

**МУХАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ АХБОРОТ  
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**Тешабаев Т.З., Ходжаев Н., Камалидинов Р.З.**

# **ОПТИК АЛОҚА ТИЗИМЛАРИ ВА ТАРМОҚЛАРИ**

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта Махсус Таълим Вазирлиги томонидан  
касб-ҳунар коллежи ўқувчилари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этилган*



**Тошкент- 2018**

УЎК: 621.315.05-037.52

КБК: 32.96

Т 45

Тешабаев Т.З., Ходжаев Н., Камалидинов Р.З. Оптик алока тизимлари ва тармоклари. (Ўқув қўлланма). Т.: «Aloqachi», 2018, 372 бет.

ISBN 978-9943-5569-4-2

Ўқув қўлланма 7 қисм, 130 расм, 38 манба, 7 иловадан иборат бўлиб, унда ТОАЛ – асосий тушунчалар ва умумий маълумотлар, структура ва унинг ривожланиш тарихи ҳамда Ўзбекистонда ТОАЛ нинг замонавий ҳолати ва унинг ривожланиш истиқболи келтирилган. Оптик толаларнинг турлари, характеристикалари, параметрлари ва классификацияси, тола-оптик алока тармоқларининг оптоэлектрон компонентлари, ажралмайдиган боғланишлар, ОТ ни ёпиштириш, кавшарлаш, оптик узатиш линияларининг ажраладиган боғлагичлари, оптик муфтларнинг конструкцияси ва турлари, оптик кросслар вазифаси, оптик ажратгичлар, мультиплексорлар, демальти-плексорлар оптик модуляторлар, коммутаторлар, изоляторлар тўғрисида маълумотлар келтирилган. Оптик алока линияларида ўлчашлар, бино ичида оптик кабелни ётқизиш технологиясини ўрганиш ҳамда оптик алока тармоқларига техник хизмат кўрсатиш асослари, ТОАУТ ривожланиши истиқболлари, глоссарий, тарқатма материаллар, тестлар, иловалар фойдаланилган адабиётлар рўйхати келтирилган.

Ишнинг мақсади – Телекоммуникация ва турдош таълим йўналишлари бўйича ўқувчиларини ўқитишда, шунингдек, соҳа кичик-техник ходимлари малакасини оширишда фойдаланиш учун замонавий талабларга жавоб берадиган “Оптик алока тизимлари ва тармоклари” номли ўқув қўлланмани Давлат тилида ёзишдир.

Яратилган китоб кичик-техник ходим тайёрлаш ўқув дастурларига мос ҳолда телекоммуникация оптик узатиш тизимларининг ва тармоқларининг тузилиш ва ривожланишининг асосий йўналишларини қамраб олган.

УЎК: 621.315.05-037.52

КБК: 32.96

ISBN 978-9943-5569-4-2

© «Aloqachi» nashriyoti, 2018.

## РЕФЕРАТ

Ҳисобот 289 бет, 7- қисм, 130 расм, 38 манба, 7 иловадан иборат бўлиб унда ТООАЛ - асосий тушунчалар ва умумий маълумотлар, структураси унинг ривожланиш тарихи ҳамда Ўзбекистонда ТООАЛ нинг замонавий ҳолати ва унинг ривожланиш истиқболи келтирилган.. Оптик тоаларнинг турлари, характеристикалари, параметрлари ва классификацияси, тола-оптик алоқа тармоқларининг оптоэлектрон компонентлари. ажралмайдиган боғланишлар, ОТ ни ёпиштириш, кавшарлаш, оптик узатиш линияларининг ажраладиган боғлагичлари, оптик муфталарнинг конструкцияси ва турлари, оптик кросслар вазифаси, оптик ажратгичлар., мультиплексорлар, демультимплексорлар оптик модуляторлар, коммутаторлар, изоляторлар тш-рисида маълумотлар келтирилган. Оптик алоқа линияларида ўлчашлар, бино ичида оптик кабелни ётқизиш технологиясини ўрганиш ҳамда оптик алоқа тармоқларига техник хизмат кўрсатиш асослари, ТООАУТ ривожланиши истиқболлари, глоссарий, иарқатма материаллар, иестлар, иловалар фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва келтирилган.

Тадқиқот объекти давлат тилида касб-хунар коллежи ўқувчилари учун “Оптик алоқа тизимлари ва тармоқлари” номли дарсликни яратишдир.

Ишнинг мақсади - Телекоммуникация ва турдош таълим йўналишлари бўйича ўқувчиларини ўқитишда, шунингдек соҳа кичик-техник ходимлари малакасини оширишда фойдаланиш учун замонавий талабларга жавоб берадиган “Оптик алоқа тизимлари ва тармоқлари” номли дарсликни Давлат тилида ёзишдир.

Яратилган китоб кичик-техник ходим тайёрлаш ўқув дастурларига мос холда телекоммуникация оптик узатиш тизимларининг ва тармоқларининг тузилиш ва ривожланишининг асосий йўналишларини қамраб олган.

## Сўзбоши

Маълумки юқори тезликдаги сигналларни узатиш ва қабул қилиб олиш учун юқори даражада ўтказиш қобилиятига эга бўлган йўналтирувчи мухит бўлиши керак. Бундай талабларга оптик алоқа воситаларига тенг келувчи воситалар ҳозирги кунда мавжуд эмас. Шунинг учун оптик алоқа жамиятни ахборотлаштириш жараёнини ривожлантирувчи мукамал ва истиқболли алоқа воситаси ҳисобланади.

Фотон технологияси асосидаги оптик алоқа (ОА), яъни тўлиқ оптик тармоқлар АОН (All-optical Networks) телекоммуникация тармоқларини келажаги ҳисобланади. Тўлиқ оптик алоқа магистрал тармоқларни, шунингдек абонентларни тармоққа уланишини ҳам қамраб, мижозларни телекоммуникация тармоқларига кенг поласали уланишларни таъминлайди. Фотон технологияси асосидаги тўлиқ оптик алоқада коммутация, мультиплексорлаш ва регенерациялаш оптоэлектрон ёки электрооптик эмас, балки фақат оптик технология асосида амалга оширилади. Бу билан қурилмани техник иқтисодий кўрсаткичлари, ишончилиги ва узатиш тезлиги бир неча мартага ошади. Фотон технологиясини алоқа тармоқларига тадбиқ этишда оптик коммутаторлар, оптик регенераторлар, кучайтиргичлар, филтрлар, спектр бўйича зичлаштириш тизимлари қўлланилади.

Оптик алоқани ривожланиш тарихига назар ташласак, шуни айтиб ўтиш жоизки, цивилизациянинг бошланғич даврларида ҳам инсон ахборотларни узоқ масофаларга узатишда оптик сигналлардан фойдаланган. Бунинг учун кундуз кунни у мисол учун тутунли сигналлардан ёки акс этган қуёш нуридан, тунда эса олов сигналларидан фойдаланган. Вақт ўтиши билан у қуруқликда машина телеграфи, денгизларда байроқли сигнализация ва сигнал лампалари билан лмашган. Ўз навбатида охири телефон ва телеграф радиоалоқаси билан алмашди.

1882- йил америкалик олим Александр Грехем Белл томонидан овозли ахборотни ёруғлик нури кўринишида узатиш имконини берувчи оптик телефон ишлаб чиқилди.

Фан-техника, квант физикаси, оптоэлектроника бўйича эришилган ютуқлар, оптик квант генераторларини (лазерларни) яратилиши билан оптик алоқани ривожланишини замонавий даври бошланди.

60- йиллар бошида биринчи лазер яратилди. Тракт сифатида ер усти атмосфера қатлами, яъни очик алоқа линияси ишлатилган. Ҳозирда бундай тизимлар космосда, баъзи хорижий мамлакатларда кўпқаватли баланд биноларда қўлланилмоқда.

70-йилларда кварц шиша материалдан олинган тола нурни ютувчи кў- шимчаларни олиб ташлаш йўли билан сўниш қийматларини камайтириш усули яратилди ва 1979 йилга келиб, оптик толани сўниш қийматларини 0,2 дБ/км гача камайтириш мумкинлиги аниқланди. Ҳозирги кунда нафақат сў- ниш қийматлари, балки спектр бўйича зичлаштирилган тизимларни бир неча тўлқин узунликларини битта тола орқали бир вақтда узатиш имконини берувчи, дисперсия қиймати минимал бўлган бир модали толалар ҳам яратилган. Бундай толалар Люсент Техноложиз, Корнинг каби кўплаб хорижий компаниялар томонидан ишлаб чиқарилмоқда.

Ҳар бири 20 Гбит/с тезликли 55 та канални мультиплексорлаб, битта тола орқали узатиш мумкин, бунда йиғинди тезлик 1,1 Тбит/с ни ташкил этади.

Ўзбекистон республикасида ҳам жамиятни ахборотлаштириш борасида кўпгина ишлар амалга оширилди ва бу ишлар давом этмоқда. Бу мақсадда 1995 йил 1 август Вазирлар Маҳкамаси томонидан қабул қилинган «2010 йилгача муддатда Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш ва реконструкция қилиш Миллий дастури» қабул қилинди. Ушбу дастурга мувофиқ 1995-1997 йилларда ТОО (Транс-Осиё-Овропа) магистралини жаҳон стандартларига мос келувчи, рақамли транспорт тармоғини Миллий сегментини қуриш бошланди ва узунлиги 830 км дан ошиқ магистрал ТОО (толали оптик алоқа) линияси фойдаланишга топширилди. ТОО Миллий сегментида Сименс (Германия) фирмасининг толали оптик кабелларидан фойдаланилди.

1995-2000 йилларда ОЕСФ (Япония) лойиҳаси доирасида 1080 км узунликли худудий ТОО линияси қурилди ва фойдаланишга топширилди.

1996-1997 йилларда Тошкент шаҳрида “Сименс” толали оптик кабелларини қўллаб барча электрон АТСларни ва шунингдек тугунли аналог АТСларни бирлаштирувчи катта транспорт халқа қурилди.

2001 - йилда EDSF (Корея) лойиҳаси асосида Андижон ва Фарғона вилоятларини худудий телекоммуникация тармоқларини қайта таъмирлаш амалга оширилди. Лойиҳа натижасида умумий узунлиги 354 км бўлган худудий ТОО линияси қурилди.

Ҳозирда ташқи иқтисодий бирдамлик Япония банки кредити ҳисобига Фарғона водийсини учта вилоятини халқали тармоқларини қуриш, Қашқадарё, Сирдарё вилоятларида халқали худудий телекоммуникация тармоқларини қуриш, Бухоро-Нукус участкасида ТОО линиясини Бухоро-Навои-Зарафшон-Учкудук-Нукус ТОО линияси орқали резервлаш ишлари амалга оширилмоқда. Бу лойиҳа доирасида 2000 км магистрал, 700 км худудий ТОО линияларини қуриш назарда тутилган.

Бу лойиҳа ўз-ўзини тикловчи халқа тузилиши ва рақамли узатиш тизимларини қўллаш асосида канал ва трактларни захирасини таъминлайди, натижада алоқа тармоқларини ишончлилиги янада ошади.

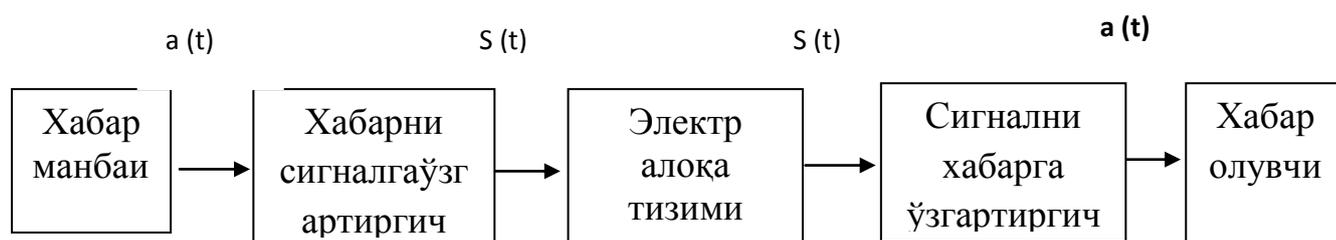
Ўзбекистон телекоммуникация тизимининг 28 та йўналиш бўйича дунёнинг 180 та мамлакатига чиқадиган тўғридан-тўғри халқаро каналлари мавжуд. Буларда ҳам толали оптик ва шунингдек сунъий йўлдошли тизимларидан фойдаланилмоқда. Бутун тармоқ нафақат ҳозирда, балки кейинчалик ҳам ҳозирдан кўпроқ ахборот ўтказиш қувватига эга.

Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини ҳаётга тадбиқ этилиши, Фан техниканинг жадал ривожланиши билан билимларни тезда янгиланиши ўқувчилар олдида ана шу билимларни тизимли ва мустақил эгаллаш вазифасини қўяди.

Шу боисдан мазкур ўқув қўлланмада ТООЛ тўғрисида умумий тушунчалар, уларни ишлатиш соҳалари, тузилиши ва асосий характеристикалари келтирилган, ўқув қўлланма ўрта махсус касб-ҳунар ўқув юртлари ўқувчиларига мўлжалланган бўлиб алоқа соҳасининг ўрта техник мутахассислари ҳам фойдаланишлари мумкин.

## Кириш

Ахборот тушунчаси ўзининг дастлабки мазмунида қуйидаги маънога эга бўлган: одамлар ҳаёти ва фаолияти, табиат ҳодисалари ҳақида хабарлар, билдиргилар ёки маълумотлардир. Хабар ва ахборот тушунчаларини, аввало бири-биридан ажратиш лозим. Булар биз ўрганиб қолганимиздек битта маънога эга эмас. Хабар тушунчасида узатилиши керак бўлган бирон бир воқеа ёки ҳодиса ҳақида ахборот (маълумот) ни тушунишимиз лозим. Бошқача қилиб айтганда, хабар ахборотнинг ташувчисидир, унинг материал шаклида гавдаланти рувчисидир. Демак хабарларга ахборот жойлашган. Шундай экан, табиий ҳолда хабарларнинг ахборотлилигини баҳолаш лозим бўлади. Одатий ҳаётда хабарларнинг ахборотлилиги хар хил кўрсаткичлар билан баҳоланиши мумкин, масалан, муҳимлиги, қимматлиги, фойдалиги, мақсадга мувофиқлиги, шунингдек таъсирчанлиги ҳамдир. Алоқа техникасида хабардаги ахборотлар сони ахборотнинг статистик назариясига асосланиб аниқланади. Унинг асосида эҳтимолий ёндашиш ётади, бунда хабарнинг кутилмаганлик, тасодифийлик даражаси ҳисобга олинади. Воқеа ёки ҳодиса қанчалик кам учрайдиган бўлса, у тўғрисидаги хабар биз учун кутилмаган, ахборотлироқ ва қизиқарлироқ бўлади. Аксинча, бизга маълум, одатий хабарнинг ахборотлилиги кам бўлади ва унга қизиқиш ҳам кам бўлади. Ахборотни ташувчи хабарлар, ўзининг табиатига кўра “электрик” характерга эга эмас, шунинг учун хабарларни бевосита алоқа канали бўйича узатиш мумкин эмас. Бунинг учун аввало хабар ток ёки кучланишнинг ўзгаришига мос равишда қайта ўзгартирилади. Бундай бирламчи ўзгартиргичлар сифатида микрофон, фотоэлемент ва бошқалар бўлиши мумкин. Бунда энг муҳими хабар ва ўзгартирувчининг электр тебраниш орасидаги мосликни таъминлашдир. Бундан кейин хабар деганда бирламчи хабарнинг “изи” бўлган электр тебранишларни тушунамиз. Хабарларнинг хусусиятларидан бири, уларнинг ҳаммаси тасодифийдир, иккинчиси – уларнинг паст частотали характерга эга эканлигидир, яъни вақт бўйича ўзгариши нисбатан юқори эмас. Шунинг учун бундай хабарларни узоқ масофаларга махсус қайта ўзгар тирмасдан узатиш мумкин эмас, чунки улар алоқа линияларида нисбатан тез сўнади. Хабарларни узоқ масофаларга узатиш имкониятига эга бўлиш учун уларни юқори частотали тебранишларга айлантириш керак ва уларни сигналлар деб айтиш мумкин. Демак сигнал – бу хабарни ташувчи юқори частотали тебранишдир. Жамиятдаги ахборотларни учта асосий турга ажратиш мумкин: шахсий, махсус ва оммавий. Шахсий ахборот яқка одамга ёки бир гуруҳ одамларга тегишли у ёки бу ҳодисани англатади. Махсус ахборотга илмий–техник, иқтисодий, статистик, тадбиркорлик ва бошқа ахборотлар тури киради. Оммавий ахборотлар – оммавий ахборот воситалари: газеталар, журналлар, радио, телевидение ва бошқалар орқали тарқатилади.



1- расм. Хабарни узатиш принципи.

Ахборотни етказиш, сақлаш, қайта ишлаш ва фойдаланиш учун у хабар турида тақдим этилиши лозим. Хабар таркибида манбадан узатилаётган ахборотдан ташқари уни тўғри етказиш ва фойдаланиш учун истеъмолчи манзили ва хар хил хизмат маълумотлари бўлиши керак. Қабул қилинган ахборот тўғрилигини ошириш учун хабар таркибида қўшимча ахборотлар бўлиши мумкин.

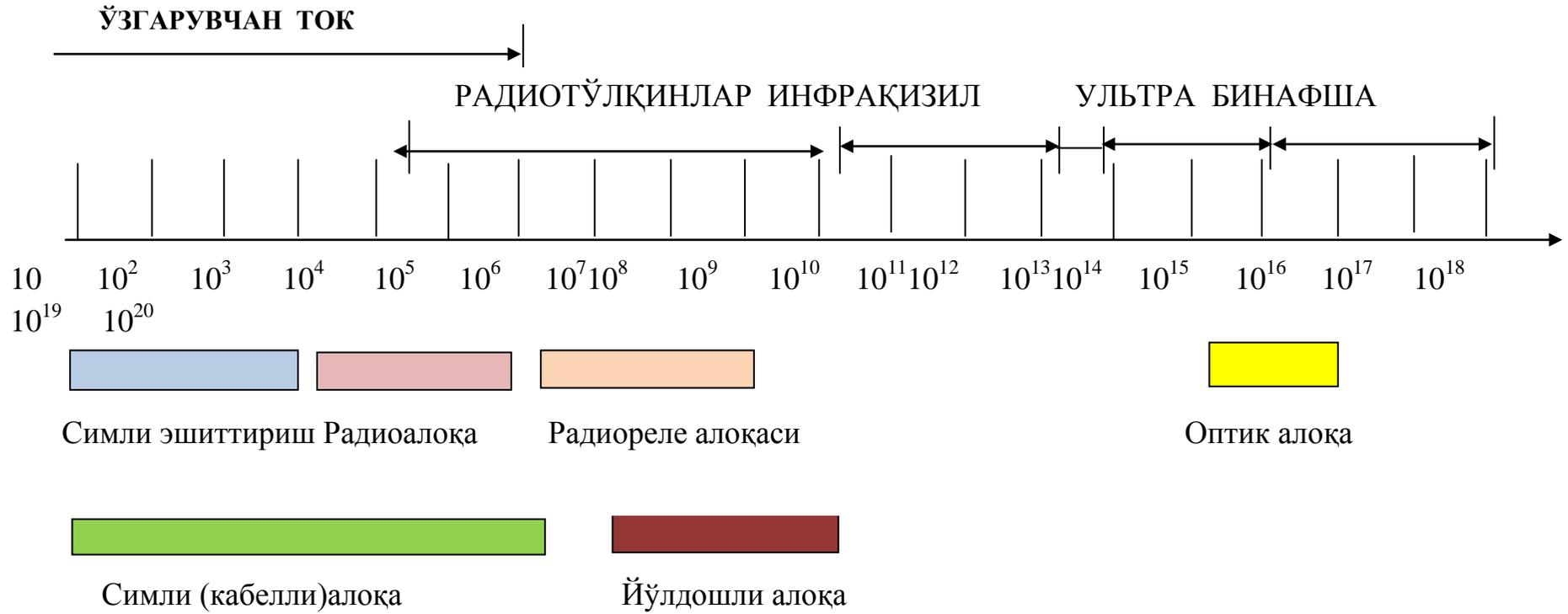
Хабар узлуксиз (аналог) ва дискрет бўлиши мумкин. Узлуксиз вақт функцияси бўйича тавсифланадиган хабар узлуксиз дейилади. Дискрет хабар айримэлементларкетма-кетлигисифати акс этади. Хабарларни узатиш тизими нинг схемаси қуйидагича тасвирланади. (1-расм) Манба узлуксиз (аналог) ёки дискрет хабарни  $a(t)$  шакллантиради. Бу хабарни электр алоқа воситалари орқали узатиш учун уни махсус қурилма ёрдамида электр сигналга айлантириш зарур. Нукт узатишда телефон, тасвир узатишда электрон – нурли трубка амалга оширади. Сигнални мухитнинг бир нуктасидан иккинчи нуктасига силжитишни электралоқа тизими амалга оширади. Электр алоқа тизими ўзаро харакатдаги техник воситаларининг мураккаб мажмуасидир. Электр сигнали моҳияти бўйича хабарни электр алоқа тизимида узатиш учун тақдимот шаклидир. Қабул қилиш пунктига етказилган сигнал яна хабарга айлантирилиши (мисол учун, нукт узатишда телефон, тасвир узатишда электрон нурли трубка ёрдамида амалга оширилади) ва олувчига берилиши керак.

