит из датчика и электронного блока. Датчик выполнен в виде полусферы 18, в которую установлены три пары Y-образных подводящих 2-4 и отводящих 5-7 оптоволокон.

Благодаря прохождению света через подводящие 2-4 и отводящие 5-7 оптоволоконна подается и принимается узкий пучок излучения, который дает возможность контроля параметров.

Физический смысл заключается в следующем: цветовые параметры определяются как объективное свойство предметов, проявляющееся в спектральном составе исходящего от них (пропускаемого, отражаемого) излучения и воспринимаемое как осознанное зрительное ощущение. В этом определении даны два аспекта – физический и психофизиологический, неразрывно связанные друг с другом.

Устройство обладает повышенной точностью контроля за счет трехмерного измерения с длинами волн $\lambda_1 = 680$ нм, $\lambda_2 = 560$ нм, $\lambda_3 = 450$ нм, когда в качестве эталонных приемников оптического излучения применены многоцветные фоторезисторы.

При необходимости сигнал с выхода блока обработки фотоэлектрического сигнала можно подать в систему автоматического контроля.

Также разработан оптоэлектронный многопараметровый колориметр для контроля физическо-химических параметров жидких сред (нефтепродуктов, растительного масла, глицерина, соков, напитков) и для управления технологическими процессами их изготовления, используется в медицине для анализа мочи, крови, желудочного сока и т.п.

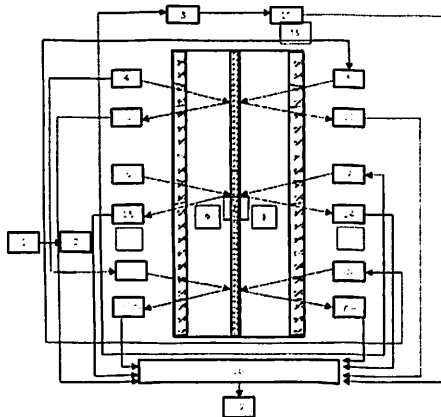


Рис.13. Блок-схема оптоэлектронного многопараметрового колориметра

Устройство работает следующим образом. При включении задающий генератор 1 вырабатывает прямоугольные импульсы 8-10 Гц. Разделенные импульсы через коммутатор - переключатель оптронов 2 - подаются попеременно на лазерные светодиоды 4, 5, 6, 7, $(n-1)_{из}$, $n_{из}$, имеющими определенные спектральные характеристики, соответствующие спектральным

характеристикам n компонентов (параметров), содержащихся в полупрозрачных жидкостях. При этом оптопары могут включаться последовательно. Лазерный диод 3 и измерительный фотоприемник 10 образуют опорную оптопару, которая предусмотрена для того, чтобы сравнивать измерительные сигналы с сигналом опорного канала и обеспечивать достоверность результатов измерения. При заполнении цилиндрического отверстия кюветы 15 контролируемой жидкостью 9 она облучается лазерными светодиодами. В первом положении переключателя поток излучения лазерного диода 4 фокусируется, проходит через контролируемую жидкость 9, отражается от одной из двух поверхностей плоского зеркала 8 и, вновь проходя через контролируемый образец 9, далее попадает на измерительный фотоприемник 11. Затем сигналы поступают в БОФС - 16, где реализуется отношение сигналов этого измерительного потока и компенсационного от диода 3 и измерительного фотоприемника 10. Сигнал отношения пропорционален величине коэффициента пропускания и оптической плотности жидких сред или прозрачных твердых тел, также можно измерять концентрации веществ в растворе, что возможно при использовании предварительно измеренных градуированных характеристик. Результаты подаются на измерительный прибор или ЭВМ17, по показанию которого судят о параметрах жидких сред. ЭВМ обеспечивает автоматическое выполнение аналого-цифровых измерительных преобразований, вычислительных процедур, выдачу полученной информации, формирование командной и другой служебной информации, необходимой для функционирования оптоэлектронных многофункциональных автоматических контрольно-измерительных систем. Вся конструкция помещается в корпус 20, а само устройство можно установить на линии технологического процесса, т.е. контролировать жидкости (соки, напитки, пиво и т.д.), протекающие через трубу по стрелке, указанной на рис.13.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований получены следующие основные результаты:

1. Исследование особенности первичных элементов для создания оптоэлектронных контрольно-измерительных преобразователей, проведение расчеты светопропускания прямоугольных световодов изучения волоконно-оптического тракта, позволяет производить выбор источников (длина волны 0,85-1,2 мкм, АЛ-107 Б) и приемников излучения (ФД-11, ФД-252).

2. На основе проведение расчетов электронной схемы оптоэлектронных преобразователей для обнаружения мест предразрушений и проведенного теоретического расчета операционного усилителя КР551УД2А для оптоэлектронных преобразователей осуществляется выбор устройств обработки данных PIC16F84 и соответствующие элементы индикации.

3. На основе проведенного выбора параметров экспериментальных исследований полимерных световодов трех типов (оптоволокно круглого сечения с защитной оболочкой и с диаметром сердцевины $d_c = 0,4$ мм. Диаметр отражающей оболочки $d_o = 0,6$ мм; оптоволокно круглого сечения без защитной оболочки и с диаметром сердцевины $d_c = 0,4$ мм. Диаметр отражающей оболочки $d_o = 0,5$ мм; оптоволокно круглого сечения без защитной оболочки и с диаметром сердцевины $d_c = 0,2$ мм. Диаметр отражающей оболочки $d_o = 0,4$ мм). Обоснуется что, полученные результаты изменение диаметра линзы на торцах полимерного волокна не оказывает существенное влияние на пропускную способность световода, остается почти неизменным для всех трех типов волокна.

4. На основе волоконно-оптических устройств разрабатываются методы определяющие местонахождение механических повреждений магистральных и местных волоконно-оптических линий связи, особенно в труднодоступных горных и песчаных местностях, точною 0,9-1,2 метра от места повреждения, причем время восстановления поврежденных сокращено в 2-3 раза.

5. Создана и реализована двухканальная, онлайновая автоматизированная система ОСП-2М для обнаружения, регистрации зарождения, распространения усталостных трещин элементов и оценки параметров механических конструкций (плотин, дамб). На основе разработанных - семиканальных оптоэлектронных автоматизированных систем «ОСП – 7М» визуально обнаруживается деформация в элементах механической конструкции, осуществляется регистрация зарождения и распространения усталостных трещин, создается система мониторинга, позволяющая осуществить контроль механической прочности крупных сооружений и гидротехнических объектов, дамб.

6. Разработано устройство контроля и диагностики деформаций, позволяющий обнаружить нарушения в твердотельных конструкциях, причем зазор между световодом и оптическим кабелем порядка 0,01мм, что обуславливает повышение чувствительности при измерениях.

7. Разработанные способы и устройство оптоэлектронного фотоколориметра (при использовании в контроле длин волн оптического сигнала 920,680,560,450 нм), позволяет определять свойства жидких веществ.

8. Разработан оптоэлектронный преобразователь-анализатор цвета и поверхности твердых материалов, обладающий повышенной точностью контроля, за счет трехмерного измерения (с длинами волн $\lambda_1 = 680$ нм, $\lambda_2 = 560$ нм, $\lambda_3 = 450$ нм).

9. Разработан волоконно - оптический многоканальный оптоэлектронный высокочувствительный фотоколориметр, определяющий физико-химические свойства жидкостных сред.

**SCIENTIFIC COUNCIL 16.07.2013.T/FM.29.01 at TASHKENT
UNIVERSITY of INFORMATION TECHNOLOGIES and NATIONAL
UNIVERSITY of UZBEKISTAN on AWARD of SCIENTIFIC DEGREE of
DOCTOR of SCIENCES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

RAKHIMOV BAKHTIYORJON

**MONITORING AND DIAGNOSTICS OF THE MECHANICAL
PROPERTIES OF A DESIGN ON A BASIS FIBER-OPTICAL
COMMUNICATION SYSTEMS**

**05.04.02 – Systems and devices of radio engineering, radio navigation, a radar-
location and television. Systems of mobile, fiber-optical communication
(technical sciences)**

ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION

The subject of doctoral dissertation is registered on 30.06.2015/B2015.2.T536 at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

Doctoral dissertation is carried out at the Tashkent university of information technologies.

Abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English) is placed on web-page Scientific council (www.tuit.uz) and Educational information sets "ZIYONET" (www.ziyonet.uz)

Scientific consultant: Radjabov Telman Dadaevich
doctor of physics-mathematics sciences, professor,

Official opponents: Nazarov Abdulaziz Muminovich
doctor of technical sciences, professor

Klichev Shavkat Isakovich
doctor of technical sciences, professor

Usmonov Temur Bekmurodovich
doctor of physics-mathematics sciences, professor

Leading organization: The Tashkent Institute of Engineers of Railway Transports

Defense will take place « 26 » 02 2016 at 10⁰⁰ at the meeting of scientific council number 16.07.2013.T/FM.29.01 at Tashkent University of Information Technologies and National University of Uzbekistan. (Address: 100202, Tashkent, 108, Amir Temur str. Ph.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail:tuit@tuit.uz).

Doctoral dissertation can be reviewed in Information-resource centre at Tashkent university of information technology (registration number A2611). Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str., 108. Ph.: (99871) 238-65-44.

Abstract of dissertation sent out on « 25 » 01 2016 year
(mailing report № 07 on « 25 » 01 2016)

X.K.Aripov
Chairman of scientific council on award of scientific degree, doctor of physics-mathematics sciences, professor

M.S.Yakubov
Scientific secretary of scientific council on award of scientific degree of doctor of technical sciences, professor

T.N.Nishonboev
Chairman of scientific seminar under scientific council on award of scientific degree, doctor of technical sciences, professor



Introduction (summary of the doctoral dissertation)

The topicality and demand of the theme of dissertation. At present, the accelerated development of manufacturing processes worldwide increases demand for the use of sensors in optical fiber production processes every day. The use, in recent years, in various industries ultra-efficient miniature sensors indicates an increase in demand for optical fiber sensors in the market. If in 2013 the amount of sales of fiber optic sensors amounted to 1.89 billion US dollars, and the annual increase was 19.6%, what of this amount, 1.22 billion US dollars registered in the United States, accounting for 64.6% of the total global demand in the optical fiber sensor. By the forecasts it is expected that by 2018 year global sales will increase to 4.33 billion US dollars. If in 2013 China's sensors' market size was 960 mln. US dollars, this figure is projected by 2018 could increase to 3 billion US dollars.

Consecutive development of information-communication technologies has resulted to increase in volume of information resources and increase of speed of information transfer, including has created conditions of automation of processes. In this case revealing of damages, infringements, defects and diagnosing, control by a condition of mechanical designs, application of confirming theoretical calculations on diagnosing, creation of ways and algorithms of fiber-optical measuring devices which it is authentic, exact and in a mode online allowing to carry out monitoring and creating conditions of convenient control and diagnosing of modes are especially important conditions.

Therefore, the study and research of optoelectronic systems that are based on the use of optical fibers that allow for reliable control of the strength, stability and reliability of complex designs in the online mode. Conduct research to determine the optical signals irregularities in the fibers, depending on the value of their deformation, mechanical forces to control and measure the physical and chemical parameters of the material, and create a device for the detection of location and registration of possible damage to the mechanical design is very important.

Creating a fiber - optic systems measure the magnitude of the mechanical effects, deformations, density of materials, based on optical signals and allows you to implement automated systems, while improving the accuracy of measurements, diagnose and monitor the parameters of mechanical structures based on the developed methods and apply the devices detect the site of injury, registration of motor disorders and the rate of crack propagation occupy a special place.

In accordance with the Ruling of the President of the Republic of Uzbekistan №1730 "On measures for further implementation and development of modern information and communication technologies" on March 21, 2012 and the Ruling of the Cabinet of Ministers "On additional measures to accelerate the development of the service sector in rural areas in 2013 - 2016 years" on 17 april 2013. Based on the tasks it becomes necessary to control and diagnosis of performance backbone fiber optic systems online.

Research conformity to the priority directions of science development and technologies of the Republic. Thesis is made in accordance with the priority areas of Science and Technology of the Republic: PAR-5

(Program of applied research) - «The development of information technologies, telecommunication networks, hardware and software, methods and systems for intelligent management and training aimed at increasing level of society Informatization», PAR-14 «Seismology, seismic safety of buildings and construction».

Review of international scientific researches related to the subject of dissertation. Researches directed on the decision of actual problems of diagnostics, control and increase of reliability of communication, including mechanical designs, with use of fiber-optical systems of transfer, and perfection of ways and methods of diagnostics and control of processes are engaged many foreign firms and university. In particular International Resource Development Servis Centre of Science, University of Michigan, University of Oregon (USA); Intellifiber Networks Centre of Science (Bujuk Britain); Wissenschaftliche Zentrum mit beschränkter Haftpflicht, Technical University of Dortmund, University of Passau, University of Würzburg, (Germany); Optex Centre of Science (Japan); Beyond fiber optic cable (Chana) large-scale scientific and technical researches are conducted.

Researches on working out optoelectronic systems for detection and registration of mechanical infringements in fiber-optical communication networks, selection of optical fiber gauges and manufacturing of the stand for tests optoelectronic characteristics of gauges are moved worldwide a number of scientific researches, among them such as: technology of increase in volume of measuring devices (company International Resource Development Servis, company OptiSense Network, company Corning Glass, University of Michigan, University of Oregon), methods of improvement of production devices technologies with an optical fibre (company Intellifiber Networks, Technical University of Dortmund, University of Würzburg), industrial technologies on manufacture of devices of automated optical fibre Gesellschaft mit beschränkter Haftpflicht), use of devices of an optical fibre in medicine and the household electronic technics (company Perspective Electronical).

Conducted priority research work on problem areas: methods of control and diagnostics of mechanical properties of the structure based on fiber-optic communication systems based on the determination of deformation, changing the modulation parameters of the luminous flux, creating a device determining the place and spread of cracks in the area of mechanical design.

Level of the study the problem. Researches on working out оптоэлектронных systems for detection and registration of mechanical infringements in fiber-optical communication networks, selection of optical fiber gauges and manufacturing of the stand for tests оптоэлектронных characteristics of gauges and perfection and their parametres, in various directions, are devoted works of some scientists: T. Okosi, K. Okamoto, M. Osu, X. Nisixara, K. Kyuma, K. Xatate, D. Gloge, D. Gloge, J. Marcatilli, C. Pask, AW Snyder, D.J. Mitchell, M. Born, E. Wolf, P.C. Schultz, R. Olshansky, D.A. Nolan, F.P Kapron, D. B.

Keck, R.D Maurer, E.A.Zak, G.N. Gorbunova, Yu.I. Rzhavin, A.D. Ionov, M.M. Butusov, E.Udda etc.

Quality monitoring and diagnostics of mechanical properties of a design on the basis of fiber-optical communication systems has been investigated by native scientists: T.D. Radjabov, R.R. Isaev, A.M. Nazarov, Yu.G.SHIPulin, A.A. Khalikov, S.Kh.Shamirzaev, N.R. Rakhimov, A.A. Simonov etc. In recent years, Uzbekistan has focused research on the development of methods and techniques of automated measuring systems designs based on optoelectronic converters. However, for the disclosure of all the benefits of efficient use of fiber-optical measuring systems in a variety of fields and industries requiring subsequent studies.

In addition to the various branches of science and technology in system analysis application fiber-optic devices, fiber-optical systems research in communication systems and the control of the mechanical properties of structures, diagnostics and reliability are not carried out sufficiently, and methods for solving practical problems are not reflected at the proper level.

Connection of dissertational research with the plans of scientific-research works of university. Doctoral Research work is conducted in accordance TUIT science research work and are reflected in the following projects: The studies were conducted according to the State Scientific and Technological Project EA5-003 on the topic "Development of methods for optimizing the spectral characteristics of high-speed telecommunications networks"; (2012-2014 y.); EФ4-ФK-0-72548EA5-003 on the topic "Development of the method of diagnostics of fiber-optic broadband lines" (2013-2015 y.).

Purpose of research. Creation of the automated measuring systems monitoring and diagnostics of mechanical properties of constructions using optical fibers, the development of methods and algorithms for monitoring structures and systems.

Tasks of research:

development of methods and theoretical calculation of the parameters of fiber optic converters based semiconductor optocoupler open channel with frustrated total internal reflection;

range optical receiver, an operational amplifier, the data processing device, the display element control elements for opto-transmitters;

development of opto-electronic systems for the detection and registration of mechanical disturbances in fiber optic communication systems;

the selection of fiber optic sensors and construction of stands for testing characteristics of such optoelectronic sensors;

development of optoelectronic converters for creating automated measuring systems monitoring physico-chemical properties of substances;

development and manufacturing of devices, methods for determining the place of discovery, registration initiation and propagation of fatigue cracks elements of mechanical structures.

full-scale measurements and issuing practical recommendations.