Ахборотни узатиш хамма вақт муқаррар тўсқинлар ва бузилишлар таъсирида бўлади. Бу электр алоқа тизими чиқишидаги сигнал  $S(t)$  ва қабул қилинган хабар  $a(t)$  киришдаги сигнал  $S(t)$  ва узатилган хабардан  $a(t)$  фарқланишига олиб келади. Қабул қилинган хабарнинг узатилганга мослик даражаси узатилган ахборотнинг тўғрилиги дейилади. Хабарни сигналга ўзгартирувчи қурилмалар (микрофон, узатувчи электрон трубка) чиқишидаги сигнал бирламчи сигнал дейилади ва у электр алоқа тизимида узатилиши лозимдир. У ёки бу сигнални узатиш учун узатиш тизимининг параметрлари сигнал параметрлари билан мослашган бўлиши зарур. Сигнални электр алоқа тизимида узатиш учун қандайдир ташувчидан фойдаланиш керак. Ташувчи сифатида мухитда яхши тарқаладиган хусусиятга эга материал объектдан фойдаланиш табиийдир, масалан, электромагнит майдон симда (симли алоқа), очик фазода радиотўлқин (радиоалоқа), ёруғлик нури (оптик алоқа) яхши тарқалади. Табиатда мавжуд электромагнит тебрانتшлар частота қийматларига боғлиқ холда хар хил турдаги алоқани ташкил этиш имконини беради.

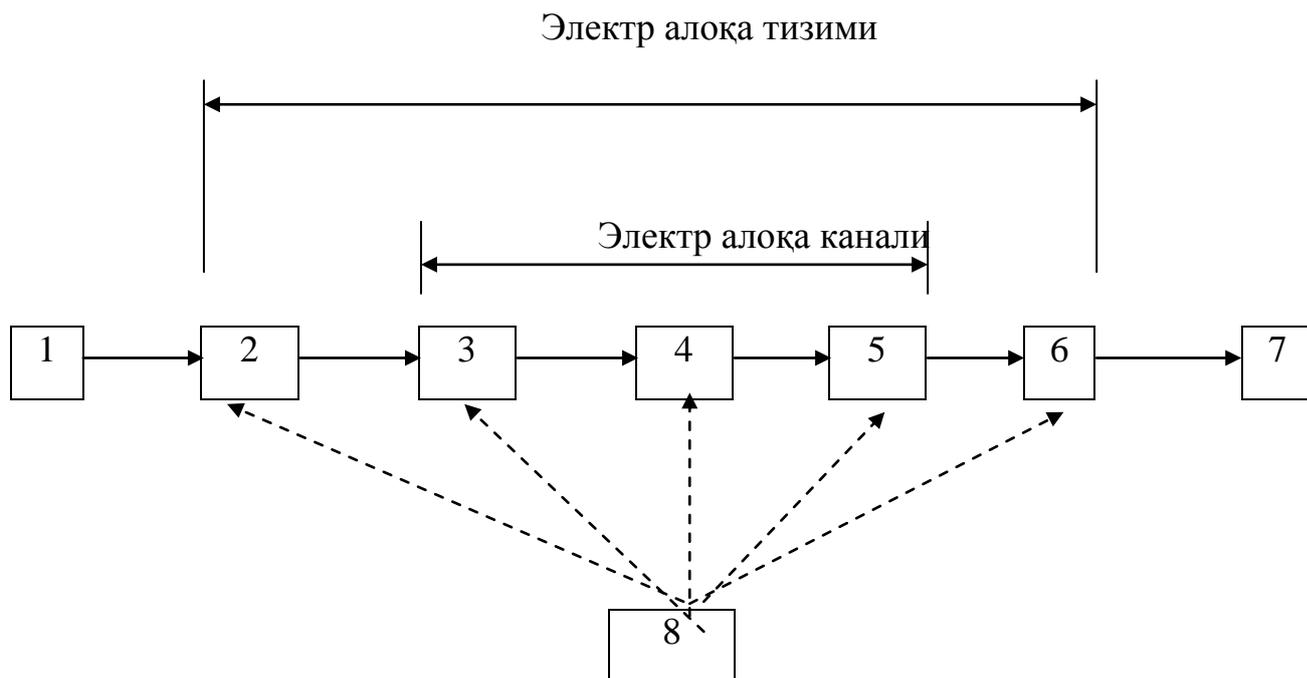
2- расмда хар хил турдаги алоқа учун фойдаланадиган частоталар ва тўлқинлар шкаласи кўрсатилган.

2.-расмдан шуни аниқлаш мумкин, узатиш пунктида бирламчи сигнал  $S(t)$  тарқалиш муҳитига мос, уни узатишга қулай бўлган  $v(t)$  сигналга ўзгартирилиши керак, шу билан бирга у бирламчи сигнал хусусиятларини акс эттириши керак. Электр алоқа сигналларини узатиш принципи қуйидаги структуравий схема (3-расм) орқали тушунтирилади.

# Н У Р Л А Р



2-расм. Ҳар хил турдаги алоқа учун частота ва тўлқинларнинг қўлланиши



3-расм. Электр алоқа тизимини умуллашган структуравий схемаси

Структуравий схема куйидаги блоклардан иборат: 1-хабар манбаи, 2-хабарни электр сигналга ўзгартиргич, 3-узатгич, 4-электр алоқа сигналларининг тарқалиш мухити, 5-қабул қилгич, 6-электр сигнални хабарга ўзгартиргич, 7-хабар истемолчиси, 8-тўсқинлар манбаи.

Хабар манбадан (1) ўзгартгич киришига (2) келиб тушади ва бирламчи электр сигналига айлантирилади. Узатгичда (3) бирламчи сигнал тарқалиш мухити (4) орқали узатиш учун қўшимча холда ўзгартирилади. Тарқалиш мухити сунъий йўналтирувчи мухит ёки очиқ фазо бўлиши мумкин. Тарқалиш мухитидаги электр сигнали иккиламчи электр сигнали дейилади.

Узатиш жараёнида электр сигналлар бузилиши ва уларга тўсқинлар (8) таъсир этиши мумкин. Тўсқинлар деганда фойдали электр сигналига таъсир этиб, уни тўғри қабул қилишни қийинлаштирадиган хар хил факторлар тушинилади. Тўсқинлар ўзининг келиб чиқиши ва физик хусусиятлари бўйича жуда хам турличадир. Тарқалиш мухити чиқишида иккиламчи электр сигнал ва тўсқинлар мавжуд бўлади. Қабул қилгич (5) бу аралашмадан фақат иккиламчи электр сигнални ажратади ва уни бирламчи электр сигналига айлантиради. Шундан сўнг, ўзгартиргичда (6) бирламчи сигнал узатилаётган хабар нусхасига айлантирилади ва у хабар истемолчисига (7) етказилади. 2 ва 6 - ўзгартгичлар электр алоқа тизимининг охириги қурилмалари функцияларини бажаради ва улар одатда абонент охириги қурилмалари дейилади, кейинги пайтда охириги қурилмалар терминаллар деб аталмоқда. Юқоридагилар асосида куйидаги аниқланмаларни алоҳида таъкидлаш мумкин.

**Электр алоқа тизими** - хабарни манбадан истеъмолчига узатишни таъминловчи техник воситалар ва узатиш мухитининг жамланмасидир.

**Электр алоқа канали** – бирламчи сигнални узатиш имконини берадиган техник воситалар ва тарқатиш мухити тўпламидир. 3-расмда 3-5 блоклар электр алоқа каналини ташкил этади. Электр сигналини электр алоқа каналидан ўтиш шартларини баҳолаш учун сигналнинг энг мухим характеристикаси – частота спектри кенглигини билиш зарур. Спектр кенглиги қанча катта бўлса уларни электр алоқа тизими орқали узатиш шунчалик қийин бўлади. Электр алоқанинг реал сигналлари жуда кенг частота спектрига эга бўлади, лекин қайта тиклаш сифатига сезиларли таъсир этмасдан улар спектр кенглигини чеклаш мумкин. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижасида нутқ узатиш учун телефон сигнали спектри 300-3400 Гц, нутқ + музика узатиш учун овоз эшиттириш сигнали спектри 30-15000 Гц, нутқ + музика + ҳаракатдаги тасвир узатиш учун телевизион тасвир сигнали спектри 50 Гц – 6 МГц бўлиши аниқланган. Электр алоқа – бу, исталган турдаги хабарни электр сигналлари орқали узатишни амалга оширувчи алоқадир. Узатиладиган хабарларнинг бир жисмли эмаслиги бир неча турдаги электроалоқани яратиш заруратига олиб келади. Узатиладиган хабар характериға қараб улардан айримларини қисқача кўйидагича тавсифлаш мумкин.

**Телефон алоқаси**- нутқ хабарларини узатиш имконини беради.

**Телеграф алоқаси** - ҳарф-рақамли матнларни узатишни таъминлайди.

**Маълумотлар узатиш** – ЭҲМ ни одам билан, шунингдек ЭҲМ ни ЭҲМ билан алоқасини таъминлайди.

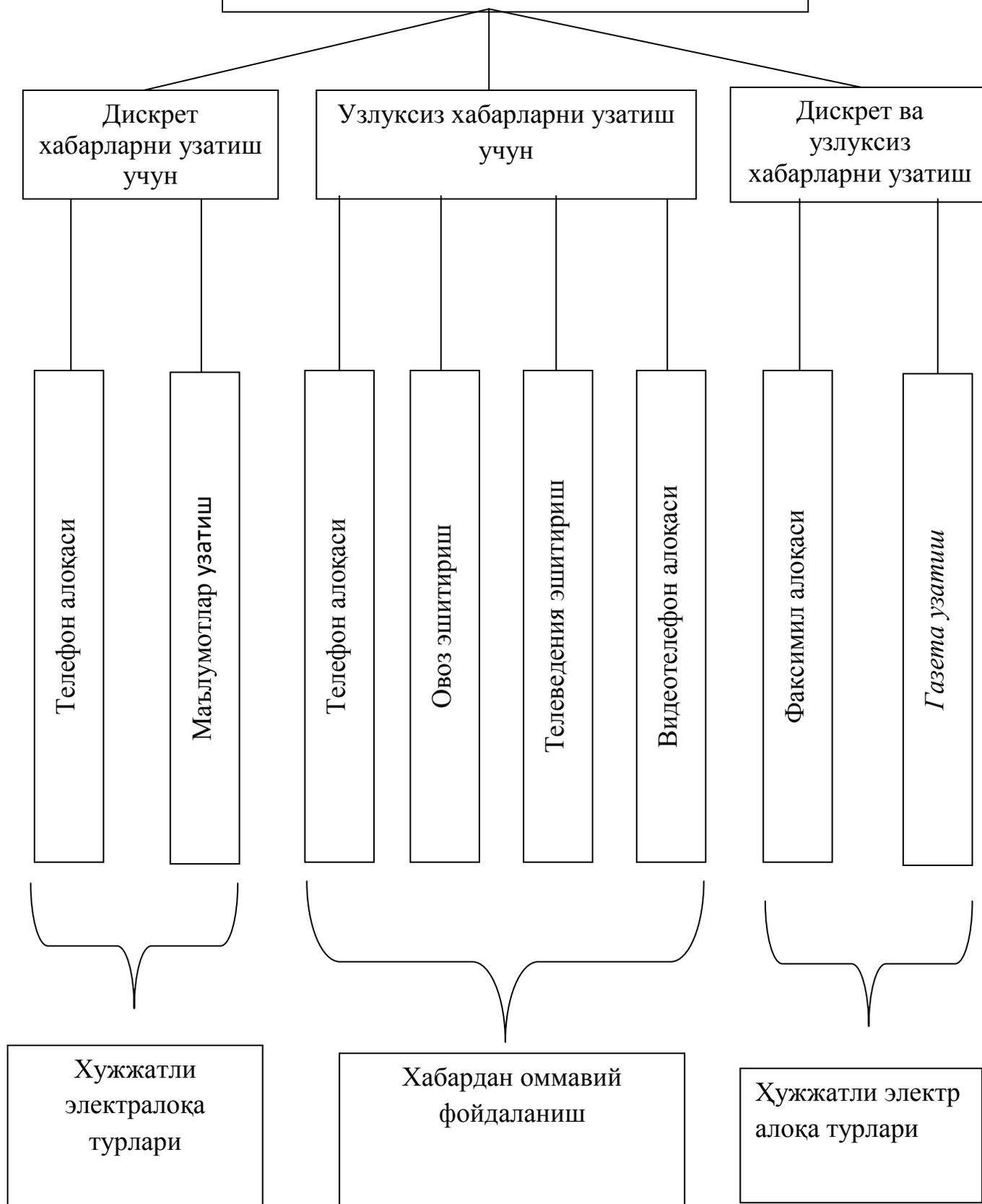
**Овоз эшиттириш** – аҳоли бевосита қабул қилишга мўлжалланган музикаий дастурларни узатишга мўлжалланган.

**Телевизион эшиттириш** – аҳоли бевосита қабул қилиш учун товуш кузатиши билан ҳаракатдаги ва ҳаракатсиз тасвирларни узатишга мўлжалланган.

**Факсимил алоқаси** – ўзгармас тасвирлар: матнлар, жадваллар, расмлар ва ҳоказоларни узатишни таъминлайди.

Электр алоқа турларини узатиладиган хабар турлари (аналог, дискрет), истеъмолчи тоифасига (индивидуал, оммавий), олинган хабар нусхасининг қайд этилишига (ҳужжатсиз, ҳужжатли) қараб классификациялаш мумкин.

# ЭЛЕКТР АЛОҚА ТУРЛАРИ



# 1. ТОАЛ РИВОЖЛАНИШИНИНГ ҚИСҚАЧА ТАРИХИ. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР ВА ТАЪРИФЛАР

## 1.1. Оптик алоқага оид асосий тушунчалар

Оптик алоқа (ОА) бу ахборот ёруғлик нури кўринишида оптик тола бўйлаб ёки очик фазо атмосферада узатиладиган алоқадир. Ахборот тола орқали узатилса, толали оптик алоқа (ТОА) тизими, очик атмосферада узатилса, очик оптик алоқа (ООА) тизими дейилади.

ООА тизимларида нурланиш манбалари электромагнит тўлқинларни очик фазога нурлантиради, бунда нурланишни тарқалиш билан аниқланади. ООА тизимларининг узатувчи муҳити ўз навбатида уч турга бўлинади: атмосфера, космик ва сув ости алоқа муҳитлари.

Атмосфера ООА тизимларида тўлқинларни тарқалиш характеристикаси етарли даражада об-ҳаво шароитларига боғлиқ. Атмосфера ва сув ости узатиш муҳитларининг физик бир турда эмаслиги ва уларнинг таркибидаги бегона заррачаларни узатилаётган нурланиш тўлқини билан ўзаро таъсирда бўлишидан электромагнит тўлқинлар бузилади. Заррача ўлчамларининг тўлқин узунлиги билан таққосланадиган даражада ёки катта бўлиши бузилишларни оширади. Шу сабабли атмосфера бузилишлари оптик диапазонда турли характерга эга. Шу тарзда узатиш муҳитларини таҳлил қилиш, алоқа тизимларини лойихалаштиришда юзага келадиган энг муҳим масала ҳисобланади. Тўлқинларни тарқалиш йўналишига тушиб қоладиган заррачалар асосан оптик нурланишни ютади ва сочади. Бу омилларни таъсир даражаси муҳит турига (сув ости, тоза ҳаво, турбулент атмосфера ва бошқалар) боғлиқ. Бу тизимларда бузилишларни камайтириш ва талаб этиладиган ишончилиكنи таъминлаш учун ретрансляция участкаси узунлигини камайтириш керак бўлади.

Космик ООА тизимларида узатиш муҳити бу атмосферадан холи бўлган очик фазодир. Космик муҳитда атмосфера муҳитларига хос бўлган бузилишлар ҳосил бўлмайди, улар барқарор бўлиб, алоқанинг юқори ишончилигини таъминлайди. Космик муҳитларда асосий йўқотишлар бу тарқалишда ҳосил бўладиган йўқотишлар ҳисобланади. Бу йўқотишлар сигнал  $L$  масофага тарқалганда нурланиш майдони кувватининг йўқотиш коэффициентини билан баҳоланади ва қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$Z_p = \frac{1}{4\pi L^2} \quad (1.1)$$

Космик алоқа тизимларини лойихалаштиришда асосий масала бу узатиш ва қабул қилиш антенналарининг ўлчамларини мос равишда тўғри танлаш орқали йўқотишларни бартараф этиш ҳисобланади.

ОА тизимининг асосий йўналиши ТОА тизими ҳисобланади. Чунки ҳозирги вақтда юқори даражадаги узатиш характеристикаларига эга бўлган ёруғлик узатгичлар ишлаб чиқилган. Аммо ахборотларни очик фазода, атмосферада узатишга асосланган ООА тизимлари ҳам, радиоалоқа учун

ажратилган частоталарни тўлдирувчи восита сифатида қизиқишларни намоён этади.

ТОА тизимларида электромагнит нурланишларни тарқалиш йўлини ташкил этиш учун махсус оптик ёруғлик узатгичлар-оптик толалар қўлланилади. ТОА тармоғи бу тугунлар орасида оптик алоқа линиялари орқали боғланган алоқа тармоғидир.

## **1.2. ТОАнинг афзалликлари, камчиликлари ва қўлланиш соҳалари**

Ахборотни ТОА линиялари орқали узатиш мис кабеллар ва бошқа узатиш муҳитларига қараганда бир қанча афзалликларга эга. Шу афзалликлари туфайли ТОА тизимидан нафақат телефон алоқасини ташкил этишда, балки телевиденида, овоз эшиттиришларини узатишда, ҳисоблаш техникасида, транспорт воситаларида ва бошқа соҳаларда кенг фойдаланилмоқда. ТОА тизимларида узатиш муҳити сифатида қўлланиладиган оптик толаларнинг афзалликлари қуйида келтирилган.

**Ўтказиш оралиғининг кенглиги.** Бу ташувчи частотасининг жуда юқорилиги  $10^{14} - 10^{15}$  Гц билан тушунтирилади. Битта оптик тола бўйлаб секундига бир неча терабит ахборотлар оқимини узатиш имконияти мавжуд. Ўтказиш оралиғининг кенглиги толали оптик алоқанинг мис ва бошқа ахборот узатиш муҳитларидан устун турувчи энг муҳим афзаллигидир.

### **Оптик толада ёруғлик сигналларининг кам сўниши.**

Хозирги кунда кўплаб компаниялар томонидан ишлаб чиқарилаётган оптик толалар 1 канал километр ҳисобида 1,55 мкм тўлқин узунлигида 0,2-0,3 дБ/км сўнишга эга. Сўниш ва дисперсия қийматларининг кичиклиги оптик сигналларни ТОА линиялари бўйлаб ретрансляциясиз 100 км ва ундан узоқ масофаларга узатиш имконини беради. Шовқин сатҳини кичиклиги оптик толанинг ўтказиш қобилиятини оширади.

**Шовқиндан юқори даражада ҳимояланганлиги.** Оптик тола диэлектрик материаллар – кварц, кўп таркибли шиша, полимерлардан тайёрланганлиги учун у электромагнит нурланишни индукциялаш хусусиятига эга атрофидаги мис кабелли тизим ва электр қурилмаларнинг (электр узатиш линиялари, электродвигателли ускуна ва бошқалар) ташки электромагнит шовқинларига таъсирчан эмас. Шунингдек кўп толали оптик кабелларда кўп жуфтли мис кабелларга хос электромагнит нурланишларнинг ўзаро таъсири каби муаммолар юзага келмайди. Бу афзаллиги туфайли оптик кабеллардан ишлаб чиқариш корхоналарида, бошқарув марказларида, самолёт ва кема каби транспорт воситаларида фойдаланган мақулдир. Чунки шу каби кичик жойларда ҳам энергетик қурилмалар, ҳам автоматика ва телебошқарув тизимлари, ҳам кўп сонли абонент қурилмаларидан иборат тармоқланган алоқа тармоқлари жойлашган бўлади. Бундай ҳолатда электромагнит ва ўзаро шовқинлар юзага келади. Оптик кабелларнинг эса бундай шовқинларга таъсирчан эмаслигини айтиб ўтдик.

**Енгиллиги, хажми ва ўлчамларининг кичиклиги.** Оптик кабеллар мис кабеллар билан солиштирилганда анча енгил ва хажми кичик. Масалан,

900 жуфтли 7,5 см диаметрли мис телефон кабелли 0,1 см диаметрли битта оптик тола билан алмаштирилиши мумкин. Агар оптик тола бир неча ҳимоя қобикларидан иборат ва брон пўлат лента билан қопланган бўлса, бундай тола диаметри 1,5 см га тенг бўлади, бу эса кўрилатган мис кабел диаметридан бир неча марта кичик. Оптик толанинг бу афзаллиги оптик кабелли линия трактларини қуришда анча енгилликлар яратади. Енгиллиги ва ўлчамининг кичиклиги туфайли оптик толанинг самолёт, вертолёт ва бошқа транспорт воситаларида ишлатилиши толали оптик алоқанинг жуда муҳим ютуғидир. Масалан, ахборотларни йиғиш ва бошқариш вазифаларини бажариш учун махсус жиҳозланган самолётларда боғловчи кабеллар оғирлигини 1 тоннадан ошиққа камайтиради.

**Алоқанинг махфийлиги.** Толали оптик кабеллар радио тўлқин диапазонида умуман нур узатмаслиги сабабли, ундан узатилаётган ахборотни узатиб-қабул қилишни бузмасдан рухсатсиз ташқи уланишларда эшитиш жуда қийин. Оптик алоқа линиясининг мониторинг тизими (узлуксиз назорат) толанинг юқори сезгирлик хусусиятини қўллаб, дархол рухсатсиз ташқаридан эшитилаётган алоқа каналини ўчириши ва хавф (тревога) сигналининг узатиши мумкин. Тарқалувчи оптик сигналларнинг интерференция эффектини қўлловчи тизимлар тебранишларга, босимни озгина оғишларига сезувчанлиги жуда юқори. Ҳукумат, банк ва маълумотлар ҳимоясига юқори талаблар қўйиладиган бошқа махсус хизматларнинг алоқа линияларини ташкил этишда бундай тизимлар айниқса зарурдир.

**Ёнғиндан ҳимояланганлиги.** Оптик толада учқун ҳосил бўлмаслиги кимёвий, нефтни қайта ишловчи корхоналарда, портлаш ва ёнғин хавфи мавжуд бўлган биноларда хавфсизликни оширади.

**Иқтисодий жиҳатдан самарадорлиги.** Оптик тола кварцдан ишлаб чиқарилади. Унинг асосини табиатда кенг тарқалган кремний икки оксиди  $\text{SiO}_2$  ташкил этади. Демак толали оптик кабелларни ишлаб чиқариш учун ноёб рангли метал сарфланмайди. Мис ва қўрғошиннинг дунёвий захиралари чегараланган ҳозирги вақтда ноёб бўлмаган маҳсулотга ўтиш кабелли алоқа техникасининг келгуси ривожланиши учун муҳим омил ҳисобланади. Натижада оптик кабелларнинг нархи мис кабелларга нисбатан арзонлашади.

Толали оптик кабеллар сигналларни узоқ масофаларга ретрансляциясиз узатиш имконини беради. Узоқ масофали ТОО линияларида оптик кабелларнинг қўлланилиши ретрансляторлар сонини қисқаришига олиб келади. Бунинг натижасида ҳам сарф харажатлар камаёди.

**Фойдаланиш муддатининг давомийлиги.** Тола вақт ўтган сари эскиради, яъни ётқизилган кабелларда сўниш аста секин ошиб боради. Бироқ, оптик тола ишлаб чиқаришнинг замонавий технологияларининг мукамаллашуви бу жараёни секинлаштиради ва фойдаланиш муддатини узайтиради. Толали оптик кабеллардан фойдаланиш муддати тахминан 25 йилни ташкил этади.

**Масофавий электр таъминотнинг мавжудлиги.** Баъзи ҳолларда тармоқ тугунларига масофавий электр таъминот талаб этилади. Буни оптик тола орқали амалга ошириб бўлмайди. Бу ҳолда оптик тола билан биргаликда

мис ўтказиш элементи билан жиҳозланган аралаш кабеллардан фойдаланиш мумкин. Бундай кабеллар кўпгина мамлакатларда кенг қўлланилади. Ҳозирги кунда турли вазифали ва тузилишли оптик тола ва кабеллар ишлаб чиқарилмоқда. Кенг полосали узоқ алоқа тизимлари, жумладан магистрал алоқа учун толадан фақатгина асосий тўлқин тарқаладиган бир модали кабелларнинг янги турлари ишлаб чиқарилмоқда. Магистрал алоқа линияларида сигнал узатишда толанинг сўниш ва дисперсия параметрларига ҳам юқори талаблар қўйилади. Бундан ташқари оптик нурланиш кутбланишини сақланишини таъминловчи толалар ҳам ишлаб чиқарилмоқда.

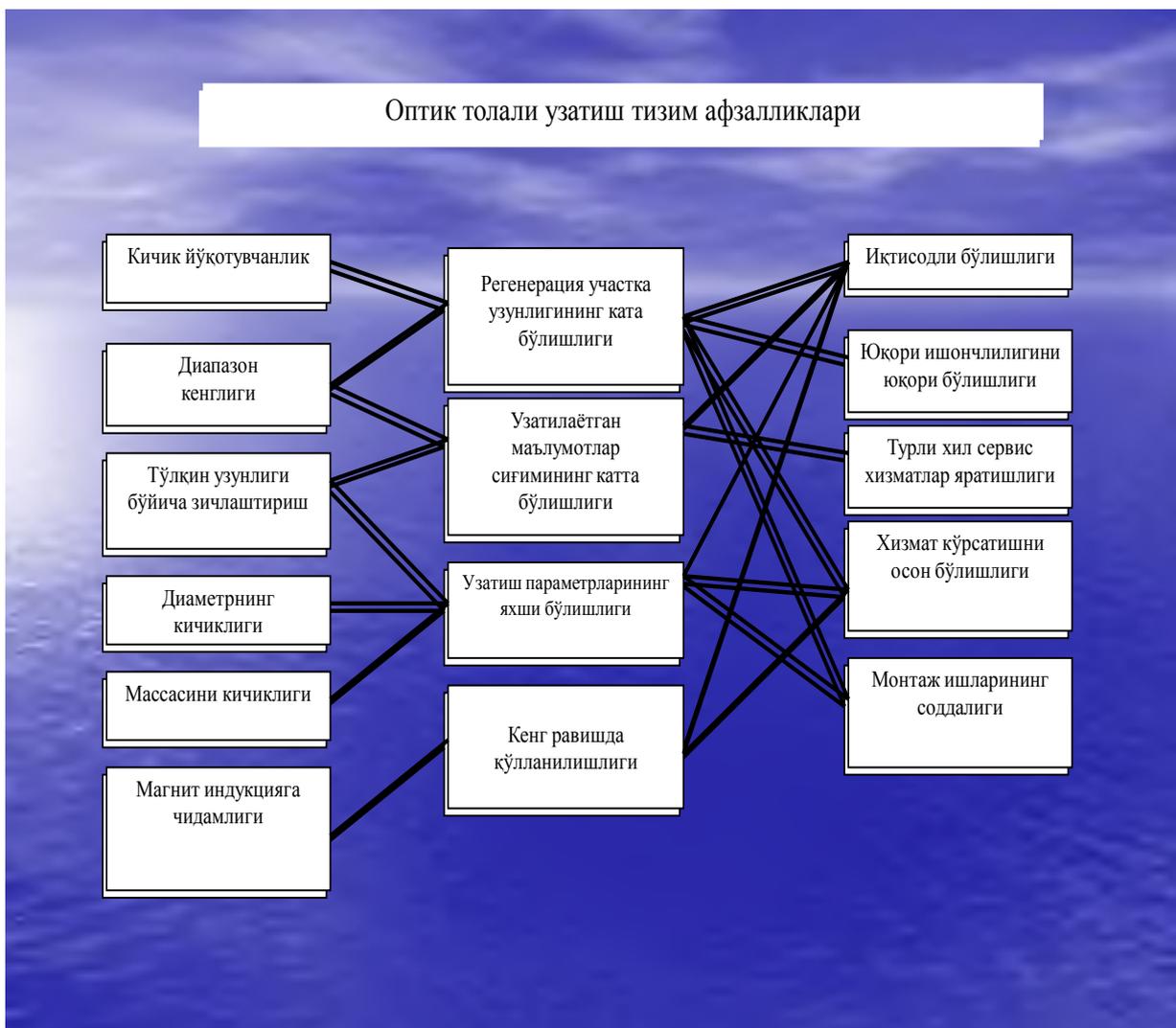
Магистрал алоқада қўлланиладиган бундай кабелларни ишлаб чиқиш мураккаб ва қиммат. Бундай кабеллар қўлланилганда лазер нурланиш манбаларидан фойдаланилади. Лазер манбаларига ҳам нурланиш спектрининг тозалигига, нурланиш характеристикаларининг барқарорлигига юқори талаблар қўйилади. Тезлиги 100 Мбит/с гача бўлган ва алоқа масофаси чегараланган (тахминан 10 км гача) тизимларда нисбатан арзон ва охириги курилмалар билан осон мослашадиган кўп модали кабеллардан фойдаланган маққул. Бунда нурланиш манбаи сифатида кўп модаларни нурлантирувчи оддий турдаги ярим ўтказгич ёруғлик диодларини ишлатиш мумкин. Янги турдаги оптик толаларнинг (силжиган дисперсияси нолга тенг бўлмаган), кенг полосали квант оптик кучайтиргичларнинг яратилиши тўлиқ оптик тизим ва оптик трактларни қуриш имкониятини яратмоқда. Бундай технологиялардан 100 ва 1000 Гбит/с ўтказиш оралиқли тизимларни яратишда фойдаланилади. ТОА кўплаб бир қанча афзалликларга эга бўлишига қарамай камчиликларга ҳам эга. Бу ТОА курилмаларининг қимматлиги ва баъзи оптик технологияларнинг мукамал даражага етмаганлиги билан тушунтирилади. Бунга боғлиқ ҳолда қуйидаги камчиликларни айтиш мумкин:

**Элемент базасининг қимматлиги.** Оптик узатгич ва қабул қилгичларнинг нархи қиммат. Айниқса лазер нурланиш манбаларининг нархи қиммат ва хизмат қилиш муддати чегараланган. Шунингдек пассив оптик курилмаларни (мультиплексор, коммутатор, аттенюатор ва бошқалар) ишлаб чиқариш ҳам катта сарф-ҳаражатларга олиб келади;

**Толали оптик алоқа линияларини монтаж қилиш ва хизмат кўрсатишининг мураккаблиги.** Электрик кабелли тизимларга нисбатан оптик кабелли тизимларни қуриш, ундан техник фойдаланиш, ўлчов ва монтаж ишлари мураккаб бўлиб, жуда юқори малакани талаб этади;

**Толани махсус ҳимоялаш зарурияти.** Микроёриқларда сигналларни йўқолмаслиги учун толани ортиқча юклаш ва букилишлардан ҳимоялаш керак. Махсус ҳимоялашни ташкил этиш, ишончликни ошириш мақсадида оптик толани ишлаб чиқариш жараёнида тола эпоксиакрилад асосидаги махсус лак билан копланеди. Бундан ташқари кабел махсус пўлат тросс ва шиша пластик стерженлар ҳисобига янада мустаҳкамланиши мумкин.

Буларнинг барчаси толали оптик кабел нархини оширади. Бу камчиликлар ТОА технологиясининг келгуси ривожланишида қисман ёки тўлиқ бартараф этилади.



Оптик толали узатиш тизимларининг афзалликлари

### 1.3. Оптик алоқа тизимларининг тузилиш тамойиллари.

Оптик алоқада(ОА) ахборотларни ёруғлик ёки оптик сигналлар кўринишида узатиш ва қайта ишлаш амалга оширилади. ОА учун ёруғлик нурланиши ва тўлқин узунлиги турини танлаш узатилаётган ахборот характерига, шунингдек нурланиш ҳосил қилиш имконияларига, ундан сигнал шаклланишига, ёруғлик тўлқинини узатиш ва қайта ишлашга ва нихоят, ахборотга эга сигнални қабул қилишга боғлиқ.

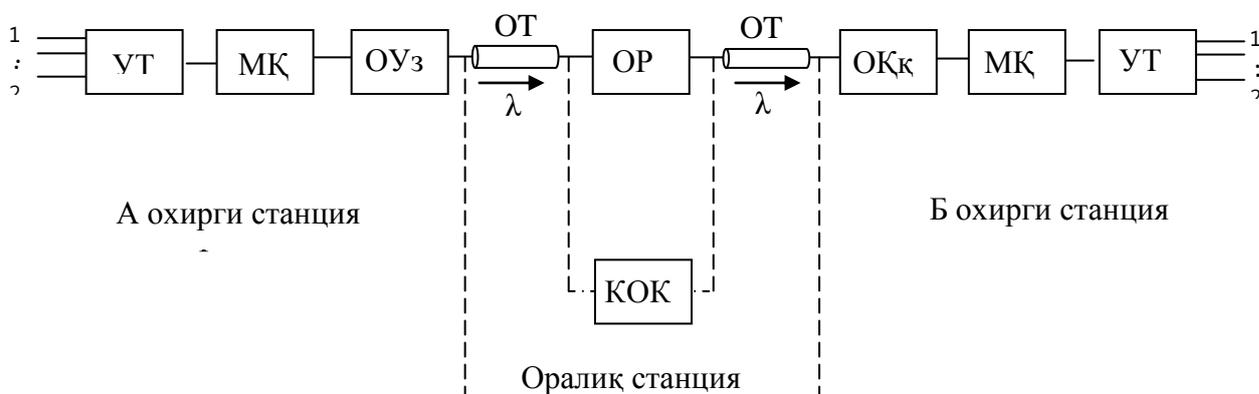
ОА тизимининг умумлашган тузилиш схемаси 1.1 – расмда келтирилган. Схема ОА нинг турлари ТОА ва ООА га хос стандарт блоклардан (элементлардан) ташкил топган.



1.1 – расм. Оптик алоқа тизимининг умумлашган тузилиш схемаси:  
 1 – ахборотлар манбаи; 2 – оптик узатгич ва модулятор; 3 – оптик канал;  
 4 – оптик қабул қилгич

Ахборотлар манбаидан узлуксиз ёки рақамли сигналлар бериледи. Сўнг сигналлар ёруғлик оқими-ташувчи частотанинг электромагнит тебранишларини модуляциялайди. Сўнг ёруғлик нури кўринишидаги оптик сигналлар узатувчи муҳит - оптик канал орқали тарқалади. Узатувчи муҳит юқорида айтиб ўтилгандек очиқ фазо, атмосфера, яъни ООА линияси ёки ТОА линияси бўлиши мумкин. Узатилган ахборотлар оптик қабул қилгич демодуляторида демодуляцияланади. Демодуляторнинг асосий элементи оптик фотодетектор ҳисобланади. Сигналларни узок масофаларга узатишда, қачонки қабул қилгич киришида сигнал/шовкин нисбати талаб даражасидан паст бўлганда линияда ретрансляторлар ўрнатилади.

ТОА тизимининг тузилиш схемасини (1.2 – расм) тўлиқ кўриб чиқамиз.



1.2 – расм. Тола оптик алоқа тизимининг тузилиш схемаси

ТОА тизимининг тузилиш схемаси таркибига қуйидагилар киради:

УТ – узатиш тизими; МҚ – мослаштирувчи қурилма; ОУз – оптик узатгич; ОТ – оптик тола; ОР – оптик регенератор; КОК – квант оптик кучайтиргичи; ОҚқ – оптик қабул қилгич.

УТ, МҚ, ОУз ва УТ, МҚ, ОҚқ мос равишда А ва Б охириги станцияларининг узатиш ва қабул қилиш трактларини ташкил этади. Оралиқ станцияларда ОР, КОК ўрнатилади. Толали оптик линия трактига ОУз, ОТ, ОР, КОК, ОҚқ киради.

1.2 – расмда кўрсатилганидек, узатувчи станциядан N бирламчи электр сигналлар узатиш тизимига тушади. УТ чиқишидан кўп каналли электр сигнали мослаштирувчи қурилмага бериледи. МҚ да бу сигнал толали оптик линия тракти бўйлаб узатиладиган кўринишга ўзгартирилади. Оптик узатгичда электр сигнали оптик ташувчини модуляциялаш йўли билан оптик сигналга айланади. Сўнг бу оптик сигнал оптик тола бўйлаб узатилади. Оптик сигнал тола бўйлаб тарқалганда сўнади ва шакли ўзгаради. Оптиксигналларнузоқ масофаларга узатиш мақсадида маълум оралиқларда сигналларни бузилиш даражасига қараб регенераторлар ёки квант оптик кучайтиргичлар ўрнатилади. Регенераторкиришида оптик сигналлар электр сигналига, чиқишида эса электрсигналдан оптик сигналга айлантирилади, яъни регенераторларда электр сигналлар кучайтирилади, соزلанади ва

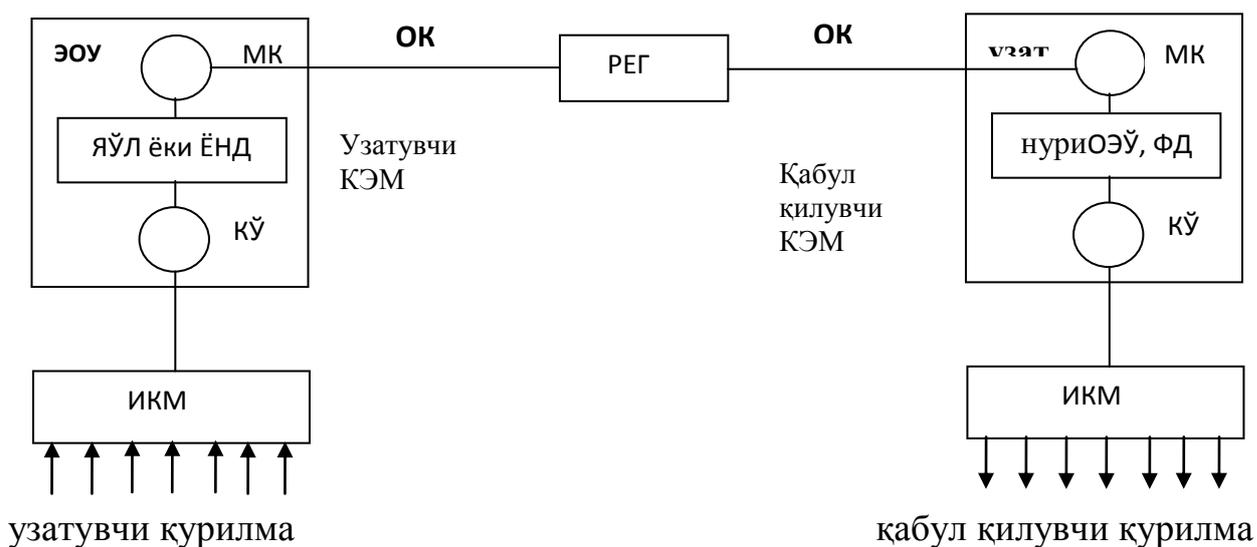
бошланғич формаси тикланади. Квант оптик кучайтиргичлари қўлланилганда эсасўнганоптиксигналлар электр сигналига айлантириб ўтилмасдан кучайтирилади. Қабул қилувчи Б охирги станцияда тескари жараён амалга оширилади. ОА да оптик ташувчини информатсион сигнал билан модуляциялаш учун частота модуляцияси (ЧМ), фаза модуляцияси (ФМ), амплитуда модуляцияси (АМ), кутбланган модуляция (КМ), интенсивлик бўйича модуляциялаш ва модуляциянинг бошқа турларини қўллаш мумкин. Оптик нурланишнинг интенсивлик бўйича модуляциялаш тури кўпроқ қўлланилади. Бунга сабаб, бу модуляция тури кенг частота диапазолида оптик ўтказгичларда қўлланиладиган оддий техник қурилмалар ярим ўтказгич нурланиш манбалари (ёруғлик диоди, лазер диодлар) учун бажарилади. Ярим ўтказгич манбанинг нурланиш жадаллигини бошқариш учун модуляциялайдиган сигнал билан мос холда инъекция токини ўзгартириш етарлидир. Бу ток кучайтиргич кўринишидаги электрон схема ёрдамида осон амалга оширилади. Оптик нурланишнинг интенсивлик бўйича модуляциялаш, тескари жараён, оптик сигнални электр сигналига айланиш масаласини енгиллаштиради. Дархақиқат, фотоқабул қилгич таркибига кирувчи фотодетектор квадратик асбоб хисобланиб, унинг чиқишидаги ток оптик майдон амплитудасининг квадратига пропорционалдир.