Object of the research are the optical nodes and elements of fiber-optic communication lines, their operating parameters, properties, and mechanical design.

Subject of the research - methods of calculations as the optocoupler optoelectronic converters open optical channel, the calculation of the operational amplifier, detecting deformations in the mechanical properties of structural elements, registration of nucleation and propagation of fatigue cracks.

Methods of the research. Methods of researches and calculations of attenuation in optical fibers using the calculation of the operational amplifier, the choice of a data processing device and display elements, the development of a circuit diagram for the detection of registration of initiation and propagation of fatigue cracks elements of mechanical structures, a theoretical calculation of fiber optic converters semiconductor optocoupler open channel with frustrated total internal reflection, methods for measuring the performance of optoelectronic transducers.

Scientific novelty of dissertational research consists in the following:

methods for determining the location of mechanical damage to the trunk and local fiber-optic communication lines (especially in remote mountainous and sandy areas at a distance of 0.9-1.2 meters from the location of the damage, the recovery of damage is reduced by a factor of 2-3 times) on the basis of fiber optical equipments;

developed a seven-channel automated optoelectronic measuring system, «ОСН – 7М» monitoring and detecting strain in the elements of mechanical structures, registration initiation and propagation of fatigue cracks structures, diagnostics of physical parameters of hydraulic structures (dams, dikes);

developed the device monitoring and diagnostics strain violations in solid-state structures, and the gap between the optical fiber and optical cable, the order of 0.01 mm, which leads to increased sensitivity;

designed for high-precision optoelectronic photocolorimeter determine the parameters of fluid (using optical waves with a length of 920, 680, 560, 450 nm);

developed an optoelectronic converter analyzer color solid surface materials having increased control accuracy due to the three-dimensional measurement (with wavelengths $\lambda_1 = 680$ nm, $\lambda_2 = 560$ nm, $\lambda_3 = 450$ nm);

It developed a multi-channel fiber-optic optoelectronic highly photocolorimeter determining physicochemical properties of liquid media.

Practical results of research are consist in the following:

The automated measuring systems monitoring and diagnostics of mechanical properties of structures, enterprises and organizations recommended due to spectral characteristics of fiber - optic communication lines (FOCL), especially in remote mountainous and sandy areas where the accuracy of fault location is 0.9-1.2 meters, and the recovery time of injuries is reduced by 2-3 times, conducted a full-scale measurement of parameters and the optimal fiber-optic test modes;

developed a seven-channel automated optoelectronic measuring system, "ОСП – 7М" monitoring and detecting strain in the elements of mechanical structures, registration initiation and propagation of fatigue cracks structures, diagnostics of physical parameters of hydraulic structures (dams, dikes);

developed an apparatus and method of estimating the characteristics that can be used to analyze the quality and properties of the various fluids (oil, petroleum products, juices etc.);

designed fiber optic device analyzer color of the surface of solid materials allows for control of the surface of solids.

Reliability of obtained results based on the fact that the conduct and results of full-scale study of the properties of fiber materials used for the study of physical and mechanical properties of materials, based on which developed methods and devices for the analysis, monitoring, control, diagnosis of the state of various systems and devices used for protection and enhance their operational stability, quality and reliability. The developed devices and methods are protected by patents.

Science and practical value of results of the research. The theoretical significance of the research findings is that the identified prospects and opportunities to create new types of measuring devices and systems based on optical fibers and technologies. The results can be used for control and monitoring of various objects in real time, create distributed systems and multiplexed fiber-optic sensors of physical quantities.

The practical value of the work lies in the possibility of improving the monitoring and diagnostics of fiber-optic communication lines, improve the quality of information transfer, increase the reliability of the bandwidth to the fundamental limits defined by the parameters of fiber optic converters based semiconductor optocoupler open channel with frustrated total internal reflection, the creation of optoelectronic converters for the implementation of the automated measuring systems monitoring physico-chemical properties of substances and the expansion of the functions of fiber optic sensors in the multi-channel control systems settings, create measuring devices based on fiber-optic LEDs, implementation, and research on the reliability of fiber-optic communication lines in a network of national an operator reaching a certain efficiency and obtain higher measurement accuracy as compared with international results of measurements of optical fiber.

Realization of the research results. Designed optoelectronic automated device monitoring and diagnostics FOC is being the practical interest for the needs of communication. These research results and practical development in the framework of the thesis "Methods of monitoring and diagnostics of mechanical properties of the structure based on fiber-optic communication systems" («Методы контроля и диагностики механических свойств конструкции на основе волоконно-оптических систем связи») successfully implemented in the main fiber-optic communication lines of "Uzbektelecom" (Certificate №02 / 2432 from 06/18/15 year Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan), Developed "ОСП – 7М" - seven-

channel optoelectronic automatic system to detect deformations in elements of mechanical design, registration initiation and propagation of fatigue cracks is given to the MES to create a monitoring system of hydraulic structures, dams and control the mechanical strength of large structures.

Methods for determining the location of mechanical damage to the trunk and local fiber-optic communication lines (especially in remote mountainous and sandy areas at a distance of 0.9-1.2 meters from the location of the damage, the recovery of damage is reduced by a factor of 2-3 times) on the basis of fiber optical equipments with an annual economic efficiency 70 mln. sum.

Approbation of the work. The results of studies approved by 20 scientific conferences, including 10 International Symposiums, Congresses and Seminars, in particular, to the Republican Scientific and Technical Conference "Optical, acoustic and radio-wave methods, controls environment, substances, materials and products" (18-19 May 2006 Fergana, Uzbekistan), the International scientific and Technical Conference "GEO-Siberia". (Novosibirsk, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013), The International Scientific and Technical Conference "Applied Optics - 2008" (St. Petersburg, 2008.), The International Scientific and Technical Conference "Geodesy, Cartography and Cadaster - XXI Century ", dedicated to the 230-th anniversary of the Moscow State University of Geodesy and Cartography (May 25-27, 2009. Moscow), LVII student's scientific and technical conference dedicated to the 100th anniversary of K.L. Prokhorov (13-17 April 2009, Novosibirsk. Russian Federation), "The problems of Information Technologies and Telecommunication." Republican Scientific and Technical Conference (21-22 April 2011, 2012 March 15-16, March 14-15, Tashkent 2013) , II- international Conference on Optical and photoelectric phenomena in semiconductor micro- and nanostructures (September 8-9, 2011. Fergana), at international conferences "The Second Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics" (September 10-13, 2011 Novosibirsk, Russia) and «Seventh world conference on intelligent systems for industrial automation» (Tashkent, Uzbekistan November 25-27, 2012.), the exhibition Interexpo GEO-Siberia 2013, IX Intern. scientific. Congre., April 15-26. 2013, Novosibirsk; Intern. scientific. Conf. "SibOptika 2013" (Novosibirsk: SSGA, 2013).

Publication of results. It is published 43 proceedings, including 18 scientific papers in the international journals and 4 patents on a dissertation subject.

Structure and volume of dissertation. The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, bibliography, 2 applications and contains 195 text pages, includes 44 figures and 12 tables.

MAIN CONTENTS OF DISSERTATION

In **introduction** the introduction proves actuality and a demand of the thesis. It also formulates purposes and tasks as well. Objects and subjects of the research are revealed. The Compliance of researches to the priority directions of development of science and technologies in the Uzbekistan Republic is defined. The scientific novelty and practical results of researches stated in it as well. Reliability of the received results is proved, the theoretical and practical importance of the received results are revealed, the list of introductions in the practice of research results, data on the published works and structure of the thesis is provided

In the **first chapter «The analysis of characteristics and parametres of fiber-optical measuring systems»** is devoted to the review of a current state of fiber-optical measuring operation systems , specific features and the main characteristics of fiber-optical measuring systems as well as the comparative analysis of fiber-optical measuring systems in the diagnostics of mechanical properties of mechanical features of constructions structure, development tendency of optoelectronic converters on the basis of fiber-optical sensors and of problems organization of dissertation work.

This chapter presents classifications of optical cables. The optical cables (OC) unlike electric cables are enough classified on two main groups, linear OC which can be classified on three groups and inside object OC that under the terms of application can be classified on two groups.