Жадаллик бўйича модуляцияланган оптик сигнални бевосита фотодетекторга бериб, осонгина уни бошланғич сигнал кўринишини сақлаган электр сигналига айлантириш мумкин. Оптик сигналларни қабул қилишнинг бу усули тўғридан-тўғри фотодетекторлаш усули дейилади.

Ҳозирги кунда ОА нинг охирги қурилмалари сифатида рақамли узатиш тизимлари (РУТ)дан фойдаланилмоқда. Чунки РУТ аналог узатиш тизимларига қараганда қуйидаги афзалликларга эга: шовқин бардошлилиги юқори, сигнални узатиш сифати линия тракти узунлигига кам боғлиқ, техник иқтисодий кўрсаткичлари юқори ва бошқалар. Каналлари частота бўйича ажратилган аналог узатиш тизимларининг бир қанча камчиликлари туфайли, уларнинг ОА да қўлланилиши чегараланган. Оптик узатиш тизимларида асосан рақамли (импульсли) узатиш усуллари қўлланади, чунки аналогли узатиш чоғида оралиқ кучайтиргичлар юқори даражали чизиқликга эга бўлиши лозим, оптик узатиш тизимларида эса бунга эришиш жуда ҳам қийин. Шундай қилиб оптик—толали алоқа тизимларида каналларни вақт бўйича бўлишга эга бўлган рақамли тизим ва импульс - кодли модуляцияга эга бўлган тарқалувчи сигнал манбаи интенсив равишда модуляцияланган усуллар қўлланади. Дуплекс алоқа иккита нур ўтказувчи тола бўйлаб ташкил қилиниб, ҳар бир нур ўтказгич тола ўзининг йўналиши бўйича маълумотларни узатиш хусусиятига эга, яъни битта нур ўтказгич толадан маълумотлар узатилса иккинчи нур узатгич тола бўйлаб маълумотлар қабул қилинади. Ҳозирги пайтда оптик толали алоқа линияларида плезиохрон ва синхрон рақамли иерархия асосида ишлайдиган (PDH ва SDH) рақамли алоқа узатиш тизимлари қўлланилмоқда. Плезиохрон рақамли иерархия асосида ИКМ—30, ИКМ—120, ИКМ—480, ИКМ—1920 каби алоқа узатиш тизимлари

қўлланса, синхрон рақамли иерархия (SDH) асосида асосан STM-1, STM-4, STM-16, STM-64 ва STM-256 каби транспорт модуллари қўлланилмоқда.

Импульс кодли модуляция оптик - толали алоқа узатиш тизимининг принципиал структуравий схемаси 1.3 —расмда келтирилган. Бу схеманинг асосини оптик толали алоқа кабелли — ОК ва тизимнинг бошида оптик узатгич (ОУ) ҳамда тизим охирида оптик қабул қилгич (ОКК) эгаллайди. Тизим схемасидаги оптик узатгич электр сигнални оптик сигналга ўзгартириб берувчи узгартиргичдан иборатдир.



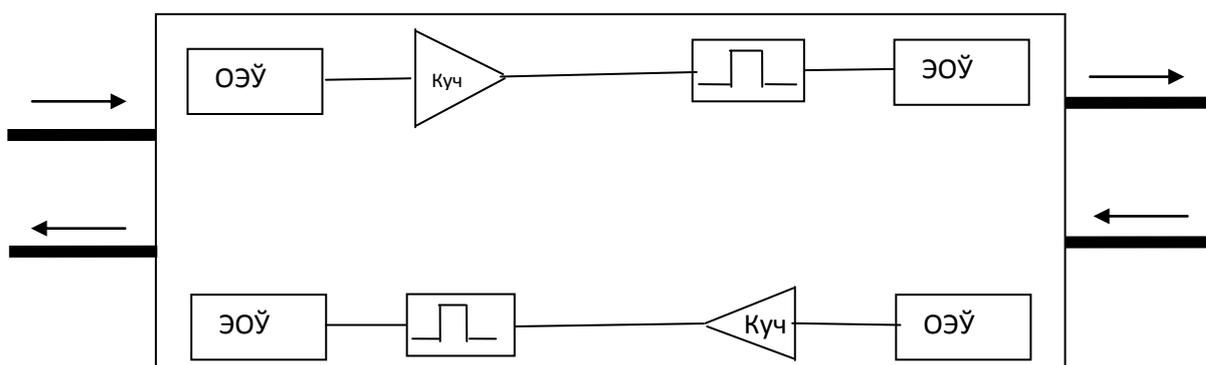
1.3—расм. Оптик толали алоқа тизимининг структуравий схемаси.

Электрон—оптик ўзгартиргич (ЭОЎ) вазифасини одатда ярим ўтказгичли лазер (ЯЎЛ) ва ёруғлик нурлантирувчи диод (ЁНД) каби электрон қурилма бажаради. Қабул қилувчи томондаги кодли электрон —модулятор (КЭМ) вазифасини бажаришда опто—электрон узгартиргич (ОЭЎ) қурилмасида одатда ярим ўтказгичли фотодиод (ФД) бажаради. Бундан ташқари узатгич ва қабул қилгич томонларда код ўзгартиргичлар (КЎ) қўлланиб, улар уч кутбли импульсларнинг икки кодли импульсларга ўзгартириб беради. Бу схемада линия трактидаги алоқа узатиш воситасининг кириш қисмидаги қаршилиги билан тўлқин қаршилиги бўйича мослаштириш учун мослаштирув қурилмаси (МК) қўлланади. Схемдаги код ўзгартиргич қурилмаси талаб этиладиган импульслар кетма—кетлигини ва электр (ИКМ) ҳамда оптик (ЯЎЛ, ЁНД ва ФД) қувват сатхини мослаштиради, чунки ИКМнинг чиқиш қисмида юқори сатхли сигнал ҳосил бўлади, ЁНД учун эса жуда ҳам кичик сатхли сигнал зарурдир. Узатувчи ҳамда қабул қилувчи томонлардаги мослаштирув қурилмалари эса кабел ва узатувчи—қабул қилувчи ускуналар оралиғида апертурани ҳамда йуналтирилган диаграммаларни мослаштириш учун қўлланади. Бу схема куйидагича ишлайди. Узатув томонидаги ИКМ қурилмасининг қабул қилувчи томонига аналог (узлуксиз) сигналлар қабул қилиниб, у ерда рақамли сигналлар оқими код ўзгартиргичга келиб тушиб ва ундан сўнг эса электро-оптик

ўзгартиргичга (ЭОЎ) келиб тушади. Бу қурилмада қабул қилинган сигнал ИКМ ёрдамида оптик ташувчини модуляциялайди ҳамда ЯЎЛ ёки ЁНД ёрдамида мослаштирув ускунаси орқали оптик ёруғлик сигнали оптик кабелга келиб тушади.

Қабул қилиш томонида оптик сигнал нур ўтказгичдан иборат бўлган кабелдан мослаштирув қурилмаси орқали фотодиодга келиб тушади. Бу ерда оптик сигнал электр сигналга ўзгартирилиб код ўзгартиргич қурилмаси орқали қабул қилувчи ИКМга келиб, уларда яна аналог (узлуксиз) сигнал кўринишида қабул қилувчига етиб боради ва у ерда рақамли сигналларга ўзгартирилади, етиб боради. Шундай қилиб линия трактининг узатув томонидаги ИКМдан ЭОЎга қадар, ҳамда қабул қилувчи томондаги ОЭЎ дан ИКМга қадар электр сигнал ҳаракатланадиган бўлса ЭОЎдан то ОЭЎ га қадар оптик кабел бўйлаб оптик сигнал ҳаракатланади.

Оптик толали алоқа линиясидаги тракт бўйлаб ҳаракатланувчи сигнал маълум масофада кабелнинг сўниши ҳисобига (5÷10 дан то 50 километрга қадар) оптик линияда линия регенераторлари (Рег) жойлаштирилади. Бу регенераторларда сигнал ўз холига келтирилиб кейин эса кучайтиргич ёрдамида талаб этиладиган қийматга қадар кучайтирилиб линияга узатилади. Регенераторларнинг структуравий схемаси 1.4—расмда кўрсатилган.



1.4 - расм. ОТАЛ регенераторининг структуравий схемаси.

Линия трактида қўлланувчи линия регенераторлари иккита ярим комплектдан иборат бўлиб, улар тўғри ва қарама—қарши йўналишлар учун оптик сигналларни узатиб қабул қилиш учун қўлланади. Бу ерда оптик сигнал электрик сигналларга ўзгартирилади, ундан сунг эса сигнал кучайтирилиб, сигнал ўз холига келтирилгач яна ўзгартирилиб оптик сигнал кўринишида линияга узатилади. Регенераторлардаги нурлантиргич манбаи вазифасини яъни электр сигналдан оптик сигналга ўзгартирувчи вазифасини лазерлар ва ёруғлик нурлантирувчи диодлари бажаради. Бугунги кунда турли хил лазерлар мавжуд, булар: қаттиқ турдаги, ярим ўтказгичли, газли ва ҳакозо. Булар ичида энг кўп тарқалгани ярим ўтказгичли лазерлар ҳисобланади, чунки улар жуда ҳам содда бўлиб, лозим бўладиган қувватга апертура тафсилотларига эга. Қабул қилувчи томонидаги нурлантирувчи

вазифасини, яъни оптик сигнални электр сигналга ўзгартирувчи вазифасини фотодиод бажаради.

Узатиш тармоқларининг hozirgi замон ҳолати информацион хизмат кўрсатишнинг қўшимча турларини кенг равишда қўлланилиши интернет тармоғининг кенг равишда ривожланишини, юқори тезликдаги паст коммутацияси каби илғор технологияларни кенг равишда қўлланиши билан характерланади.

Лозим бўлган техник массаларни ечиш учун кескин равишда янги курилаётган ва бугунги кунда ишлаб турган транспорт тармоқларини магистрал оптик толали узатиш тизимлари асосида тармоқларнинг ўтказиш қобилиятини кескин равишда ошириш керак. экстенсив усул ёрдамида тармоқни ривожлантиришда кабел ичидаги оптик толалар сонини ошириб бориш йўли ёрдамида эришиб бўлмайди, бунинг учун янги ахборот-коммуникация технологияларни қўллаш лозим бўлади.

Бугунги кунда ўтказиш қобилиятини оширишнинг асосий усулларида бири бир модалли оптик толаларни вақт бўйича ва тўлқинли (спектрал) мультиплексорлаштириш усулидан фойдаланишдир.

Вақт бўйича мультиплексорлаштиришда мультиплексорнинг кириш қисмига  $n$ -иккилик кетма-кетлигидаги киритилувчи сигналлар келиб тушади. мультиплексорнинг коммутаторига кетма-кет равишда коммутация интервали деб аталувчи маълум оралиқ вақтида ҳар бир кирувчи сигнал ёки уни логик ташкил этувчилари бит, байт ёки блоklar уланади. Шундай ҳолатда ташкил этилган танлов оқими мультиплексордан чиқувчи кетма-кетлигидан ташкил топган гуруҳ сигнали ҳосил бўлади, қабул қилгич томондаги демультимплексор ёрдамида худди узатувчи томондан ҳар бир ташкил этувчиларни ажратиб беради. Иложи бориша узатувчи ва қабул қилувчи томондаги коммутаторлар синхрон бир хил равишда ишлаши лозим.

Тўлқинли мультиплексорлаштириш – узатувчи томондаги бир нечта монохроматик ёруғлик оқимлари (тўлқинли каналлар) турли хил элтувчилар билан оптик тола ичида характерланувчи гуруҳ оқимларини узатиш учун ҳосил қилади. Қабул қилувчи томонда эса монохроматик ёруғлик оқимларини қайта бўлиш (демультимплексорлаштириш) ҳолати бўлиб ўтади. Бунда шуни таъкидлаш керакки, ҳар бир гуруҳ ташкил этувчиси (элтувчи) оқими сифатида турли hozirgi замон технологияси қонуни (мисол учун PDH, SDH ва х.к.) асосида шакллантирилган рақамли оқимларни узатиш мумкин.

WDM (Wavelength Division Multiplexing) – тўлқинларни мультиплексорлаштириш асосида ишлайдиган биринчи тизимлар ўтган асрнинг 90-йилларида пайдо бўлиб, биринчи навбатда иккита 1,31 ва 1,55 мкм тўлқин узунликларидаги оптик толаларда бирлаштирган. Бу билан тизимнинг ўтказиш қобилиятини икки баробар ошириш имконини берган. Кўпгина магистрал оптик-толали узатиш тизимларида бугунги кунда ҳам SDH технологияси билан биргаликда бундай мультиплексорлаштиришни қўлламоқдалар.

Бугунги кунда тўлқинли мультиплексорлаштириш тизими ҳам тез равишда ривожланиб бормоқда, унинг асосини EDFA оптик кучайтиргичларни ишчи тўлқин узунликлар диапозонида ишлатишдан иборат. Тўлқинли каналлар сонини ошириш учун элтувчи частоталарни (тўлқин узунликларни) каналларини текис ҳолатда ва минимал равишда қадамларни ажратиб жойлаштириш ҳисобига эришилади. Бу ишларни бажаришда битта асосий шартни яъни қўшни каналлар орасида бир-бири устига каналларни тушиб кетмаслик ҳолатига эришишдир. Бунинг учун тўлқин узунликларни турли томонга жойлаштирилганда тўлқин каналининг нурланиш манбаининг спектр кенглиги катта бўлиши керак. Ҳозирги замон бир модални ярим ўтказгичли лазерларнинг нурланиш спектри 0,1 нм қийматидан ҳам кам, шунинг учун масалан стандарт 1530...1565 нм ишчи тўлқин узунлик областидаги EDFA оптик кучайтиргич ҳар 0,8 нм қадамда 40 га яқин тўлқинли каналларни жойлаштириш мумкин. Бундай тўлқинли мультиплексорлаштириш DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – зич равишда тўлқинларни мультиплексорлаш деб юритилади. Бу тезлиги WDM ни 1,6 нм ва ундан кичик каналларни жойлаштириш тизимларига нисбатан қўлланади.

Ҳозирги замон магистрал оптик толани узатиш тизимларида асосан бир модални оптик толалар қўлланади, булар ичидан энг кўп равишда SF туридаги стандарт поғонасимон тола бўлиб, у 1,33мкм тўлқин узунлик учун оптимизациялаштирилган. Бундай тола бўйлаб 10Тбит/с узатиш тезлигига яқин бўлган маълумотларни узатиш мумкин. Аммо магистрал оптик толани узатиш тизимларида бундай турдаги оптик толаларни қўллаш ҳисобига ўтказиш полосасини ошириб бўлмайди.

Бундан ташқари ишчи диапозонида сўниш коэффиценти қийматини бир мунча юқорилиги ҳисобига регенерация ва кучайтиргич участка узунлигини бир мунча чегаралайди ёки Ҳозирги замон ўлчовлари бўйлаб оптик толаларни узатиш тизимларининг техник-иқтисод эффективлигини бир мунча камайтиради.

Иккинчи шаффофлик дарчасида  $\lambda = 1,55$  мкм тўлқин узунлигида қўлланувчи оптик толаларни ахборот коммуникация технологиясида қўлланилиши бир мунча миқдорда сўниш коэффицентини камайтиради, аммо бундай ҳолатда маълумотларни узатиш ҳисобига тезликларни бир мунча камайтиради. Шунинг учун, бундай усул ёрдамида ўтказиш қобилятини ва лойиҳалаштирилувчи оптик толани ошириш мақсадида дисперсия компенсаторлари, оптик кучайтиргичлар ва 1530...1560 нм тўлқин узунликлари диапозонида тўлқинли мультиплексорлаштиришни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

DSF туридаги толаларни юқори тезликлардаги оптик толаларни узатиш тизимларида битта оптик элтувчи ёрдамида қўллаш мақсадга мувофиқдир, чунки бу тизимларда SDH-синхрон рақамли иерархиясининг узатиш тизимлари қўлланади. Оптик кучайтиргичлар ва линия регенераторларини биргаликда қўлланилиши ҳисобига бундай оптик толаларни узатиш тизимларининг техник-иқтисодий эффективлигини юқори бўлишини

таъминлаб беради. Аммо келажакда тўлқинли DWDM мультиплексорлаштиришга ўтишда DSF туридаги толаларни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлмайди, чунки уларда тўрт тўлқинли силжиш эффекти яққол кўринади, чунки хроматик дисперциянинг ноль бўлган қиймати тизимнинг ишчи диапазони ичида жойлшгандир.

Одатда тўрт тўлқинли силжиш эффекти оптик толага иккита  $\lambda_1$  ва  $\lambda_2$  тўлқин узунликларига эга бўлган монохроматик ёруғлик оқимларини киритилганда унинг чиқиш томонида  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 = 1/(2/\lambda_1 - 1/\lambda_2)$  ва  $\lambda_4 = 1/(2/\lambda_2 - 1/\lambda_1)$  тўлқин узунликларидаги тўртта монохроматик ёруғлик оқимлари ҳосил бўлади. Агар  $\lambda_1 < \lambda_2$  бўлса у ҳолда  $\lambda_3 < \lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_4$  бўлиб, тўрт тўлқинли силжиш ҳар бир жуфт равишда бир вақтнинг ўзида бошланғич ёруғлик оқимларидан нозикли эффектлар ҳосил бўлади, паразит ёруғлик оқимлари асосий оқимлар энергиясининг маълум бир қисмини олиб қолади, натижада эса сигналларнинг сўниши ошиб боради. Бундан ташқари бошланғич ва иккиламчи паразит оқимларнинг интерференцияси ҳисобига узатилаётган сигналнинг сифати бузилади.

Тўрт тўлқинли силжиш эффекти хроматик дисперция ноль бўлган қийматда максимал интенсивликка эга, шунинг учун WDM ва DWDM тизимларида дисперцияси силжитилиб ноль бўлмаган NZDSF туридаги толаларни қўллаш мақсадга мувофиқдир. Конкрет турдаги оптик толани танлашда иложи борича ишчи диапазонда хроматик дисперция қиймати кичик бўлиши керак, чунки бунинг учун дисперцияни компенсацияловчи усуллардан фойдаланмаган ҳолда тўрт тўлқинли силжиш эффектини бир мунча чегаралаш мумкин. Хроматик дисперция қиймати бир хил белгига эга бўлиб, унинг қиймати 2...6 нс/нм км бўлиши керак.

SF туридаги тола  $\lambda = 1,55$  мкм тўлқин узунлигида дисперцияси силжитилиб ноль бўлмаган оптик тола бўлиб ҳисобланади. Бундай толанинг хроматик дисперция қиймати ишчи тўлқин диапазонида умумий тўрт тўлқинли эффект ҳолати бўлишига йўл қўймайди, бу эса бундай SF туридаги оптик толаларни WDM ва DWDM тизимларида қўллаш эффективлиги анча юқори.

Оптик толани узатиш тизимларида ўтказиш қобилиятини ошириш усулларидан энг яхши эффективлиги комбинацияланган усулда фойдаланиш, бунда аввал оптик сигналларни ҳар бир тўлқинли каналларида вақт бўйича мультиплексорлаштириш қўлланса, ундан сўнг эса WDM ва DWDM тизимлари ёрдамида тўлқинли мультиплексорлашда фойдаланишдир. Ҳозирги замон синхрон рақамли иерархиянинг узатиш тезликларини 10(STM-64) ва 40(STM-256) Гбит/с қадар етказиш мумкин, натижада эса 40 та тўлқинли мультиплексорлаштиришда битта оптик толанинг тўлиқ ўтказиш қобилияти 1,6 Гбит/с ташкил этади, бу эса узоқ вақтдаги чегара эмас.

Юқорида қайд этиб ўтилганидек энг келажакдаги порлоқ оптик толалардан SF ва NZDSF туридаги тола ҳисобланади. NZDSF туридаги тола бугунги кунда анча қиммат бўлса ҳам ҳисоб бир ҳил ўтказиш қобилиятига эга бўлган

оптик-толали узатиш тизимларининг линия трактида NZDSF туридаги толани қўлланилиши SF туридаги тола қўлланган линия тракти баҳосидан 1,5 марта кичик, чунки NZDSF туридаги толанинг хроматик дисперция киймати кичик бўлиши ҳисобига оптик йўқотувчанлиги 7дБ гача бўлган қимматбаҳо дисперция компенсаторларини линия трактидан олиб ташлаш ва 400 километр бўлган регенерация участка узунлигида кучайтиргич участка узунлигини 50 километрдан 80 километрга қадар етказилган.

Хозирги пайтда оптик толали узатиш тизимларининг вақт бўйича мультиплексорлаштиришнинг иккита технологияси кенг равишда қўлланмоқда, булар:

- плезиохрон рақамли иерархия асосидаги PDH;
- синхрон рақамли иерархия асосидаги SDH;

Кенг равишда амалиётда қўлланилаётган тўлқинли мультиплексорлаштириш технологияси асосидаги DWDM тизими биринчидан элемент базаси баҳосининг анча қимматлиги бўлса, иккинчидан SDH технологиясини тўлиқ равишда қўллаб бўлмаслиги бир мунча бу технологияни қўллашни чегараламоқда.

Бизнинг давлатимизда PDH мультиплексорлаштиришнинг Европа стандарт тизими қўлланмоқда. Бу стандартда асосий рақамли канал учун (АРК) 64 кбит/с узатиш тезлиги қабул қилиниб, биринчи сатҳда киритилувчи сигналлар вазифасини 30 та асосий рақамли канал (нолинчи сатҳдаги канал) бирламчи информатсион оқимни ташкил этади, унинг узатиш тезлиги 30 та  $\times 64$  кбит/с=1920 кбит/с. Синхронизация, сигнализация ва хатоларни тузатиш назорати учун қўшимча равишда унга иккита 64 кбит/с узатиш тезлигига эга бўлган асосий рақамли канал қўшилади. Натижада 2048 кбит/с узатиш тезлигига эга бўлган бирламчи рақамли оқим 2 Мбит/с ҳосил бўлади. ундан сўнг эса каскадли кетма-кет мультиплексорлаштириш схемасида 4:1 туридаги мультиплексорлар қўлланади. Бундай мулбтиплексорлаштириш ёрдамида 2,3,4 ва 5- сатх иерархиясида рақамли каналлар шакллантирилади. Бирламчи рақамли оқим 2,048 Мбит/с бўлса, иккинчи рақамли оқим 8,448 Мбит/с, учинчи рақамли оқим 34,368 Мбит/с, тўртинчи рақамли оқим 139,264 Мбит/с ва бешинчи рақамли оқим 564,999 Мбит/с узатиш тезликларига эга бўлиб, улар тахминан 2;8; 34; 140 ва 565 Мбит/с узатиш тезликлари ёрдамида 30; 120; 480;1920 ва 7680 та асосий рақамли каналлар PDH иерархияси ёрдамида шаклланади. Юқорида қайд этиб ўтилган оқимлар Европа давлатларида “Лотин Америка давлатларида ва бизнинг давлатимизда E1; E2; E3; E4 ва E5 оқимлари” деб аталади.

Аввалига PD технологияси мис симлардан иборат бўлган кабелларда қўлланилган, ундан сўнгра эса кенг равишда турли жойларда қўлланувчи оптик кабелларда кенг равишда қўллана бошлади. Бирламчи рақамли канал сигналларини кўп модалли оптик толали кабеллар орқали узатиш иқтисод томондан мақсадга мувофиқ эмас, шунинг учун оптик толани узатиш тизимларининг турли қўлланиш жойларидаги охириги аппаратура жиҳозлари учун кўп каналли узатиш тизимларининг юқори сатҳ иерархияси қўлланмоқда. Бизнинг давлатимизда кўп модалли градиент профилидаги ва

бир модали оптик толалар учун оптик толали узатиш тизимлари қўлланмоқда. Электр рақамли гурух сигналини шакллантириш учун HDB3 икки қутбли код қўлланмоқда. Рақамли маълумотларни оптик линия тракти бўйича узатув учун HDB3 коди бир қутбли линия кодига ўзгартирилган бўлиб, улар оптик толали узатиш тизимлари учун оптимизациялаштирилган. E2 сатҳини узатиш тизимларида қоида бўйича 1B2B коди қўлланса, E3 ва E4 оқимлари учун 5B 6B, 10B 1P1R ва хоказо кодлар қўлланади.

Хозирги пайтда ишлаб чиқариш корхоналари опто электрон ва электрон компонентлари қўлланган ҳолда юқори ишончилиқка эга бўлган хозирги замон технологияси асосида E2 ва E3 оқим сатҳларида ишловчи узатув тизим аппаратураларини ишлаб чиқармоқда. Тугунлараро ва станциялараро интеграл хизмат кўрсатувчи алоқа тармоқларини яратиш учун перм шахрининг ОАО “Морьон” нинг ОЛТ-25 ва Москва шахрининг “РОТЕК” ИЧК нинг Т-41 аппаратураларидир. Бундай аппаратуралар бир модали оптик толалар бўйлаб  $\lambda = 1,3$  мкм тўлқин узунлигида 120 та асосий рақамли канал ҳосил қилиб, унинг энергетик потенциал 40...42 дБ бўлса, қабул қилувчи қурилманинг динамик диапозони 20дБ.

Минтақавий тармоқлар ва станциялараро алоқа тармоқларини ташкил этиш учун E3 сатҳ оқими учун Т-51, Т-316 (“ПОТЕК” АЖ нинг ИЧК, Москва) ва ОТЛС-31 (“Морион” ОАЖ, Пермь шаҳри). Бундай алоқа узатиш воситалари ёрдамида кўп модали градиент профилидаги ва бир модали оптик тола  $\lambda = 1,3$  мкм тўлқин узунлигида узатув учун қўлланади. Модификаланган Т-316 алоқа узатиш воситаси ёрдамида линия сигналининг тезлиги 51,84 Мбит/с бўлган ҳолда 21 та E1 оқимини ташкил этиш мумкин. Бундан ташқари бундай алоқа узатиш воситаси SDH тармоғи билан ишлаши мумкин. ОТЛС-31 алоқа узатиш воситаси эса уланиш режимида каналларни киритиш/чиқариш хусусиятига эга. Оптик толали узатиш тизимларининг турли қўлланиш жойларига қараб ИКМ-120-5, E2 оқим сатҳида ишловчи “Сапка-2”, E3 оқим сатҳи учун “Сопка-3” ва E4 оқим сатҳи учун “Сопка-4” алоқа узатиш воситалари ишлаб чиқарилмоқда. Аммо бундай тизимлар эскиргани учун ишлаб чиқариш жараёнидан олиб ташланган. Бизнинг давлатда ва хорижда қўлланувчи плезихрон тизимлар ёрдамида юқори тезликда кўп каналли алоқа ташкил этиш мумкин. Аммо узатув тезликларини кескин равишда ошиши билан PDH технологиясида бир қанча камчиликлар пайдо бўлмоқда, булар қуйидагилар биринчидан оптик-толали узатиш тизимининг умумий схемасида оддий ва содда бўлган “нуқта-нуқта” топологиясида юқори узатиш тезликларини ҳосил этиш учун охириги узатувчи ва қабул қилувчи станцияларда 3-4 та мультиплексорлаш тириш/демультиплексорлаштириш сатҳига эга бўлишимиз керак, бу эса анча мураккаб бўлган аппаратураларни қўллаш керакли ўз навбатида алоқа ташкил этиш нархини ошиб кетишга олиб келади. Иккинчидан бундай тизимда асосий рақамли каналларни ёки E1 оқим сатҳини юқори сатҳли иерархиядан тўлиқ равишда демультиплексорлаштириш ва охириги оқим сатҳларни қайта мультиплексорлаштириш ҳисобига киритиш/чиқариш имконияти йўқ. Учинчидан тармоқдаги информатсион оқимларни бошқариш

ва уларни назорат мақсадида хизмат кўрсатиш каналларни ташкил этишда бир қанча қийинчиликлар туғдирилади. Бу эса PDH технологиясида hozirги замон талабига жавоб берувчи мослашувчан оддий равишда бошқарилувчан структурали рақамли тармоқ яратиш мумкин эмасдир. Юқорида қайд этиб ўтилган камчиликлар PDH технологиясини қайта ўзгартириб ва қайд этиб ўтилган камчиликсиз синхрон рақамли иерархия – SDH технологияси яратилди.

Янги тизимга қўйилган асосий талаблардан бири PDH тизимлари билан мослашган ҳолда бўлишидир. Бу нарса айниқса 140Мбит/с узатиш тезлигига эга бўлган Е4 рақамли сатҳ оқимиға тегишлидир. Бунинг учун Е4 сатҳ оқимиға қўшимча битлар киритилиб, натижада янги сатҳ оқимитнинг узатиш тезлиги 155,52 Мбит/с га қадар етказилган. Бундай узатиш тезлиги линия сигналининг асосий формати учун қабюул қилинган бўлиб STM-1 синхрон транспорт асоси қилиб олинган hozirги пайтда SDH иерархияси бешта синхрон сатҳ оқимларига эга (1.1-жадвал). STM-N модулини тартиби  $N=4n$ ,  $n=1, 2, 3, 4$  бўлиб STM-N оқимида роқамли STM-1 оқим сонларини билдиради.

1.1-жадвал.

Модул	Узатиш тезлиги, Мбит/с	Асосий рақамли каналлар сони
STM-1	155,52(155)	1920
STM-4	622,08(622)	7680
STM-16	24888,32(2500=2,5Гбит/с)	30720
STM-64	9953,28(10000=10Г бит/с)	122880
STM-256	39813,2(40000=40Гбит/с)	491520

SDH технологиясида сигналлар узатилмайди унинг ўрниға янги рақамли тузилма-виртуал контейнерлар узатилиб унинг ичига ҳар қандай сигналлар жойлаштирилади, шу жумладан PDH сигналлар ҳам. Узлуксиз (аналог) сигналлар олдиндан рақамли шаклга ўтказилади ва ундан сўнг контейнерларға жойлаштирилади ҳамда контейнердан чиқариб туширилган сигналлар қайта бирламчи шаклга ўтказилади.

Синхрон-транспорт модулининг (STM) информация рақамли тузилиши аппарат сатҳида SDH технологиясини реализация қилади. STM модуллари тармоқ операцияларини виртуал контейнерлар ёрдамида ичидаги маълумотларға қарамай бажаради.

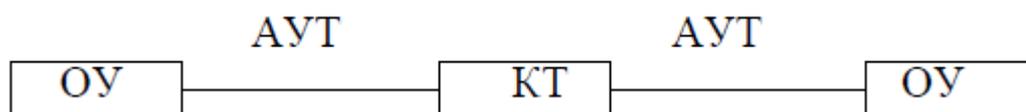
SDH тизимини плезиохрон тизимдан фарқи юқори сатҳли рақамли оқимлардан бирламчи рақамли каналларға қадар бўлган бир мунча кичик сатҳ оқимларини тўлиқ равишда демультимплексорлаштирмаган ҳолда киритиб/чиқариб олиш хусусиятиға эга. Ҳамма киритиш/чиқариш функцияларини битта мультимплексорлар бажаради, бу билан эса умумий тузилиш схемасининг ускуналарини осонлаштириб енгиллаштиради. SDH нинг ҳамма сатҳларида қаттиқ равишда синхронизация бўлиши ҳисобига тармоқдан маълумотлар оқимини оператив равишда битта марказдан тармоқ конфигурацияси ўзгарганда ҳам бошқариш мумкин.

SDH нинг ҳамма иерархия сатҳларидаги аппаратуралари SF, DSF ва NZDFS турларидаги бир модали толаларни иккинчи ва учинчи шаффофлик дарчаларида ишлашни таъминлаб беради. Асосий техник параметрлари вазифаси учун одатда тўлқин узунлиги ва нурлантирувчи манбанинг спектр кенглиги, тўлқин узунликларнинг ишчи диапозони, оптик толагат киритилувчи оптик қувватнинг сатҳи, қабул қилгувчи қурилманинг маълум бир узатиш тезлигидаги рухсат этиладиган хатолар эҳтимоллигидан минимал сезгирувчанлиги ва х.к. Хозирги пайтда SDH тизимлари учун ускуналарни кўпинча оптик толали узатиш тизимларининг аппаратураларини ишлаб чиқишга махсулаштирилган етук компаниялар ишлаб чиқармоқда.

Булар АҚШ ларини Lucent Technologies, Германия ва АҚШ нинг Alcatel Telecom, Германиянинг Siemens, Япониянинг NEC ва бошқалар.

#### **1.4. ОА тизимларининг таснифи. Рақамли ва аналог ТОА тизимлари. Магистрал, минтақавий ва маҳаллий ТОА тизимлари**

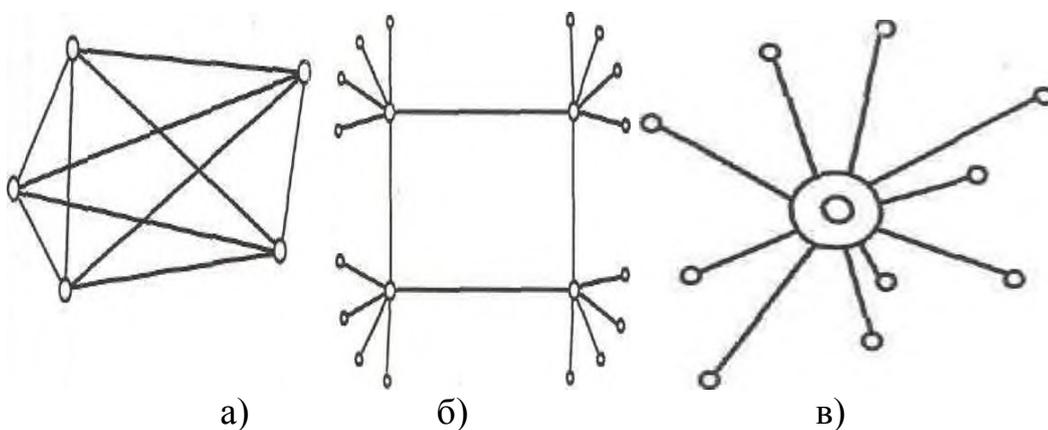
Қўлланиладиган модуляция турига қараб ТОА тизимлари аналог ва рақамлига бўлинади. Аналог ТОА тизимларида модуляциянинг аналог усуллари: интенсивлик бўйича модуляциялаш, амплитуда, частота ва фаза модуляцияси турлари қўлланилади. Оптик нурланиш манбаларининг юқори нозизиқлилиги ва аналог узатиш учун талаб этиладиган шовқин бардошлиликни таъминлаш техник мураккаблиги сабабли аналог ТОА тизимларидан фойдаланиш чегараланган. Шунга қарамай бир қатор соҳаларда қўлланилади (оптик кабелли телевидениеда, телеметрия, оператив ва хизмат алоқа тизимларида). Рақамли ТОА тизимларида модуляциялашнинг дискрет усулларида фойдаланилади. Бунда сигнал ташувчининг бирон-бир параметри дискрет равишда ўзгаради, яъни бошланғич параметрнинг қийматлар соҳаси квантлаш сатҳларига бўлинади, ҳар бир квантлаш сатҳига мос равишда аниқ дискрет сигнал қўйилади. Вазифаси ва сигналларни узатиш масофасига кўра ТОА тизимлари магистрал, минтақавий, маҳаллий-шаҳар ва қишлоқ алоқа тизимларига бўлинади. Магистрал ТОА тизимлари сигналларни 1000 км га, зона ТОА тизимлари сигналларнинг 600 км га узатиш, шаҳар ТОА тизимлари шаҳар телефон тармоғининг боғловчи линияларини зичлаштириш учун хизмат қилади.



1.5–расм. Алоқа тармоқлари.

ОУ – охириги ускуна; АУТ – ахборотни узатиш тизими; КТ – коммутация тизими.

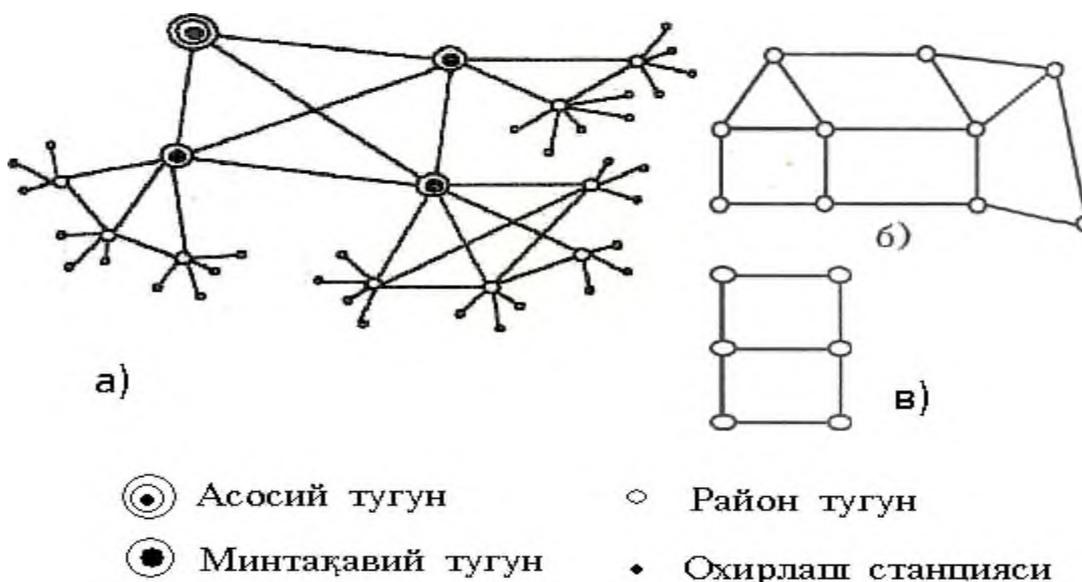
Капитал харажатлар бўйича энг катта сарф–харажатлар линия тармоқлари ва ахборотларни узатиш аппаратуралари эгаллайди, шунинг учун тармоқлар тузилишини танлашда оптимал вариантни танлаш асосий роллардан биридир. Тармоқлар тугунлардан (занжирлар, каналлар, коммуникация манзилларидан) ва бу тугунларни бир бири билан боғлаш учун қўлланадиган алоқа линияларидан ташкил топади. Одатда алоқа тармоқларини да уни иқтисодли пухталиқ билан қуриб яратишга интилинади. Тармоқ пухталиги одатда тармоқ тури, томонларга тарқалиши ва тарқатилган участкаларда турли хил алоқа линияларни қўллаш ва қуриш билан эришилади. Бундай линияларда керакли алоқа каналлари айланма ва захира йўллари билан ташкил қилинади. Иложи борича ҳар бир тугун бошқа тугунлар билан икки–учта бир бирига боғлиқ бўлмаган йўллар билан боғланиши керак. Бунда тармоқлар қурилиши иложи борича қисқа вақтда бажарилиши лозим. Тармоқ тузилиши бир неча вариантлардаги таркибий тузилишга эгадир.



1.6–расм. Алоқа тармоқларининг тузилиш вариантлари: а)тўғридан–тўғри боғланишли б) тугун боғланишли; в) радиал боғланишли

Тўғридан–тўғри боғланган «ҳар бири билан ёки тўлиқ» бундай ҳолатда ҳар қандай тугун бошқа тугун билан тўғридан–тўғри боғланади. (1.6–расм); Тугунлаштирилган – ҳолатда бир неча манзилгоҳлар тугунларга гурухланиб, улар бир бири билан боғланади (1.6б–расм) Радиал (юлдузсимон) – да тугун битта марказда бўлиб, у линиялар билан радиус бўйича бошқа манзилгоҳлар билан боғланади (1.6в–расм) Келтирилган алоқа тармоқларнинг тузилиш вариантларидан шуни кўриш мумкинки, ҳар бир манзилгоҳларни тўғридан – тўғри боғланиш варианты ўта мустаҳкам ҳисобланади, аммо техник–иқтисод томонидан ўзини оқламайди, чунки унда жуда ҳам кўп боғловчи линиялар мавжуд. Тугунли боғланиш варианты ҳам иқтисод томонидан ўзини оқламайди. Бу вариантлардан энг ишончлиси радиал варианты бўлади, аммо унда ҳеч қандай захира йўллари йўқ шунинг учун у алоқани узлуксиз ишлашини таъминлай олмайди. Бу вариантлардан энг яхши натижа радиал ва тугунли тизимларни бирлашган варианты ҳисобланади. Бундай тизимлар

ёрдамида тармоқлаштирувчи, узлуксиз тизим яратилиб, у ўз навбатида иқтисодли алоқа тармоғини яратишга имкон беради.(1.7а–расм)



1.7–расм. Алоқа тармоқларини таркибий тузилиши: а) радиал тугунлашган; б) алоқа тўр тузилиши; в)панжарали тузилиш

Бундай тизимда бир хил таркибли алоқа тугунлари алоқа линиялари ёрдамида бир бири билан боғланишидан ташқари ўзидан бир поғона кичик бўлган алоқа тугунлари билан ҳам боғланган, бундан ташқари бу тугунлар айланма йўллар билан ҳам боғлангандир.

Ҳар доим алоқа тўғри ҳосил қилишда, иложи борича ҳар бир алоқа тугуни ўзига яқин бўлган тугун билан боғланиши керак, бу ҳолатда айланма ва захира йўллар ҳосил бўлади, ва улар ёрдамида тугунларга чиқиш учун икки учтата бир–бирига боғлиқ бўлмаган йўллар билан боғланади (1.7б – расм). Тўрсимон ёки панжарали алоқа тармоқларининг турли хил кўринишларидан бири панжарали тўр тузилишидир (1.7в–расм) бундай тўр тузилишлари ёрдамида яратилган тармоқлар жуда ҳам мустаҳкамдир, лекин бу тармоқларни яратиш учун жуда ҳам катта ҳаражатлар зарурдир.