The thesis provides the main characteristics of fiber-optical measuring systems as attenuation and dispersion — two main parameters of optical fiber, the aspiration for defined optimization, generally process of fiber-optical technology. Generally, there are three factors, which defines optical losses in quartz optical fiber. Three mechanisms of dispersion are the reasons, which reduce pass band in OV.

Feature diagnostics of solid structure and liquid medium is carried out. One of the main demand to OC used in communication systems is resistance to influence of mechanical loadings and unconditional requirements. The main representative of this group influencing factors is the stretching loading requirements for firmness to which are imposed to all cables. Based on the analysis of the state and trends of the open channel opt coupler-based on semiconductor sources and detectors of optical radiation (PRI), formulated the main objectives of research.

The traditional and most simple way to solve this problem, both abroad and in Uzbekistan, is to set indicators of destruction carried out on the basis of various kinds of foil or wire. Such indicators rigidly fixed with the help of various adhesives on the surface of the controlled unit or node in areas with high voltages and they are oriented perpendicular to the direction of crack spreading possible. Break on the electrical circuit when the indicator is on identifies the appearance of cracks.

We consider the development trend of optoelectronic converters based on fiber optic sensors: optical fiber sensors based on amplitude modulation of primary devices, optoelectronic transducers based on phase modulation, optoelectronic converters primary liquid medium and mechanical quantities of solid materials.

In the second chapter «Principles and realization methods of optoelectronic converters» the basic principles of fiber-optical measuring systems are described. Fiber optic sensors based on the principle of coding of the measured data can be divided into five major groups: polarization, phase, tunnel, and with a spectral amplitude coding.

Further developments of transducers measuring optical fiber line with amplitude modulation are given. On one hand, it is determined that sensors based on an amplitude modulation, have relatively high sensitivity, heat stability. On the other hand, they are quite simple but they have the frequency limitations require precise alignment of elements and their operation is associated with the additional losses of the radiation, which significantly limits the possibility of their alignment with the fiber-optic lines information collection and transmission.

Further, the development of primary converters of fiber optic measuring lines with phase modulation is implemented. Thus, despite a number of serious technical complications included in the design of a simple first sensor of acoustic waves with phase modulation, there were big problems in implementation during the practice of magnitude apprehensibility

The creation of optoelectronic transducers of mechanical quantities on the basis of fiber-optic tract is revealed. As a result, this experiment showed that the change in diameter of the lens on the ends of the polymer fiber has no significant impact on the capacity of optical fiber for all three-fiber types studied.

The calculation of the transmission coefficient (α) must be carried out taking into account these assumptions on the flat and volumetric models patterns using computer technology.

This chapter also presents the results of studies of fiber optic tract to create a fiber optic control system. Objects of study became polymer optical fibers of circular cross section in a protective shell, the core diameter of which d_c , and the diameter of the reflective membrane d_o , and $d_o > d_c$. Attenuation in the OB silicon-based close to the theoretical minimum at wavelengths of 0.85; 1.3; and 1.55 micron (below 1 dB / km); bandwidth reached several gigahertz.

To improve the characteristics of OM the research showed their sensitivity to changes in the external physical quantities, which was considered harmful and strongly suppressed, when it is used for communication OB, but it was used as a useful feature for creating fiber-optic sensors, information about the process parameters.

This chapter also describes studies of three types of polymer fibers:

1. Optical fiber of circular cross section in a protective shell, the core diameter $d_c = 0.4$ mm, the diameter of the reflecting shell $DO = 0.6$ mm;
2. Optical fiber of circular cross section without a containment core diameter $d_c = 0.4$ mm, the diameter of the reflecting shell $DO = 0.5$ mm;

3. Optical fiber of circular cross section without a containment core diameter $d_c = 0.2$ mm, the diameter of the reflecting shell $DO = 0.4$ mm.

The length of all the investigated fibers equal to 1m. Compound is investigated "emitter - Connector - fiber - Connector - Cable - Connector - optical radiation receiver (ORR)."

Because of this experiment showed that, the change in diameter of the lens on the ends of the polymer fibers do not have a significant impact on the capacity of optical fiber for all three-fiber types. In addition, the work assessed the losses in the fiber, which depends on its length.

In these measurements LED, infrared light with a polar pattern was used. For the calculation of this device receives the following assumptions:

1) absorption loss and scattering of light available; 2) radiation spreads meridian ($\alpha = 0$); 3) the polar pattern traverses the optical fiber; 4) controlled medium is infinitely large.

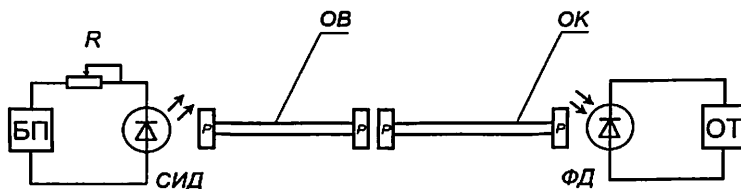


Fig.1. The experimental setup for the characterization "emitter - Connector - fiber - Connector - Cable - Connector - OOR"

Current is applied on the light emitting diode (LED) from the power supply unit (PSU) through a variable resistor R. As LED emitting diode AL-107B power of up to 10 mV and a wavelength of 0.85 - 1.2 mm is used.

LED radiation through the connector is supplied to the test fiber, and further through the connector of the optical cable. Luminous flux falls on a photosensitive surface PRI from the optical cable connector. As the PRI photodiode FD-11K used. The signal from the PRI recorded by an optical tester (OT).

The basic principles of fiber-optical measuring systems, which are based on fiber-optic sensors are viewed.

Fiber-optic sensors based on the principle of coding measured information such as phase, amplitude, tunnel are presented and described.

The advantages and disadvantages of fiber optic sensors and their application are shown.

The thesis presents and justifies the choice of priority criteria and requirements of fiber-optical measuring systems.

The conducted research possibility of using fiber optic strain indicators, cracks and damage on five areas have established optimal criteria, that enable monitoring and diagnosis of complex structure with the use of optical fiber.

Created optoelectronic transducers of mechanical quantities clearly demonstrated the advantages of their usage in fiber optic tract.

In the third chapter «Development of measuring systems based on optoelectronic transducers and research results transducers optoelectronic measuring system» a theoretical calculation of the optical fiber converters based on semiconductor opt coupler open channel with frustrated total internal reflection is carried out.

Optoelectronic control measuring system (OCMS) for monitoring of physicochemical parameters of substances and materials on the basis of opt coupler with open optical channel (OOC) consist of a radiation source (RS), planar dielectric waveguides and (ROR). The instrumentation management system for controlling physicochemical parameters of substances and materials on the basis of an optron with the open optical channel (OOC) consist of the radiation source (RS), the flat dielectric light guide and (ROR). In the basis of OCMS work the principle of various optical transmission at contact of its external surface with a controlled structure is the fundamental part. At approach of the index of refraction of controlled liquid to the index of refraction of the light guide the output signal decreases as it conducts to disappearance of limit of the section of light arriving as a result of distribution of radiation on the light guide on. There also theoretical justification of possibility of work OCMS on the basis of an optron with flat OOK is given. The question of a optical transmission of squared light guides with any form of the directional pattern (DP) is investigated. At the accounting of all types of energy losses in the light guide on the way from a radiation source to the receiver the coefficient of transfer of the light guide is defined as the relation of the last stream of radiation energy F to falling F_0 , i.e.

$$f = F/F_0 \quad (1)$$

Distribution of the energy stream of radiation source at an angle φ_0 and U_0 (fig. 2) can be described as

the following formula $F = F_0(\varphi_0, U_0)$

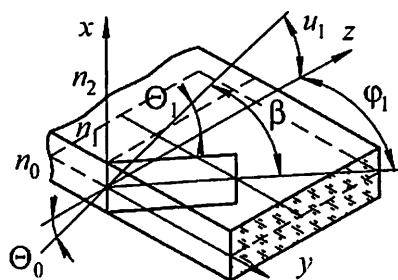


Fig. 2. Distribution of light in a plane-parallel light-guide plate

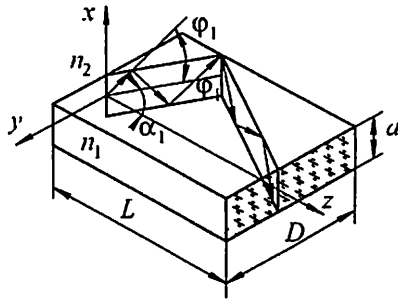


Fig. 3. The scheme of passing of a beam through the rectangular light guide

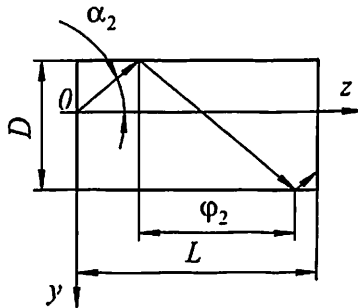


Fig. 4. A projection of the beam passing through the rectangular light guide to the coordinate YOZ plane

For a small part of an energy stream d^2F , extending in an element of a space angle, $d^2\omega = \sin u_2 du_2 d\psi$, the following expression can be received:

$$d^2F = I \sin u_1 \sin u_2 \quad (2)$$

where $I(\varphi_0, u_1)$ is radiation force.