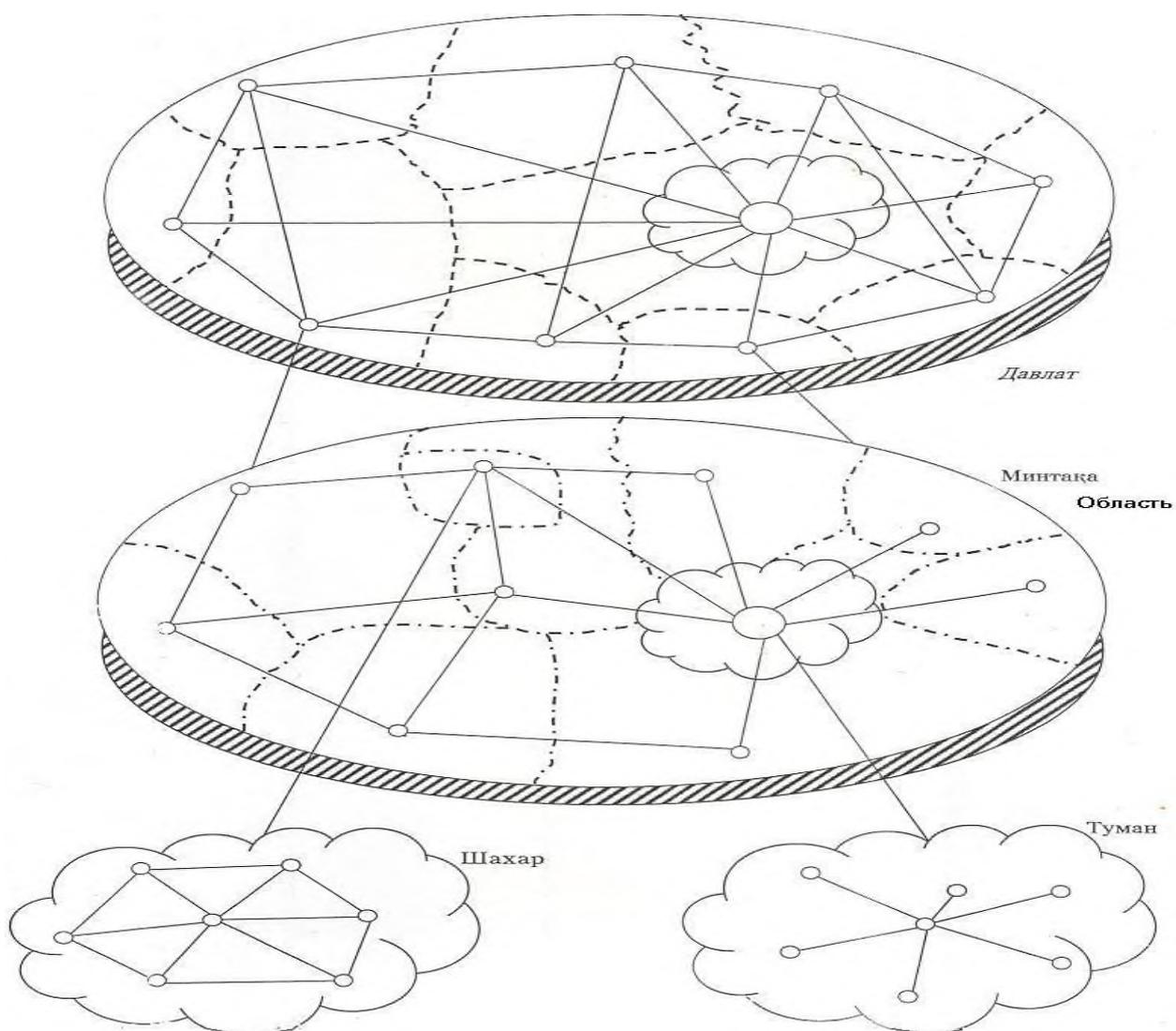
### 1.5.Глобал, магистрал ва ҳудудий тармоқлар.

Бутун ер курраси бўйлаб глобал тармоқ мавжуд бўлиб, бу тармоқ ер шарида жойлашган ҳамма қитъалардаги давлатлар бошқа қитъалардаги давлатлар билан боғлангандир. (1.8–расм) Давлатлар ҳам бир–бири билан боғланган бўлиб, бундай тармоқ давлатлараро магистрал тармоқ деб юритилади. Бизнинг мамлакатимизда алоқа тармоқлари магистрал (1.9–расм) ва ҳудудий тармоқлардан (1.11–расм) ташкил топади. Ҳудудий алоқа тармоқлари мамлакатимиз вилоятлари ичида ташкил этилади, ҳудудий алоқа тармоқлари ўз ичига ҳудуд ичи тармоқлари ва маҳаллий тармоқларни қамраб олади. Маҳаллий тармоқлар ўз ичига қишлоқ телефон тармоқларини (район маркази, ширкат хўжаликлари ва қишлоқ хўжалиги манзилгоҳлари билан) ва

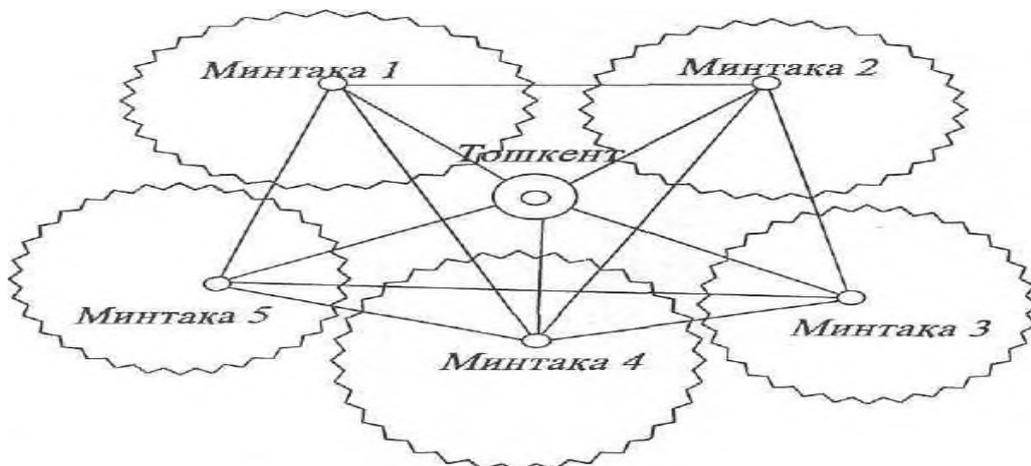
шаҳар телефон тармоқларини қамраб олади. Бу ҳолда абонент ҳудудлари бир хил етти рақамлар билан рақамланади ва бу ҳудудда  $10^7$  тагача телефонлар бўлиши мумкин



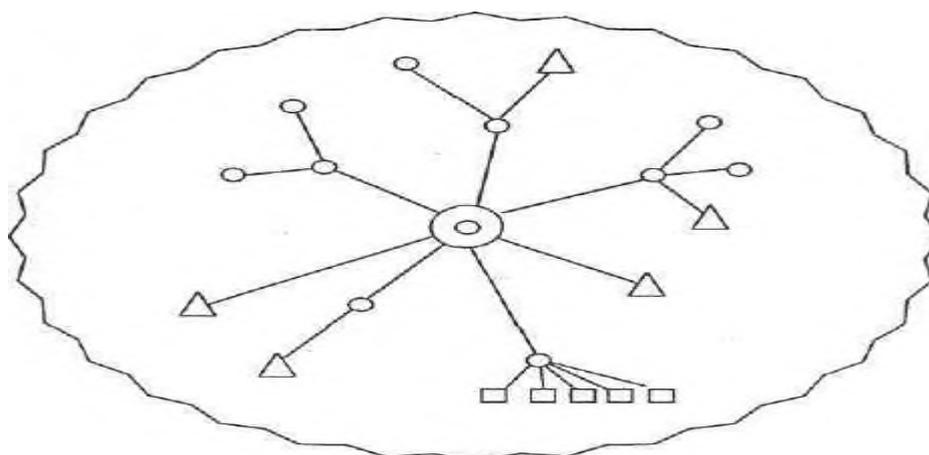
1.8–расм. Глобал тармоқ кўриниши



1.9–расм. Шаҳарлараро ҳудудий ва маҳаллий тармоқлар тузилиши. Битта давлат ичида тузилган тармоқ шаҳарлараро тармоқ деб аталади. (1.10–расм).



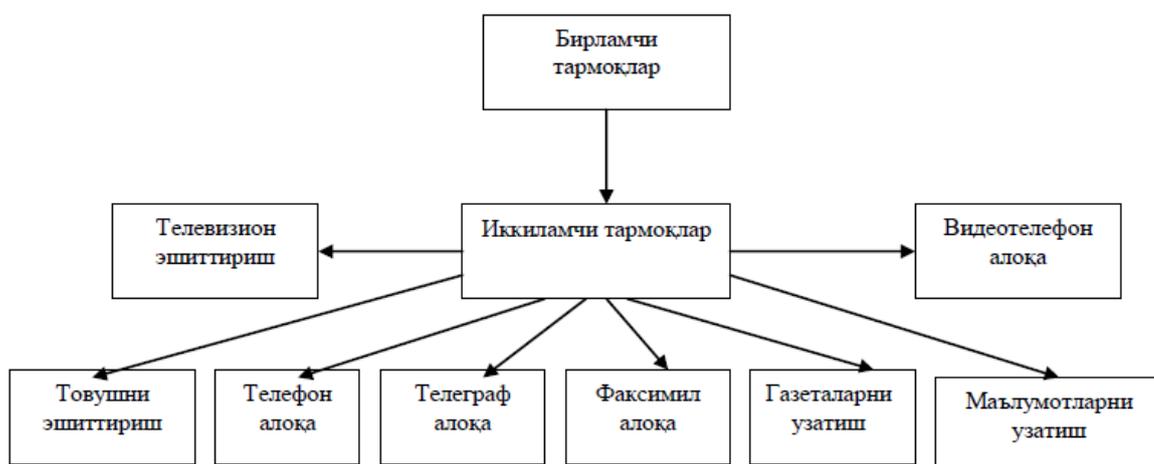
1.10–расм. Магистрал ёки шаҳарлараро тармоқ тузилиши.



1.11.–расм. Ҳудуд ичи тармоқлари тузилиши:

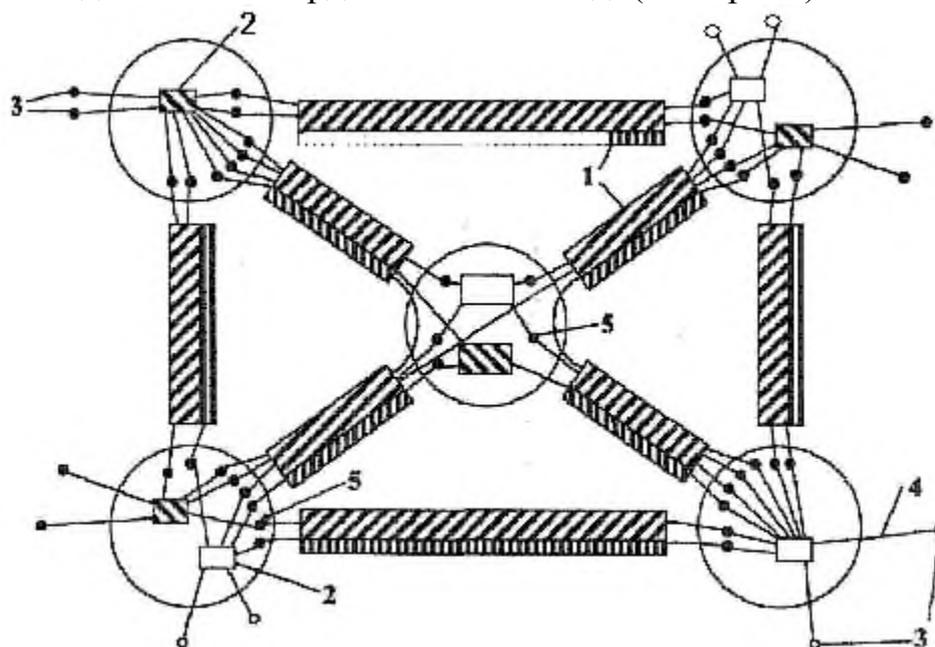
- ҳудудий тугун; -шаҳар телефон телефон тармоғи; -район тугуни; - ширкат хўжалиги

Магистрал тармоқлар давлат пойтахтини ҳудуд марказлари билан ва ҳудуд марказларини бир–бири билан боғлайди. Магистрал тармоқлар бошқа давлатлар билан ҳам боғланади. Бизнинг давлатимизда магистрал тармоқ асосан ТОЕ (Транс–Осиё–Европа) оптик толали магистрал билан боғлангандир. Ҳудудий ичи тармоқлари Республикамиз вилоятлари пойтахтларини бир–бири билан боғлашдан ташқари, яна магистрал тармоқ 14 билан ҳам улангандир. Давлатимиз алоқа тармоқлари ўз навбатида бирламчи ва иккиламчи тармоқларга бўлинади. (1.12–расм) Бирламчи тармоқ ҳамма алоқа турлари ва каналларнинг мажмуидир. Бирламчи тармоқ ҳамма каналлар фойдаланувчилари учун бир хилбўлиб, иккиламчи тармоқ учун базани ташкил этади.(1.12 – расм.)



1.12–расм. Бирламчи ва иккиламчи алоқа тармоқлари.

Иккиламчи тармоқлар ишлатилиш жойига қараб турли хил бўлган каналлардан (товушли эшиттириш, телефон алоқаси, телеграф алоқаси, факсимил алоқа, газеталарни узатиш, телевизион эшиттириш, видеотелефон алоқаси, маълумотларни узатишлардан ташкил топади. Иккиламчи тармоқлар ўз ичига коммутацион тугунлар, охирилаш манзилгохлари ва уларни боғлайдиган каналлардан ташкил топади(1.13–расм)



1.13–расм. Иккиламчи алоқа тармоқлари. 1–бирламчи тармоқларнинг узатиш тизимлари; 2–иккиламчи тармоқларнинг коммутация тугунлари; 3–иккиламчи тармоқларнинг охирилаш манзилгоқлари; 4 –абонент каналлари ёки абонент линиялари; 5–бирламчи тармоқларнинг чегарасининг кўрсатувчи нукталар

### 1.6. Шаҳар телефон тармоқларининг тузилиши

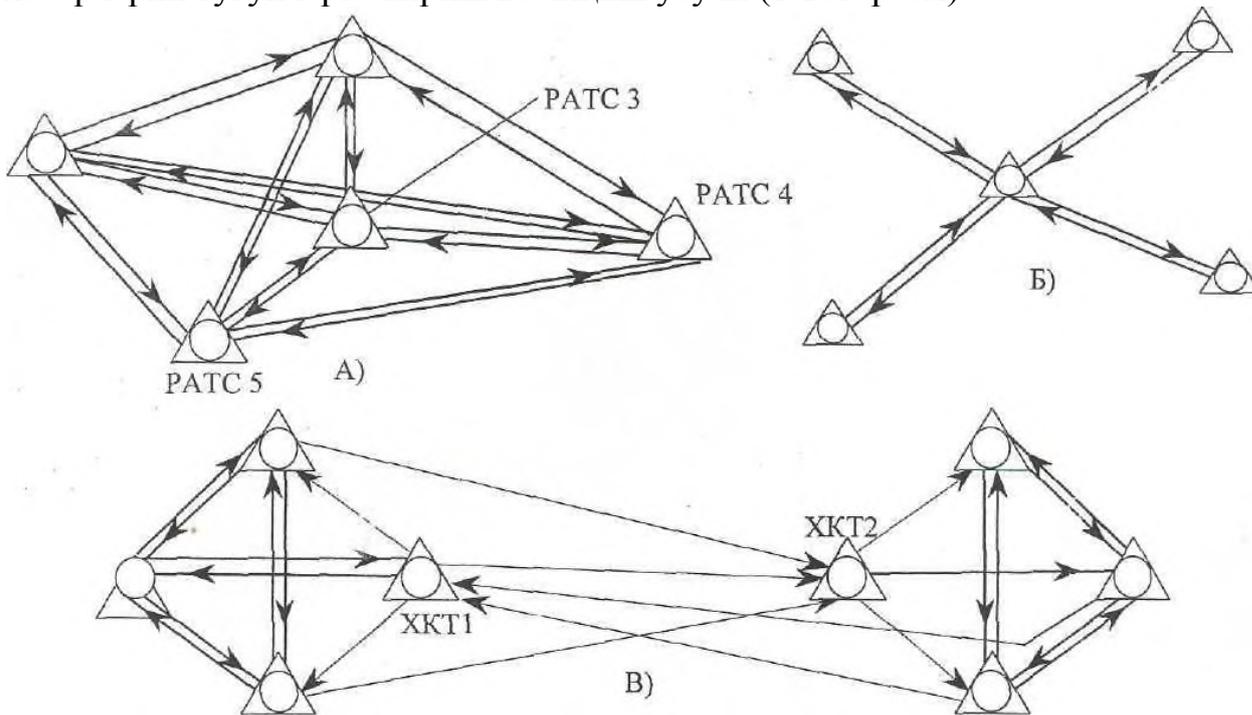
Умуман олганда шаҳар телефон тармоқлари абонент ва боғловчи линиялардан ташкил топади. Йирик шаҳарларда (одатда шаҳар телефон тармоқлари сифими 10000 рақамдан ошиқ бўлганда) линия тармоқларини

қуриш учун харажатларни камайтириш ва уларни ишлатиш самарасини ошириш учун, бир неча район автоматик телефон станциялари (РАТС) курилади. Бундай тармоқ районлаштирилган тармоқ деб юритилади. Бунда телефон аппаратлар район телефон станцияси билан боғловчи линиялар абонент линияси деб юритилади, станцияларни бир-бири билан боғловчи линиялар эса боғловчи линиялар деб аталади. (1.14–расм)



1.14–расм. Абонент ва боғловчи линиялар тузилиши.

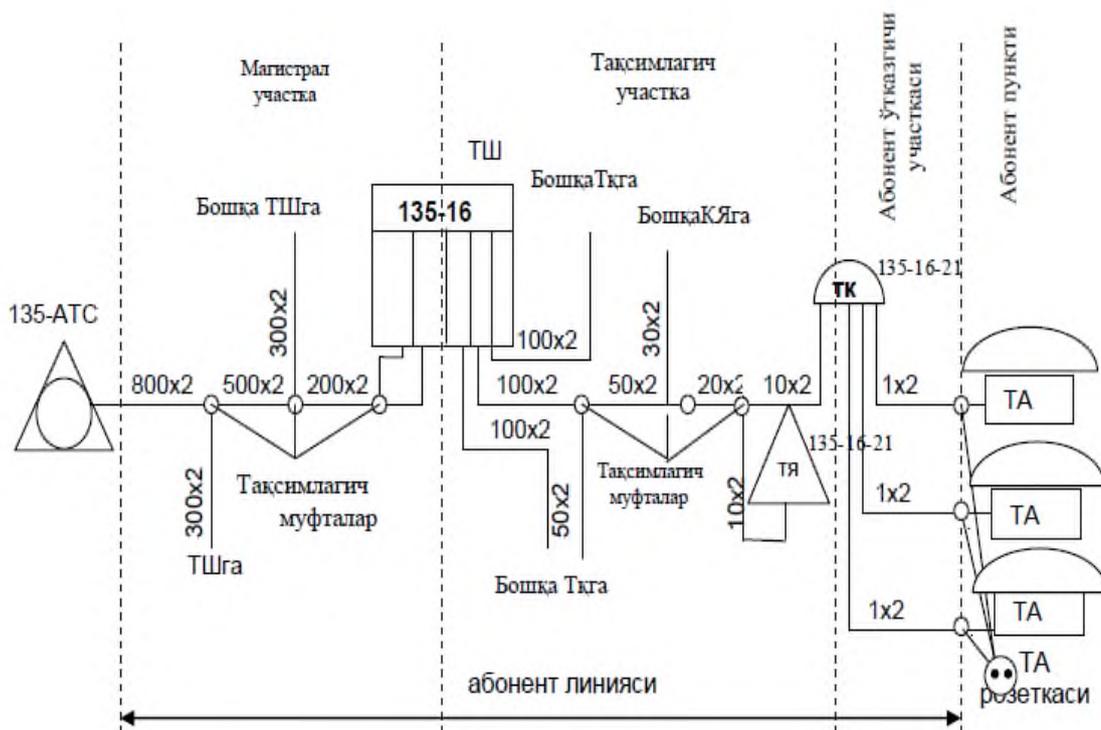
Район автоматик телефон станциялари оралиғидаги алоқа бир неча усуллар орқали олиб борилади: "ҳар бири-ҳар бири" усули бўйича (1.15–расм), радиал усули (1.15 б–расм), хабарларни тугунга кириш усули (1.15в–расм), хабарларни тугунларга кириш ва чиқиш усули (1.15г–расм).