Optical transmission of the light guide is defined by the relation of last stream of energy F to falling, i.e.

$$\tau = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\Theta_1}^{\Theta_2} I(1 - R_\varphi)^2 \cdot e^{-\psi} \cdot R^\kappa \sin \Theta_1 \sin \varphi_1 d\Theta_1 d\varphi_1 / \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\Theta_1}^{\Theta_2} I \sin \Theta_1 \sin \varphi_1 d\Theta_1 d\varphi_1 \quad (3)$$

The received formula (3) allows to calculate the optical transmission of light guides of any form at the sizes of cross section much surpassing the wavelength of the used light. For calculation τ it is necessary to set concrete type of the light guide, i.e. to consider application of a formula to light guides in the shape as rectangular, cylindrical, etc.

After final integration of the optical transmission of rectangular light guides can be expressed approximately as:

$$\tau = (1 - R_\phi)^2$$

With a length of the light guide L aspiring to zero, size on $\exp(-\varepsilon L)$ aspires to unit, and τ_1 and τ_2 also aspire to unit, and $\tau = (1 - R_\phi)^2$. At d striving for infinity r aspires to zero as losses on reflection from the directing planes increase.

For a plane-parallel plate we will accept $d = \infty$. In this case we will receive:

$$\tau = (1 - R_\phi)^2 e^{-\alpha d} / \ln R(L\beta_1) \cdot (\rho^{L\beta_1 d^{-1}}) \quad (4)$$

From comparison (3) and (4) it is visible that the optical transmission of a plane-parallel layer is bigger than optical transmission of the rectangular light guide.

Further in this chapter the methods of a choice of receivers of optical radiation are given. Presented all the let-out laser radiators of a continuous operating mode contain the built-in photodetector for inclusion in a chain of stabilization of the input power level, their parameters. Comparative characteristics of light-emitting devices and the range of reaction at the receiver exit determined by a frequency range of a signal on an entrance and the frequency characteristic of the receiver of radiation are provided. There also main characteristics of laser light-emitting diodes of a series ILPN-30x are provided in the chapter.

For creation of the optoelectronic converter and a method of calculation of the operational amplifier (OA) it is necessary to consider that it is accepted to understand as the operational amplifier the amplifier of a direct current (most often a chip) allowing to build knots of the equipment, which functions and technical characteristics depend only on properties of a chain of feedback in which it is included. There also standard scheme of turning on of the operational amplifier with use of OA is described. The value of output resistance of a chip which output chain switched consistently on the resistor is received.

There also development of optoelectronic systems of detecting of predestruction and a choice of an element indication is given. The standard scheme of connection to the microcontroller as the peripheral device of the liquid crystal character indicator and connection of the microprocessor and LCD module which is used as a peripheral device is shown.

The standard scheme of connection to the microcontroller as the peripheral of the liquid crystal znakosinteziruyushchy indicator and connection of the microprocessor and LCD module which is used as the peripheral is shown.

In the fourth chapter «Creation of fiber-optical measuring monitoring systems and diagnostics of properties mechanical designs» open type optocouplers with use of optical fiber as the transferring environment are developed. Methods of the choice of radiation receivers are presented. There is

mm from each other in the areas of possible occurrence of cracks, three laser diodes, three measuring optical receiver, photoelectric signal processing unit, in addition to a seven optical channels are introduced sensors trimming seven and one limiting resistor, emitters of the seven block, a block of seven receivers, a microcontroller, a-transceiver and an information processing unit with specially designed software.

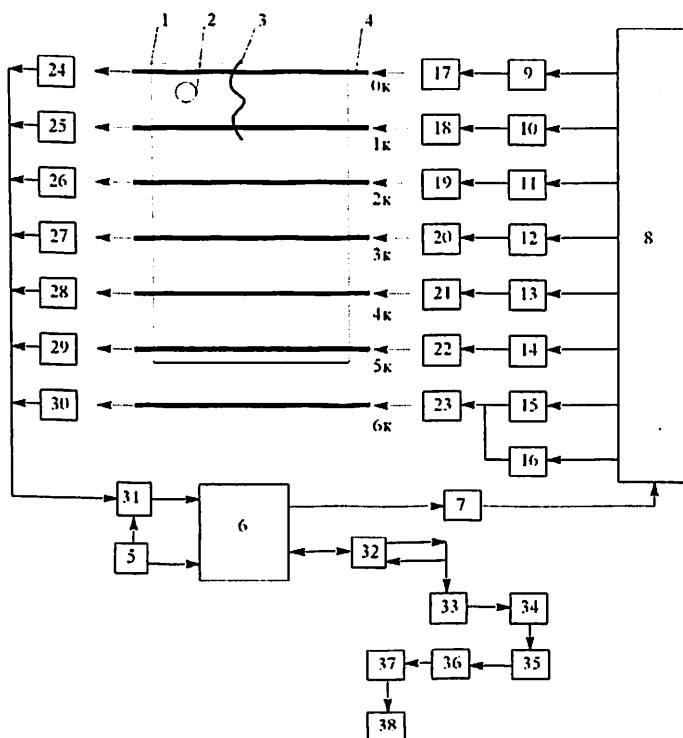


Fig.6. Blok diagram of an apparatus for determining the place of discovery, registration initiation and propagation of fatigue cracks elements of mechanical structures

In fig.6: 1 - the fragment of the mechanical construction of the test, 2 - bolted or riveted joints to the stiffener panels, 3- crack 4 (0K -6k) - polymer waveguides (Sensors), the power source 5, a microcontroller 6, a switch 7, 8 power amplifier 9-16 descenders resistors 17-23 - laser diodes (LDs), 24-30 - measuring optical detectors (PRI), 31-amp, 32-bit transceiver RS232, 33- analog-to-digital converter (ADC), 34 computer, 35 data files 36 digital data processing, mathematical processing of the results of 37, 38-statistics experiments.

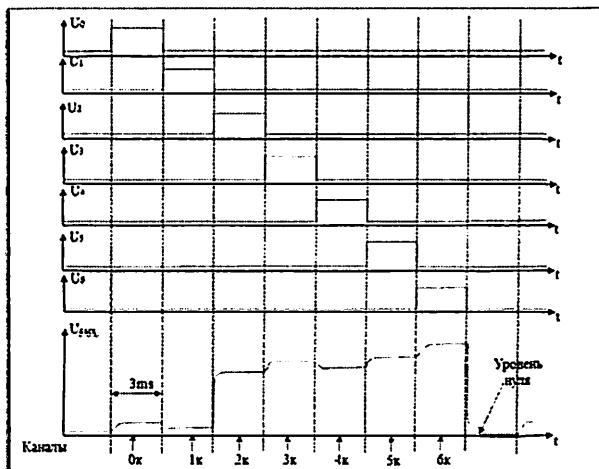


Fig.7. A timing diagram of the device sensors

In figure 7. there are presented timing diagrams of the device in the survey optical channels. Here enable signals emitting diodes that produces controller designated as U_0-U_6 . The output of the amplifier-inverter receiving diode photocurrent is denoted as $U_{a\text{dc}}$, as it is input to an analog-digital converter of the controller. The diagram shows $U_{a\text{dc}}$ waveform for the case when the fibers are damaged two first channels formed beneath the crack. The problems of application of fiber-optic cable as a measuring system. Shows the calculation of the length of FOC using the formula Bouguer-Lambert. A device for diagnosing defects FOL arising due to external factors.

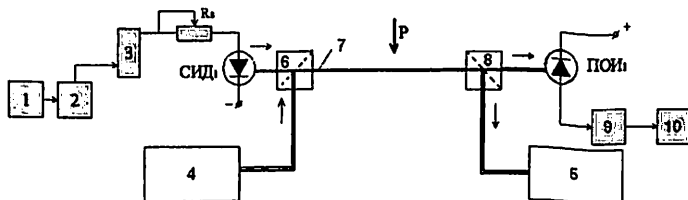


Fig.8. Flowchart of measuring system

In Fig. 8: 1- clock –signal generator, 2-triggers, 3- power amplifiers, 4,5- tranciever communication devices, 6,8- couplers, 7- cable, 9- module block of processing of a photo-electric signal (BPPES), 10- measuring device or calculator, P-deformation

As the operation of some parts of the FOL (fiber-optic communication lines) may have already exhausted their guaranteed resource calendar, and some may be in the intensive phase of aging. This phenomenon, of course, affects the reliability of structures whose integrity is paramount and therefore directly affects the reliability of operation. We have developed a device for diagnosing defects FOL arising due to external factors, shown in fig.8.

Thus, it is possible to conclude that the constructed device is applicable not only for the solution of problems of measurement deformation of fiber-optic, but can be used and for other purposes, for example for detection of defects in various designs as by means of fiber light guides it is possible to control deformations and a state in various points of designs. So, small-sized, cheap and sensitive elements for the sensors possessing small energy consumption, high sensitivity and conforming to modern technical requirements can be effective to be applied to different control of mechanical violations and damages.

The construction of a model sample of the automated control unit and diagnostics of mechanical violations and damages of various designs with application of a fiber-optical cable is given in this part. Results of registration of cracks on the basis of use of the fiber-optical reflect meters are given.

Thus, regarding to new development in physics of a solid body to both fiber optics and essential depreciation of optical fiber and semiconductor devices broad use of sensors on the basis of optical fiber became possible.

Researches on detection of mechanical damages of various designs (dams, bridges, civil constructions) with use of optical fiber are conducted. As a result of monitoring of mechanical designs the application technique of the interferometric measurements is fulfilled.

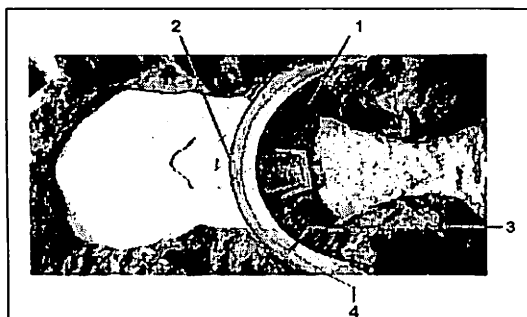


Fig.9. The developed model of hydroelectric power station for carrying out measurements is presented

In Fig.9: 1 object of hydroelectric power station (including dams), 2- cracks, high fatigue strength. 3. fiber-optical cable. 4. tester "FDD 1203A OPTICAL TESTER"

The results of researches of the first three directions creation of technology of installation on a controlled surface of sensors from quartz and polymeric light guides, including flat ones.

In the process of researches the whole complex of technical and technological problems was solved and the operating model of the instrument equipment is developed.

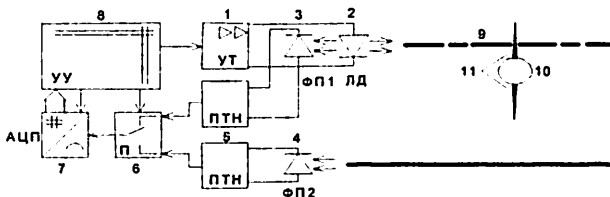


Fig. 10. The scheme of use of the laser diode with the built-in control photo detector

In Fig.10: 1-Current amplifier, 2- Laser diod.3- Monitor photo receiver, 4- Measuring photo receiver, 5- Current transducer, 6- Switch ,7 – ADC (Analog to digital converter), 8- Controller device, 9- Indicator, 10-Hub , 11- Cracks.

Simultaneously with the search of decisions on indicators researches were conducted on the principles of creation of the equipment of control. Two ways of control of a condition of indicators were developed. The first is based on measurement of power of the optical radiation passing through the indicator. Destruction identification, in this case, is made on sharp decrease in value of power. The second way is based on sounding of the light guide by a short impulse, measurement of time of its distribution in the direct and opposite direction and fixation of the fact of reduction of this time.

Results of experiments on measurement of a destroying dams by means of an optical tester with use with a wavelength of radiation of 8,5 nanometers are received. For experimental measurements the interferometric technique was used.

From the point of view of controlled parameters pilot studies were directed on studying of the following parameters:

- deformations (stretching, compression);
- movements;
- cracks formation;
- pre destructions.

The automated measuring monitoring system and diagnostics of single frequency properties of designs of optoelectronic converters is developed.

In the fifth chapter of «Creation of automated measuring systems based on opto-electronic transducers» shows the results of the development of automated measuring systems based optoelectronic converters.

It is shown that application of a fiber-optical cable as measuring system in the developed device of diagnostics and control of defects of fiber-optic communication line can be used not only for detection of deformations in fiber-optic communication line, but also for other purposes (detection of defects in various designs).

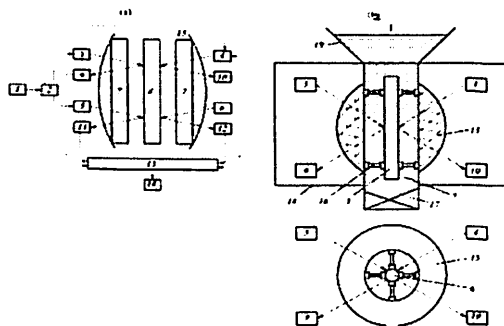


Fig. 11. Optoelectronic automatic colorimeter: a – the flowchart; b – construction of a sensor

The results of development of the automated measuring systems on the basis of optoelectronic converters are given in chapter 5.

The new design of the optoelectronic automatic colorimeter for the analysis of liquids is described in this chapter. In fig. 11.a the flowchart of the device, and in fig. 11.b – constructive design of a sensor are shown.

The developed device works as follows. After filling of a cylindrical cavity ditches it is irradiated with the 15th liquid 7 with a radiation of several light-emitting diodes with the wavelength of 920-450 nanometers. The device can be installed on the line of technological process, i.e. it is possible to control the liquids proceeding through a pipe (see fig. 11.b). The clock signal generator 1 develops rectangular impulses with a frequency of 8-10 Hz. Impulses via the switchboard the switch of optrons 2 move serially on light-emitting diodes 3-6. Radiation of the diode 3 is focused and reflected in the first position of the switchboard of the switch 2 from a core 8 and gets on a measuring photo detector 9.

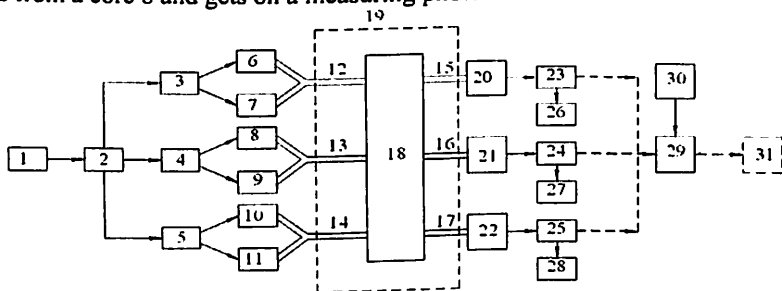


Fig 12. Structural schematic of color analyzer of the solid surface

Further in this chapter the optoelectronic automatic analyzer for measurement of color parameters of the surface of solid materials, for example, metals, plastic, glass, paper, etc., in those areas of the industry where color is one of the main indicators of quality of production is described.

Narrow beam radiation, which allows control of parameters is beeping and received due to the flow of the light through the leading 2-4 and offtake 5-7 fiber optic.

The device of the analyzer of the surface color of solid materials in fig. 15, and in fig. 12 - one of options of sensor performance. The analyzer of color consists of the sensor and the electronic block. The sensor is executed in the form of a hemisphere, 1 in which three couples of Y figurative bringing 2-4 and taking away 5-7 optical fibers are established.

Physical meaning consists of the following: color parameters are detected as an objective features of the subject developing in spectral composition outgoing from them (transmitted and attracted) radiation and perceived as visual sensation.

The device has high definition control due to three dimensional measuring with wavelength $\lambda_1 = 680 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 450 \text{ nm}$, when multicolor photo resistors are used as the standard of optical radiation receivers.