1.15–расм. Шахар телефон тармоқларидаги боғловчи линияларнинг тузилиши: а) ҳар-бири-ҳар бири усули; б) радиал усул; в) хабарларни тугунларга кириш усули; г) хабарларни тугунларга кириш ва чиқиш усули

Биринчи усул одатда районлаштирилган тармоқларда қўлланади ва бундай тармоқ сифими 80000 рақамгача бориши мумкин. Радиал усул одатда район автоматик телефон станцияларни подстанция ёки корхона автоматик телефон станциялар оралиғида алоқани ташкил этиш учун қўлланади. Катта тармоқларда тугунлаштирилган телефон станцияларнинг учинчи ва тўртинчи

узули қўлланади. Бундан ташқари районлаштирилган АТСлар абонентлари ша ҳарлараро телефон станцияга тўғридан–тўғри ёки тугунлаштирилган станциялар орқали боғланади. Бугунги кунда боғловчи линиялар вазифасини оптик кабеллар бажаргани учун —ҳалқа топологияси қўлланади. Абонент тармоқлари турли хил усуллар асосида бўлиши мумкин (Аммо улар икки хил тизим асосида бўлади, булар шкафли ва шкафсиз усул. Бизнинг давлатимизда абонент линиялари шкафли усул асосида тузилгандир. Линия тармоқларининг шкафли тизим бўйича тузилиш схемаси 1.16-расмда келтирилган.



1.16-расм. Шаҳар телефон тармоқларидаги абонент линия тармоқларини тузилиши.

Агар 1.16- расмга разм соладиган бўлсак, унда шаҳарнинг маълум қисми кўрсатилган бўлиб, шаҳар мавзеидаги аҳолига тақсимлаш участкасидаги телефон абонентларини жойланиши кўрсатилиб, унингичидаги рақам биноларга киритилган кабел жуфтликларидир. Бундан шуниқўриш мумкинки бинога киритилган кабел жуфтликлари сони телефон аппаратларига эга бўлган абонентлар сонидан кўпроқдир, бундай усул бўйича тақсимлаш участкада эксплуатация захираси борлигини кўрсатади.

Одатда абонентлар телефон станцияга уланишда тақсимлагич қутичалар (ТҚ) ва тақсимлагич шкафлар (ТШ) орқали уланади. Бундай ҳолда телефон станциядан турли йўналишларга катта сифимдаги кабелларга бўлиниб тақсимлагич шкафларига киритилади. Бундай кабеллар ва уларга таълуқли линия ускуналари жамламаси магистрал тармоқ деб юритилади. Тақсимлагич шкафлардан кичик сифимдаги (100 жуфтликдаги кичик) кабеллар чиқиб, улар 10 жуфтлик бўлган охирилаш ускуналарига яъни тақсимлагич қутичаларга киритилади. Бу участкадаги кабеллар ва линияга таълуқли ускуналар

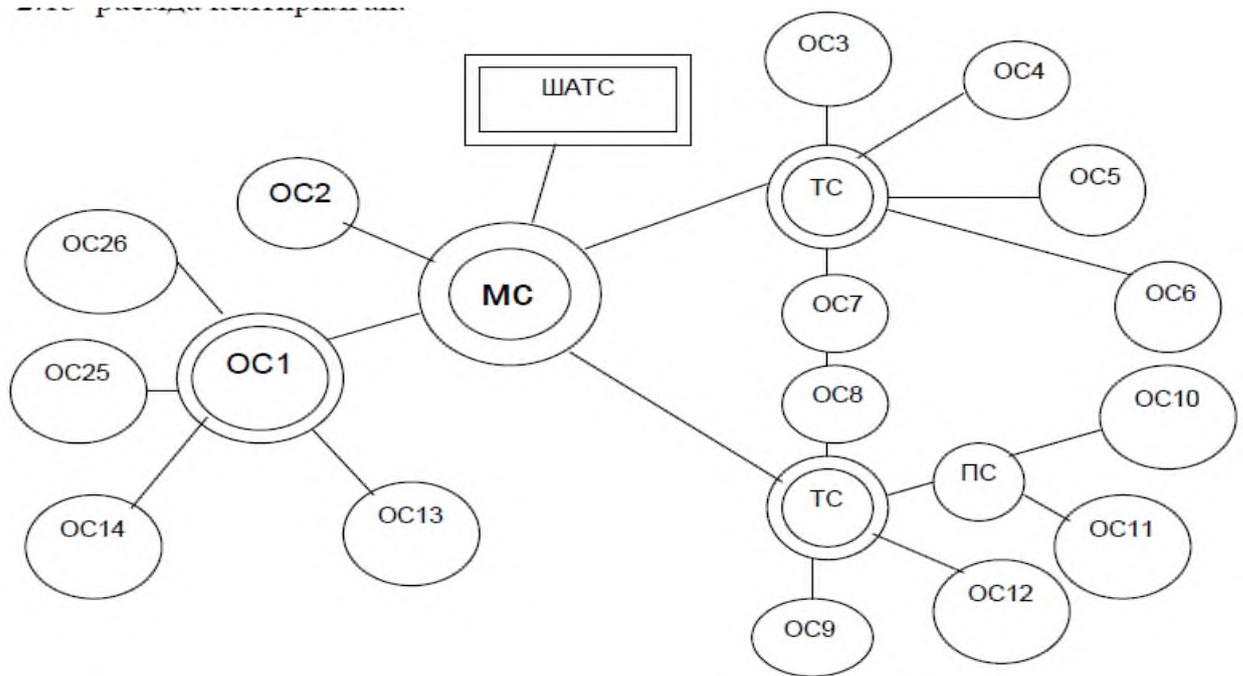
тақсимлагич тармоқ деб аталади. Тақсимлагич қутичадан телефон аппарати уланадиган разеткадан бир жуфтлик ўтказгич сим участкаси абонент ўтказгичи участкаси деб юритилади(1.16–расм).

Линия кабел тармоқларида тақсимлагич шкафларини қўллашда кабелларни текширув назорат жараёни бажарилади ва магистрал кабел жуфтликларини тақсимлагич кабел жуфтликларига турли хил улаш усулларида улаш мумкин, бу эса тармоқнинг техник эксплуатациясини (хизматини) оширади, яъни янги абонентларга янги кабел тортмасдан шу кабелларнинг жуфтликларидан фойдаланиш мумкин. Бундан ташқари тақсимлагич участкаларидан фойдаланишда магистрал кабелларни иқтисод қилиш мумкин, чунки тақсимлагич қутичаларга ўн жуфтлик кабеллар билан уланганда, тақсимлагич қутичаларда абонентлар сони камроқ булади. Агар телефон станцияга тақсимлагич қутичалардан чиққан кабелларни тўғридан тўғри улайдиган бўлсак, у ҳолда катта сифимдаги захира жуфтликларидан фойдаланиш имкони бўлмайди, ва бу жуфтликлар ишлатилмай қолади. Агар бу тармоқда тақсимлагич шкафлари ишлатадиган бўлсак, у ҳолда кабелларнинг эксплуатацион захиралардан фойдаланиш мумкин.

### **1.7. Қишлоқ телефон тармоқлари ва ўтказгич бўйича товуш эшиттириш**

Одатдаги туман ҳудудида жойлашган қишлоқ жойларда алоқа каналлари ва линия тармоқлари асосида ҳудуд ичи тасарруфида қишлоқ телефон тармоқлари ташкил қилинади. Бунда тақсимлагич қутичаларини ҳам бир нечтасини паралел равишда улаш мумкин. Бундай ҳолда тармоқ сифати ошади шаҳар телефон тармоқларини тузишда комбинацияланган (аралаш) тизим қўлланади, бундай усулни қўллаш тармоқ тан–нархини камайтиришга олиб келади. Қишлоқ жойларда электр алоқа асосида қуйидаги кўринишдаги тармоқлар ҳосил қилинади: Умумий фойдаланувчи (телефон алоқаси, факсимал алоқаси, товуш эшиттириш); Ички ишлаб чиқарувчи (ширкатлар ичидаги алоқа, корхоналар ичидаги алоқа); Корхоналар алоқаси (турли хил корхоналар ичида алоқа); қишлоқ тармоқларининг жойланишига қараб қишлоқ телефон станциялари қуйидагиларга бўлинади: Марказий станция (МС) – район марказида жойлашган бўлиб, уу ўз навбатида район станцияси вазифасини бажаради; Тугунлаштирилган станция (ТС) – қишлоқ районнинг турли аҳоли яшайдиган манзилгоҳларида жойлаштириб, бу станция охириги станиялар билан боғловчи линиялар ёрдамида боғланади; Охириги станцияси (ОС) – қишлоқ районларнинг аҳоли яшайдиган манзилгоҳларида жойлаштирилади.

ишлоқ телефон тармоқлари тузилишига қараб радиал–тугунлашган тизим бўйича яратилади. Қишлоқ телефон тармоқларининг намунавий кўриниши 1.17–расмда келтирилган



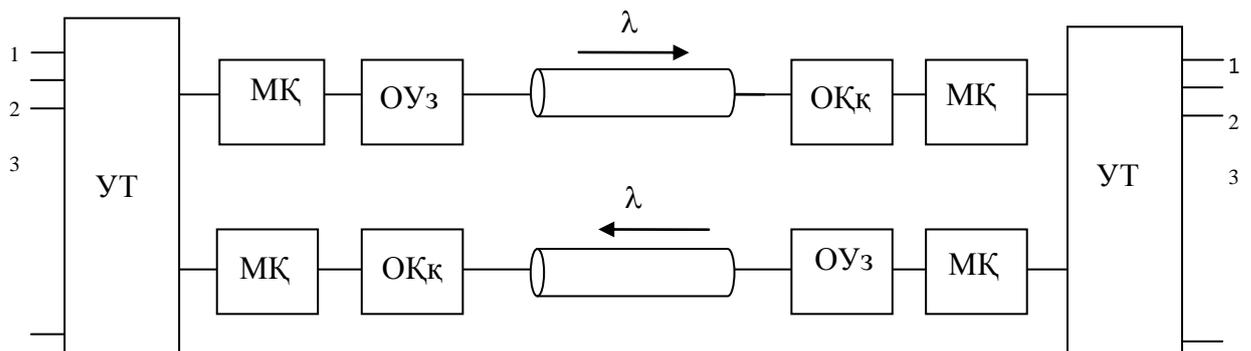
1.17–расм. Қишлоқ телефон алоқа тармоқларининг тузилиши. Бу расмга разм соладиган бўлсак, охирги станциялар тўғридан–тўғри тугунлашган станцияга уланган. 7 ва 8 охирги станциялари оралиғида бир–бирига нисбатан катта тортилиш бўлгани учун булар орасида рокед алоқа линияси тузилган.

### 1.8. Икки томонлама ТОА ни тузиш усуллари

ТОА тизимлари линия тракти тузилишига қараб қуйидагиларга бўлинади:

- икки толали бир полосали бир кабелли (тўрт ўтказгичли бир полосали бир кабелли);
- бир толали бир полосали бир кабелли (икки ўтказгичли бир полосали бир кабелли);
- бир толали кўп полосали бир кабелли ёки спектр бўйича зичлаштирилган тизимлар.

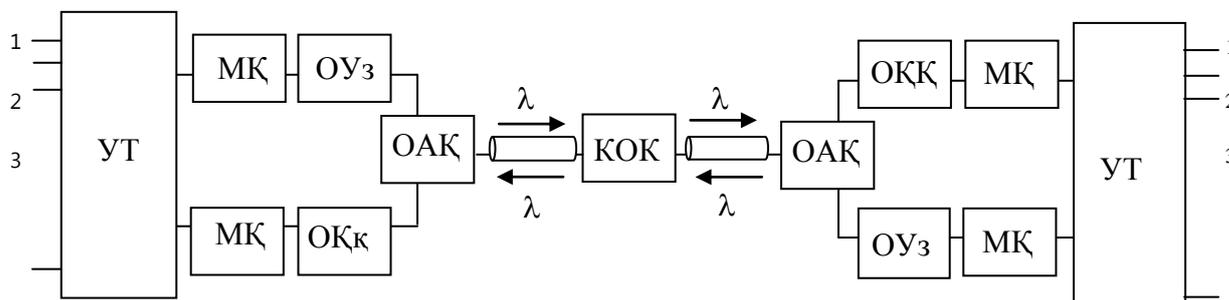
Икки толали бир полосали бир кабелли ТОА схемаси бўйлаб (1.18 – расм), бундай тузилишда оптик сигналларни узатиш ва қабул қилиш икки тола битта  $\lambda$  тўлқин узунлигида амалга оширилади.



1.18 -расм.Икки толали бир полосали бир кабелли ТОА схемаси.

Ҳар бир оптик тола икки симли физик занжирга ўхшайди, чунки кабелнинг оптик толалари орасида ўзаро ўтишлар бўлмайди.Шунинг учун ТОА нинг узатиш ва қабул қилиш трактлари битта кабел бўйлаб ташкил этилади, яъни ТОА бир кабелли ҳисобланади. Шу тарзда, берилган оптик линия трактини ташкил этиш схемаси икки толали бир полосалибир кабелли ҳисобланади. Ушбу алоқа ташкил этиш схемасининг афзаллиги бу охириги ва оралиқ станцияларнинг узатиш ва қабул қилиш қурилмаларининг бир турдалигидир. Камчилиги эса оптик тола (ОТ)нинг ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффициенти жуда кичик. Кабел қурилмаларига кетадиган харажатлар оптик алоқа тизимлари нархининг катта қисмини ташкил этишини, оптик кабел нархи етарли даражада қимматлигини ҳисобга олсак, оптик толадан бир вақтда катта ҳажмдаги информацияни узатиш ҳисобига унинг ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш масаласи юзага келади. Бунга масалан, битта оптик тола (ОТ) бўйлаб қарама-қарши йўналишдаги сигналларни узатиш ҳисобига эришиш мумкин.

Бир толали бир полосали бир кабелли оптик линия трактининг тузилиш схемаси 1.19 – расмда кўрсатилган. ОТ ни бир тўлқин узунлигида иккала йўналиш сигналлари учун қўлланилиши бу схеманинг хусусияти ҳисобланади.

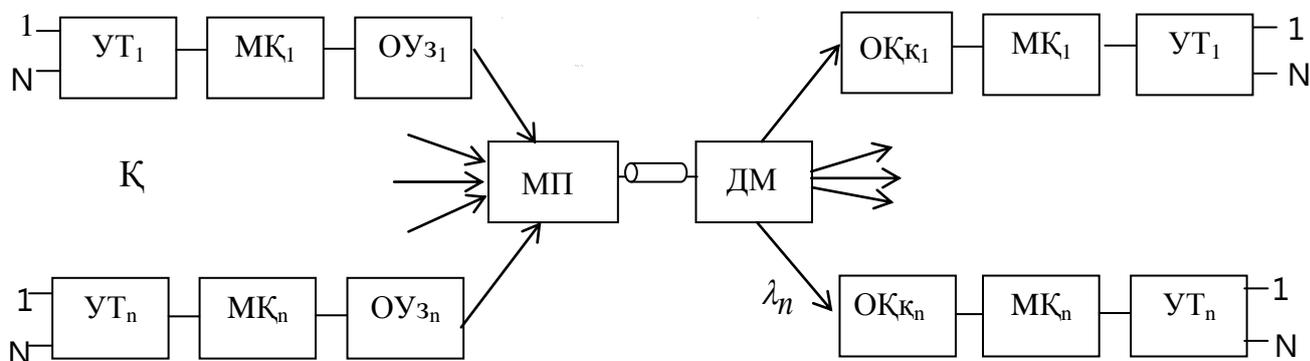


1.19 -расм. Бир толали бир полосали бир кабелли ТОА схемаси

Қарама-қарши икки ёқлама сигналларни узатганда оқимлар орасида ўзаро ўтиш шовқинлари ҳосил бўлади. Ўтиш шовқинлари ОТ ва тармоқлагичлардаги тескари ютилишдан, ёруғликни уланган жойлардан ва линия охиридаги ажраладиган улагичлардан қайтиши натижасида вужудга келади. Шовқин сатҳи ва унинг спектр таркиби узатилаётган сигналнинг узатиш тезлигига, импульс формасига ва линия тракти параметрлари (тола сўниши, тўлқин узунлиги, сонли апертура, синдириш кўрсаткичи)габоғлиқ.

Тўлқин узунлиги 1,55 мкм ва узатиш тезлиги 35 Мбит/с дан юқори бўлса, бир ОТдан қарама - қарши йўналишли сигналларни узатувчи ТОАда ўтиш шовқинлари кичик бўлиб, оптимал иш режимига эга бўлади.Спектр бўйича зичлаштирилган (бир толали кўп полосали бир кабелли) ТОАда бир оптик тола бўйлаб бир вақтда спектр бўйича ажратилган бир неча оптик ташувчилар узатилади. Бундай тизимларни тузиш қўлланиладиган спектр

оралиғида оптик кабелнинг сўниш коэффициентини оптик ташувчи частотасига (ёки тўлқин узунлигига) нисбатан кам боғлиқлигига асосланади. Шунинг учун бир оптик тола бўйлаб, ахборотларни узатишнинг натижавий тезлигини ошириб, бир неча кенг оралиқли оптик каналларни ташкил этиш мумкин. Оптик каналлари спектр бўйича ажратилган ТОАнинг тузилиш схемаси 1.20-расмда кўрсатилган .



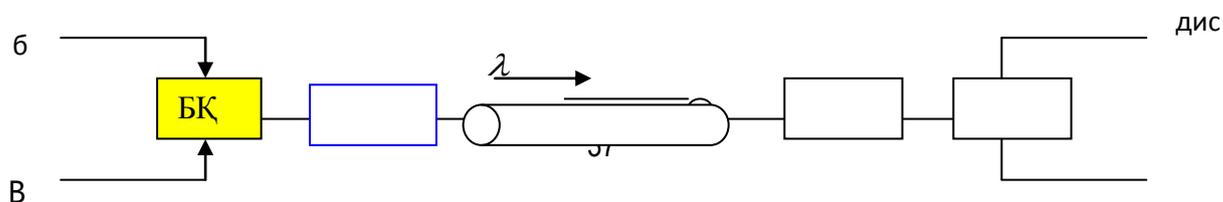
1.20 -расм. Спектр бўйича ажратилган ТОАнинг тузилиш схемаси

Узатувчи станциянинг  $n$  тизимларидан сигналлар  $n$  оптик узатгич ОУЗ га узатилади. ОУЗ чиқишидаги  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  тўлқин узунликли турли оптик ташувчилар мультиплексор (МП) ёрдамида бир оптик толага киритилади. Қабул қилувчи станцияда демультиплексор (ДМ) ёрдамида  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  тўлқин узунликли турли оптик ташувчилар ажратилади ва оптик қабул қилгич (ОҚ) га берилади. Шу тарзда, бир оптик тола орқали  $n$  спектр бўйича ажратилган оптик каналлар ташкил қилинади, яъни ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффициенти бошқа анъанавий тузилган оптик тизимларнинг линия трактига нисбатан  $n$  марта ошади. Оптик ташувчиларни бирлаштириш ва ажратиш учун турли оптик спектрал қурилмалар қўлланилиши мумкин: мультиплексор ва демультиплексорлар. Уларнинг иши физик оптиканинг дисперсия, дифракция ва интерференция ходисаларига асосланган. Мультиплексор ва демультиплексорларнинг тузилиш асосида оптик призма, кўп қатламли диэлектрик, дифракцион панжара ва бошқалар бўлиши мумкин.