Fiber electron multiparameter colorimeter contains located in corpus reference generator, n diods, measuring photorecievers, connected with diodes optically, processing block of photoelectric signal, output of which is linked with recorder, ditch with attached cone and cock for overshoot and passing-through of liquid in cavity of ditch, commutator for switching radiation to one of optoelectronic couples, besides ditch is made of quartz glass in the shape of cylinder, consisting of two identical hollow semicylinders, attached to the mirror with two reflected surfaces, Laser diodes are used and assembled beforehand according to their certain spectral characteristics of n- components (parameters), contained in semitransparent liquids, moreover, supporting optoelectronic couple is provided; the laser diode photo receiver for authentication of measuring results.

The device operates as follows. When the master oscillator 1 generates rectangular pulses of 8-10 Hz. Separated pulses via a commutator - switch 2 optocouples - served alternately on laser LEDs 4, 5, 6, 7, (n-1) of, n from having certain spectral characteristics corresponding to the spectral characteristics of n components (parameters) contained in the translucent liquid. In this case, the optocoupler can be connected in series. The laser diode 3 and the measuring reference photo detector 10 form an optocoupler which is provided in order to compare the measurement signals with a reference signal channel, and provide reliable measurement results.

Block diagram of fiber electron multiparameter colorimeter is shown in Fig.13.

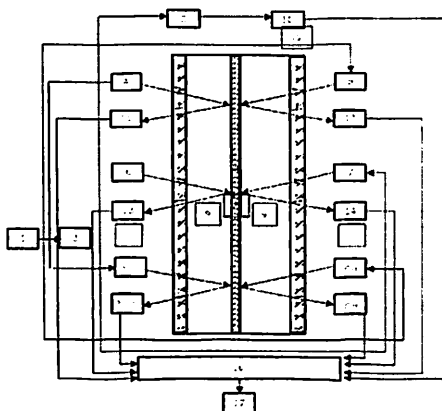


Fig.13. A block diagram of an optoelectronic multi parameter colorimeter

The methods and apparatus for quantitative and qualitative analysis of various substances (oil, glycerin, juices and others are considered). Optoelectronic automatic colorimeter designed for the analysis of liquids, allowing more accurately determine the concentration of substances in solution. The measurement accuracy is significantly enhanced by the two-fold radiation passing through the test object and a stationary location of the cell. The advantages of optoelectronic-photocolorimeter analyzers for continuous and discrete control of physical and chemical parameters of substances are shown.

CONCLUSION

In the course of the research produced the following results:

1. Study characteristics of primary cells to create optoelectronic control and measurement converters, conducting calculations transmittance rectangular waveguides studying fiber-optical path allows selection of source (wave length 0,85-1,2 microns, AL-107 B) and radiation receivers (FD- 11, FD-252).

2. On the basis of calculations of the electronic circuits of optoelectronic transducers to detect places prefracture and conducted a theoretical calculation of the operational amplifier for optoelectronic converters KR551UD2A selects processing units PIC16F84 and corresponding display elements.

3. On the basis of the choice of parameters of the experimental research of polymer fibers three types (fiber of circular cross section with a protective sheath and a core diameter $d_c = 0.4$ mm. The diameter of the reflective membrane is $D_0 = 0.6$ mm; the fiber of circular cross section without the protective shell and the core diameter $d_c = 0.4$ mm. The diameter of the reflecting shell is $D_0 = 0.5$ mm circular cross section fiber without protective cover, and with the core diameter $d_c = 0.2$ mm. The diameter of the reflecting shell is $D_0 = 0.4$ mm). Justify that the results change in the diameter of the lens at the ends of the polymer fibers do not have a

significant impact on the capacity of the optical fiber, it is almost the same for all three types of fiber.

4. On the basis of fiber-optical devices developed methods for determining the location of the main mechanical damage and local fiber-optic communication lines, especially in remote mountain areas and sandy, up 0.9-1.2 meters from the site of injury, damage and cooldown reduced to 2-3 times.

5. Created and implemented a two-channel, on-line automated system ОСП - 2М for detection, registration of birth, fatigue crack propagation elements and the estimation of parameters of mechanical structures (dams). On the basis of the developed - seven-channel opto-electronic automated systems «ОСП - 7М» visually detected deformation in the elements of mechanical design, carried out the check initiation and propagation of fatigue cracks, a system of monitoring allows the control of the mechanical strength of large structures and hydraulic facilities, dams.

6. A device monitoring and diagnostics of deformations that allows to detect violations in solid-state structures, and the gap between the optical fiber and optical cable, the order of 0.01 mm, which leads to increased sensitivity of the measurements.

7. Method and devices optoelectronic photocolorimeter (when used to control the wavelength of the optical signal 920,680,560,450 nm) allows to determine the properties of liquid substances.

8. A optoelectronic transducer-analyzer, and the surface of solid color material, which has increased control accuracy due to the three-dimensional measurement (with wavelengths $\lambda_1 = 680$ nm, $\lambda_2 = 560$ nm, $\lambda_3 = 450$ nm).

9. A fiber - optic multi-channel high-sensitivity optoelectronic photocolorimeter determining the physico-chemical properties of liquid media.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

І бўлим (І часть; I part)

Патентлар (патенты; patents)

1. Пат. №2429456 РФ. Анализатор цвета поверхности твердых материалов./Рахимов Б.Н., Кутенкова Е.Ю., Ларина Т.В., Ушаков О.К.// Оубл. 20.09.2011г. Бюл. №26.

2. Пат. №2413201 РФ. Оптоэлектронный фотоколориметр / Рахимов Б.Н., Кутенкова Е.Ю., Ларина Т.В., Ушаков О.К. // Оубл. 27.02.2011г. Бюл. №5.

3. Пат. №2462698 РФ. Устройства и способ определения мест предразрушения конструкций / Рахимов Б.Н., Кутенкова Е.Ю., Ларина Т.В., Ушаков О.К. // Оубл. 27.09.2012. Бюл. №27.

4. Пат. №2485484 РФ. Оптоэлектронный многопараметровый колориметр / Рахимов Б.Н., Кутенкова Е.Ю., Ларина Т.В., Мадумаров Ш.И. // Оубл. 20.06.2013. Бюл. №17.

5. Рахимов Б.Н., Ушаков О.К., Кутенкова Е.Ю., Ларина Т.В. Оптоэлектронный автоматический фотоколориметр // Научно – технический журнал “Приборы и техника эксперимента” Москва, 2011. - № 5- с. 161-162. (№1) Web of Science, (№8) Chemical Abstracts CAS, IF=0,330.

6. Рахимов Б.Н., Ушаков О.К., Ларина Т.В., Кутенкова Е.Ю. Анализатор цвета поверхности твердых материалов // Научно – технический журнал “Приборы и техника эксперимента” -Москва, 2012, №3- с. 131-132. (№1) Web of Science, (№8) Chemical Abstracts CAS, IF=0,330.

7. Рахимов Б.Н., Ларина Т.В., Кутенкова Е.Ю., Носков М.Ф. Устройства и способ определения мест предразрушения конструкций// Научно – технический журнал “Приборы и техника эксперимента”- Москва, 2013. - № 4-с. 138-139. (№1) Web of Science, (№8) Chemical Abstracts CAS, IF=0,330.

8. Рахимов Б.Н., Е.А.Марюшко. Волоконно-оптический измерительный тракт// Научно – технический журнал “Приборы и техника эксперимента”- Москва, 2014. - № 4-с. 140. (№1) Web of Science, (№8) Chemical Abstracts CAS, IF=0,330.

9. Рахимов Б.Н., Хайдаров А.Х., Рахимов Н.Р. Оптоэлектронная система мониторинга строительных конструкция на основе волоконных световодов// Научно-технический журнал ФерПИ.-Фергана, 2006.№3.-с.48-54.(05.00.00, № 20)

10. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Оптоэлектронная система для обнаружения предразрушения объектов и конструкций с помощью волоконных световодов// Научно-технический журнал «Вестник-ТУИТ»-Ташкент, 2011-№2.- с. 35-39. (05.00.00, № 10)

11. Рахимов Б.Н., Хахимов З.Т., Набиев Н.Ф., Курбанов А.А. Расчет технических характеристик магистральной ВОЛС// Научно-технический и информационно-аналитический журнал-Вестник ТУИТ- Ташкент, 2014, №3- с. 41-46. (05.00.00, № 10)

12. Рахимов Б.Н., Хахимов З.Т., Султонова Д.Э., Газиев Х.Г. Метода диагностики оптоволоконных широкополосных линий связи// Научно-технический и информационно-аналитический журнал- Вестник ТУИТ-Ташкент, 2014, №3- с. 77-80. (05.00.00, № 10)

II бўлим (II часть; II part)

1. Рахимов Б.Н. Оптоэлектронная измерительно-информационная система для обнаружения усилий плотин//Научно – технический журнал «Автоматика и программная инженерия» -Новосибирск, 2013. №1 (3)-с 61-64.

2. Rakhimov B.N., Khakimov Z. Development of improved spectral characteristics of fiber-optic communication systems// «Автоматика и программная инженерия». –Новосибирск, 2013, №3(5).- с. 46–48.

3. Рахимов Б.Н., Кутенкова Е.Ю., Ларина Т.В., Мадумаров Ш.И. Исследование оптоэлектронного метода и разработка устройств для мониторинга жидких сред// Научно – технический журнал «Автоматика и программная инженерия»-Новосибирск, 2012. - № 1. - с.35-42.

4. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Разработка лабораторной установки для измерения интенсивности в дальней зоне оптического волокна// Научно-технический журнал-АГУ- Андижан, 2011, №4. с-13-16.

5. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Some Aspects of Improvement of Automatic optoelectronics colorimeter Receiver of Optical Radiation (ROR) //RFBR and DST Sponsored “The Second Russian-Indian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics”. - Novosibirsk, Russia, 2011.

6. Рахимов Б.Н., Ларина Т.В., Жмудь В.А. Молекулярно-кинетические процессы и принципы создания оптоэлектронных датчиков для регистрации усталости// «Автоматика и программная инженерия»-Новосибирск, 2013. - № 2(4). - с.89-92.

7. Рахимов Б.Н., Расулов А.М. Расчет и разработка семиканальной волоконно-оптической системы для обнаружения, регистрации зарождения и распространения усталостных трещин элементов механических конструкций// Международной научно-технической конференции Сборник трудов научн. Конгресса «ГЕО-СИБИРЬ-2010»-Новосибирск, 2010-с. 141-143.

8. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Теоретический расчет волоконно-оптических преобразователей на основе полупроводникового оптрона открытого канала с нарушенным полным внутренним отражением// II Международная конференция по Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах-Фергана, 8-9 сентября 2011г.

9. Б.Н.Рахимов Т.Д.Раджабов. Выбор полупроводниковых источников излучения для создания волоконно-оптических датчиков предразрушения// II Международная конференция по Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах-Фергана, 8-9 сентября 2011г.

10. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Оптоэлектронная система мониторинга композиционных строительных конструкции на основе волоконных световодов// «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Ташкент, 21-22 апрель 2011 й.с. 168-170.

11. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Разработка интегрированных оптоволоконных датчиков для контроля состояния композитных конструкций// «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Тошкент, 21-22 апрель 2011 й.с.171-172.

12. Рахимов Б.Н., Рахимов Н.Р. Оптоэлектронные измерительно-информационные системы для выявления деформации, силы (давления) и предразрушения в элементах механических// Сборник тезисов Международной научно-технической конференции «геодезия, картография и кадастр-XXI век», посвященной 230-летию основания Московского государственного университета геодезии и картографии-Москва, 25-27 мая 2009г.

13. Рахимов Б.Н. Оптоэлектронный метод контроля трещины конструкций с помощью волоконных световодов// Международной научно-технической конференции Сборник трудов научн. Конгресса «ГЕО-СИБИРЬ-2011»-Новосибирск-2011г.с.42-46.

14. Рахимов Б.Н., Ушаков О.К. Оптоэлектронная информационная измерительная система для обнаружения и регистрации предразрушения элементов металлических конструкций// Международной научно-технической конференции Сборник трудов научн. Конгресса «ГЕО-СИБИРЬ-2011»-Новосибирск-2011 г.с

15. Рахимов Б.Н. Раджабов Т.Д. Optoelectronics colorimeter in optoelectronic development conception//«Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Тошкент,15-16 март 2012 й. с. 133-134.

16. Рахимов Б.Н. Раджабов Т.Д. Оптоэлектронной системы для контроля деформации с использованием волоконно-оптического элемента//«Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Тошкент,15-16 март 2012 й. с. 206-207.

17. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д., Давронбеков Д.А. Optoelectronic devices for automatic diagnosis of the physical properties of mechanical disturbances, damage dams // Seventh world conference on intelligent systems for industrial automation-Tashkent, Uzbekistan November 25-27, 2012.с. 246-248.

18. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Дистанционный мониторинг волс с помощью сотового телефона//«Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Тошкент, 14-15 март 2013 й. с.11-12.

19. Rakhimov B.N. What's new in fiber optics?//«Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Тошкент, 14-15 март 2013 й. с. 29-30.

20. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Integrated fiber optic sensors for monitoring of composite structures// Современные средства связи материалы XVIII международной научно-технической конференции. Минск, Республика Беларусь, 15-16 октября 2013-с. 2-3.

21. Рахимов Б.Н., Раджабов Т.Д. Расширенные функциональные возможности оптических рефлектометров//Сборник Статей VII Международной научной конференции «Приоритетные направления в области науки и технологии в XXI веке»-Ташкент, 2014.

22. Рахимов Б.Н. Investigation of Photoelectric of Anomalous Photovoltaic CdTe Films and Development of Optoelectronic Devices on Their Basis. The six international exhibition and scientific congress "GEO-SIBERIA-2010" 27-29 April 2010-Novosibirsk, Russian Federation.

23. Б.Н.Рахимов, Е.Ю. Кутенкова, Т.В. Ларина, Ш.И. Оптоэлектронная информационная - измерительная система для обнаружения и регистрации предразрушения элементов металлических конструкций. ГЕО-СИБИРЬ-2011: сб. материалов VII Междунар. науч. конгр., 19-29 апр. 2011г. - Новосибирск: СГГА, 2011. - Т. 5, ч. 1. - с. 126-131.

24. Б.Н. Рахимов, Т.Д. Раджабов. Интегрированных оптоволоконных датчиков для контроля состояния композитных конструкции. «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция-Ташкент март 2014 й.с.105-107.

25. Б.Н. Рахимов, У.Б. Эшназаров. Системы мониторинг макрообъектов с примененем волоконно-оптических датчиков. «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция. март 2014 й. г.Ташкент.с.107-109.

26. Б.Н. Рахимов, Л.А.Аракулов. Оптоэлектронные автоматические устройства для диагностики физических свойств механических нарушений повреждений плотин. «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция. Март 2014 й. г.Ташкент. с.115.

27. Б.Н.Рахимов. Создание многофункциональных систем мониторинга нефтесодержащих сред. Республиканской научно-технической конференции «оптические, акустические и радиоволновые методы, средства контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» 18-19 мая 2006 г. Фергана, Узбекистан.

28. Б.Н. Рахимов, Т.А.Маткурбонов. Оптоволоконно как канал утечки речевой информации. «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» Республика илмий-техник конференция. март 2014 й. г.Ташкент.с.110-114.

29. B.N.Rakhimov, X.A.Muxitdinov, Z.T.Khakimov, D.B.Ibragimov. Optoelectronic measuring and information system for the detection efforts of dams// Perspectives for the development of information technologies ITPA -2014 Tashkent C 370-375.

30. B.N.Rakhimov, Z.T.Khakimov, X.G.Gaziyev, D.E.Sultonova. Calculation of technical characteristics mainline fiber optic link// Perspectives for the development of information technologies ITPA -2014 Tashkent. с. 370-375.

Б.Н. Рахимов, Т.Д.Раджабов, З.Т.Хакимов. Волоконно-оптические измерительные системы контроля и диагностики механических свойств конструкций// Radiotexnika, telekomunikatsiya va axborot texnologiyalari: muammolari va kelejklari Xalqaro ilmiy-texnik konfrensiya, Tashkent 2015 – yil 21-22-may. с.338-341.

**Автореферат «ТАТУ хабарлари» тахририятида тахрирдан ўтказилди
(21.01.2016)**

Босишга руҳсат этилди: 25.01.2016
Бичими 60x84 1/8. «Times Uz» гарнитураси. Офсет усулида босилди.
Шартли босма табағи 5.4 нашр босма табағи 5.5. Тиражи 100.
Буюртма: № 5
«Top Image Media» босмаҳонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Я. Ғуломов кўчаси, 74 уй.