### 1.9. ТОА линияларини зичлаштириш усуллари

Толали оптик алоқа линияларини қуйидаги зичлаштириш усуллари мавжуд: **вақт бўйича, частота ва спектр бўйича.**

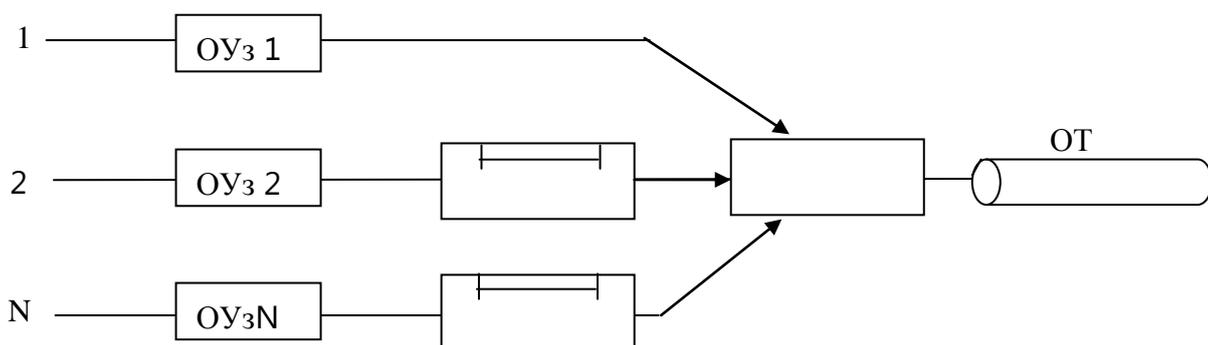
**Вақт бўйича зичлаштириш.** Бу усулда бир неча информация оқимларни битта оқимга бирлаштириш назарда тутилади. Бирлаштириш электрик сигналлар ва оптик сигналлар даражасида амалга оширилиши мумкин. Электрик сигналлар даражасида вақт бўйича зичлаштирилган ТОА линия трактининг тузилиш схемаси 1.21-расмда кўрсатилган .



1.21 -расм. Электрик сигналлар даражасида вақт бўйича зичлаштирилган  
ТОА нинг линия тракти

А ва В киришдан тушаётган электрик сигналларнинг икки қисм импульслари (N манба бўлиши мумкин) бирлаштирувчи қурилма (БК) ёрдамида вақт бўйича аниқ кетма-кетликка эга гуруҳли сигналга бирлаштирилади. Гуруҳли сигнал оптик узатгич ОУЗ да оптик ташувчини модуляциялайди. Оптик нурланиш ОТ бўйлаб тарқалади ва оптик қабул қилгич ОҚқ да қайтатдан электр сигнаliga ўзгартирилади. Сўнг бу сигнал ажратувчи қурилма (АҚ) ёрдамида  $A^1$  ва  $B^1$  чиқишларига бериладиган импульсларга ажратилади.

Оптик ва рақамли оқимларни бирлаштириш схемаси 1.22–расмда кўрсатилган .



1.22. -расм. Оптик сигналлар даражасида вақт бўйича зичлаштирилган  
ТОАнинг линия тракти

N манбадан электрик рақамли оқимлар N оптик узатгич ОУЗга тушади. ОУЗ да электр сигналлар оптик сигналларга ўзгартирилади. Оптик сигналларни бирлаштиришдан олдин уларни  $\Delta t; 2\Delta t; 3\Delta t; \dots (N - 1) \Delta t$  га кечикиши рўй беради. Бундай кечикишдан кейин оптик силжитгич (ОС) чиқишида оптик импульслар кетма-кетлигига эга бўламиз. Қабул қилишда бунга тескари жараён амалга оширилади. Вақт бўйича зичлаштиришда қисқа ( $10^{-9}$ с ва ундан кичик) ёруғлик импульсларини узатиш талаб этилади. Лекин субнаносекундли импульсларни узатиш ТОА узатиб қабул қилувчи аппаратураларининг оптоэлектрон қурилмаларининг охириги имкониятига якин бўлган тезкорлигига жуда юқори талаблар қўяди. Бундан ташқари оптик толанинг дисперсия хусусиятлари туфайли узатиш тезлиги, ўтказиш оралиғи ҳам чегараланган. Вақт бўйича зичлаштиришнинг асосий афзаллиги бу ОТ ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффициентининг ортиши ва тўлиқ оптик алоқа тармоқларини яратиш имкониятининг мавжудлиги ҳисобланади.

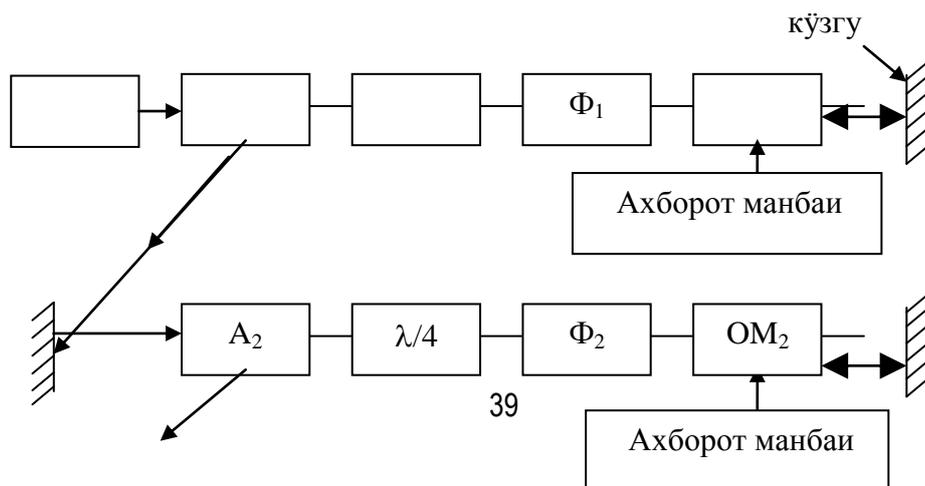
**Частота бўйича зичлаштириш.** Частота бўйича зичлаштириладиган ТОА линияларида турли ахборот манбаларининг бошланғич сигналларига аниқ частота оралиқлари ажратилади.

**Аҳамият беринг ва ёдда тутинг!!!**

**Вақт бўйича зичлаштиришда маълум бир вақт оралиғи, частота бўйича зичлаштиришда эса маълум бир частота оралиғи ажратилади**

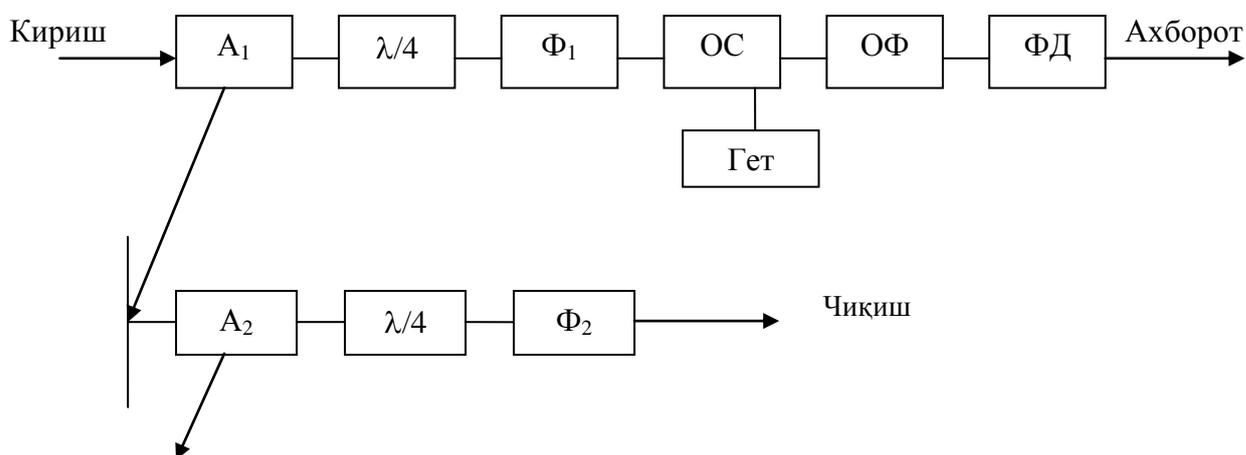
Бу ҳолда гуруҳли линия сигналларини хосил қилиш учун яқин жойлашган стабил оптик ташувчилар талаб қилинади. Бироқ, айниқса юқори тезликли модуляциялашда ярим ўтказгич лазерларнинг нурланиш линияларининг ностабилилиги қўшни каналларнинг ишчи тўлқин узунликлари орасида спектр бўйича ораликларини информацион сигнал ораликларидан бир неча марта ошиб кетишига олиб келади. Шунинг учун ТООАда спектрал яқин жойлашган каналларни хосил қилиш учун турли манбаларнинг турли ташувчиларидан эмас, балки оптик ташувчиларни суриш ёрдамида битта манбанинг турли ташувчиларидан фойдаланилади.

Гуруҳли сигналларни шаклланиш схемаси 1.23-расмда тасвирланган.  $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_n$  қатор ташувчилардан иборат оптик нурланишлар лазер нурланиш манбаи (НМ) чиқишидан анализатор  $A_1$  га тушади. Сўнг чорак тўлқинли  $\lambda/4$  призмадан ўтиб биринчи каналнинг  $\Phi_1$  фильтрига узатилади. Бу филтёр биринчи каналнинг  $\nu_1$  оптик ташувчисини  $OM_1$  оптик модуляторига ўтказди ва бу ерда у ахборот манбаидан берилган сигнал билан модуляцияланади.  $\nu_2, \nu_3, \dots, \nu_n$  ( $\nu_1$ , дан ташқари) частотали оптик нурланиш филтёрдан акс этиб, у ҳам  $A_1$  анализаторга қайтади. Йўли бўйлаб у иккинчи марта чорак тўлқинли  $\lambda/4$  призмадан ўтиб,  $A_2$  анализаторга тушади.  $OM_1$  оптик модуляторда информацион сигнал билан модуляцияланган биринчи каналнинг оптик ташувчиси кўзгудан акс этиб,  $A_1$  анализаторга қайтади. Икки марталаб чорак тўлқинли  $\lambda/4$  призмадан ўтган оптик сигналнинг қутбланиш юзаси бошланғич тебранишнинг қутбланиш юзасига нисбатан  $\pi/2$  га бурилади. Натижада ёруғлик тўплами призмада бир томонга йўналади ва ундан чиқади. Сўнг умумий сигнал  $A_2$  анализаторга тушади ва жараён қайтарилди, фақатгина фарқи бунда  $\nu_2$  частотали оптик нурланиш модуляцияланади. Шу тарзда оптик линия трактида узатиладиган оптик гуруҳли сигнал шаклланади. Қатор модуляцияланган оптик ташувчилардан иборат қабул қилинадиган оптик гуруҳли сигнал,  $A_1$  анализаторга келиб тушади, сўнг эса чорак тўлқинли  $\lambda/4$  призма ва биринчи каналнинг  $\Phi_1$  фильтри орқали ўтгач оптик силжитгичга (ОС) берилди (1.23-расм),  $\Phi_1$  фильтри  $\nu_1$  частотали оптик сигналларни ўтказди, бошқа частотали сигналлар акс этиб,  $A_2$  га келиб тушади.  $\nu_1$  частотали модуляцияланган оптик ташувчи ОС да кўпаяди, сўнг  $\nu_{op}$  оралик частота ОФ оралик фильтри ёрдамида ажратиб олинади ва ФД фотодетекторга берилди. ФД чиқишида электр ахборот сигнали шаклланади. Шу тариқа бошқа сигналларни қабул қилиш амалга оширилади.



1.23 -расм. Частота бўйича (гетеродинли) зичлаштиришда гуруҳли оптик сигналларнинг шаклланиш схемаси

Частота бўйича зичлаштириш усулининг афзаллиги шундаки, сигналларни бундай қабул қилиш ҳисобига регенерациялаш участкаси узунлиги 200 км гача узаяди ва оптик толанинг ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффиценти ортади.



1.24 -расм. Частота бўйича (гетеродинли) зичлаштиришда гуруҳли оптик сигналларни қабул қилиш схемаси

Бу усулнинг камчилиги шундаки, бунда қутбланиши сақланадиган оптик узатиш ва қабул қилиш трактлари, шунингдек бир қатор қўшимча қурилмалар, частота сургичлар, оптик вентиллар, қутбланиш назоратгичлари, оптик кучайтиргичлар ва бошқа қурилмалар талаб этилади. Бу ТОАни мураккаблаштиради ва нархини оширади.

**Спектр бўйича зичлаштириш.** Оптик толанинг ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффиценти оширишнинг истиқболли йўналишларидан бири спектр бўйича (тўлқин бўйича) зичлаштиришдир. Спектр бўйича зичлаштириш усули 1.7-расмда тасвирланган эди. Бунда линия кабелидаги тола нархини камайиши ҳисобига сезиларли даражада иқтисодий самарадорликка эришилади. Бундан ташқари, бу усул қўшимча қурилиш ишларисиз тармоқ ривожланишини таъминлаш, шунингдек тармоқланган дарахтсимон ва халқали тармоқларни яратиш имконини беради. Бунда ҳар хил тезликли ва рақамли, аналог турли модуляцияли (телефон, телевидение, телеметрия, ЭХМ бошқариш сигналлари) сигналларни узатиш имконияти кенгаяди. Бу эса иқтисодни тежовчи кўп функцияли алоқа тизимларини ташкил этишни таъминлайди.

Оптик толанинг спектрал ўтказиш ораликдан бир мунча тўлиқ фойдаланиш бу усулнинг энг муҳим афзалликларидан бири ҳисобланади. Хозирги кунда 0,8...1,8 мкм диапазон оралиғи ўрганилган. Агарда спектрал каналнинг кенглиги 10 нм ни ташкил этса, у ҳолда белгиланган диапазонда 100 тагача спектрал каналларни жойлаштириш мумкин.

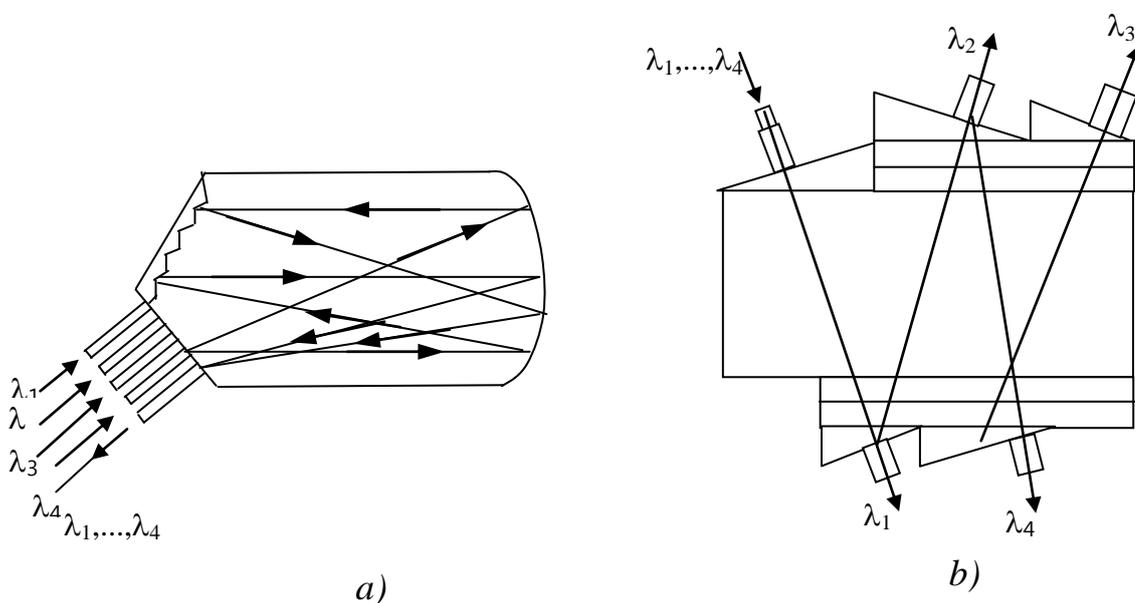
Спектр бўйича зичлаштирилган ТОАда сўниш ва дисперсия қийматлари кичик бир моддали оптик толалардан, қуввати юқори лазер нурланиш манбаларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Фойдаланиладиган бир модали оптик тола 1,5...1,6 мкм тўлқин узунлигида ишлаши ва кварц шишасидан тайёрланган бўлиши керак.

Оптик мультимплексор(ОМ) ва демультимплексорлар(ДМ) спектрал сезгир бўлиб, селектив ҳисобланади, яъни уларни характеристикалари оптик тўлқин узунлигига боғлиқ.

### ОМ нинг ВАЗИФАСИ!!!

Оптик мультимплексорлар оптик каналларнинг турли тўлқин узунликларини бирлаштириб, битта оптик толага киритади яъни *зичлаштиради.*

Мультимплексорларга дифракцион панжара, призмалар, филтрлар таълуқлидир. 1.25,а-расмда дифракцион панжарали планар тўрт каналли мультимплексорни ва 1.25,б-расмда интерференцион филтрли тўрт каналли мультимплексорни тузилиши кўрсатилган.



1.25 -расм. Мультимплексорлар:  
 а-планар тўрт каналли дифракцион панжарали мультимплексор;  
 б-тўрт каналли интерференцион филтрли мультимплексор.

Мультиплексор ва демультимплексорларни иши тўлқин узунлигига сезгир бўлган уч омилга асосланган: бурчак дисперсияси, интерференция ва селектив ютилишига.

### ДМ нинг ВАЗИФАСИ!!!

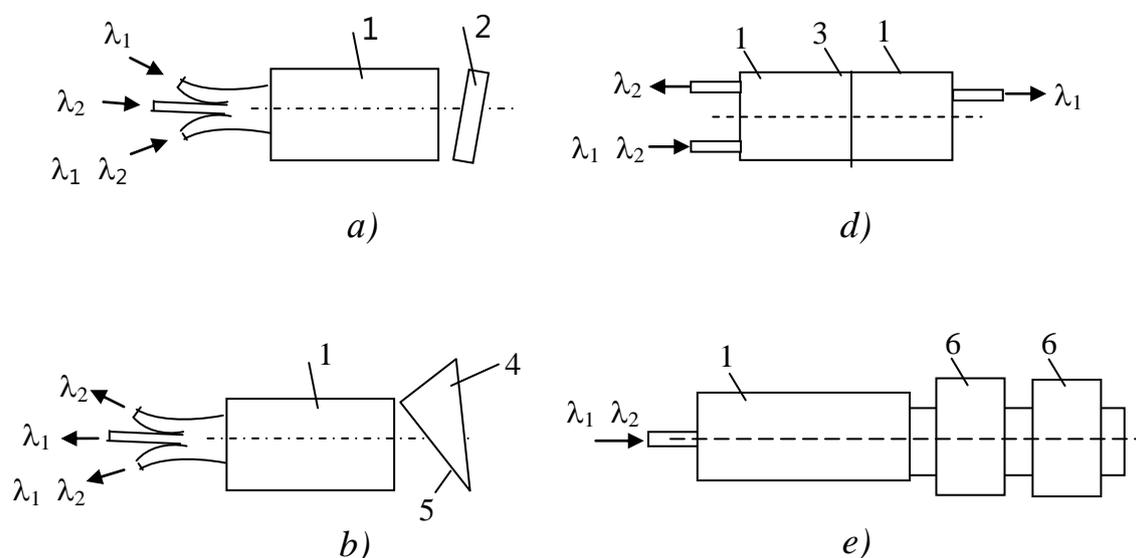
Демультимплексорлар битта толадан келаётган оптик сигналлар оқимидан турли тўлқин узунликли оптик каналларни ажратиш вазифасини бажаради

1.26,а,б-расмларда кўрсатилган демультимплексорларда каналларни ажратиш учун мос равишда панжаранинг бурчак дисперсияси ва призма ишлатилинади. 1.26,в-расмда каналлар интерференцион филтрлар ёрдамида ажратиб олинади. 1.26,г-расмда эса демультимплексор сифатида қўлланиладиган аниқ тўлқин узунликли ёруғликни ютувчи тузилиш кўрсатилган (1.26-расм).

Ҳар бир ёруғликни ютувчи, маълум тўлқин узунлигига сезгир фотодиодлардан ташкил топган. Панжара ва призмали курилмалар (1.10а,б-расм) каналларни параллел ажратувчи, филтрлар ва селектив фотодиодли курилмалар (1.26,в,г-расм) эса каналларни кетма-кет ажратувчи ҳисобланади.

Спектр бўйича зичлаштириладиган тизимлар таркибига кирадиган демультимплексорларни тузилиши, нурни тескари йўналишда тарқалишида спектрал-сезгир мультиплексорларни тузилишига ўхшаш.

Мультиплексор ва демультимплексорлар сигналларни сўнишига сезиларли таъсир қилади. Шунинг учун улар оптик кучайтиргичлар билан биргаликда қўлланилади.



1.26 -расм. Демультимплексорлар:

1-градиент цилиндрик линза; 2-дифракцион панжара; 3-хроматик филтр; 4-призма; 5-акс эттирувчи қоплама; 6-селектив фотодиодлар

## **Хулоса.**

Оптик алоқага оид асосий тушунчалар ва ТОАнинг афзалликлари, камчиликлари ва қўлланиш соҳалари келтирилган. Оптик алоқа тизимларининг тузилиш тамойилларининг асосий принциплари ритилган. ОА тизимларининг таснифи. Рақамли ва аналог ТОА тизимлари ўртасидаги тавофут ва улардаги умумийлик келтирилган. Мавжуд телекоммуникация тармоқларининг ҳудудий жойлашувига боғлиқ ҳолда магистрал, минтақавий ва маҳаллий ТОА тизимларининг тузилиши келтирилган. ТОА ни тузишда бир томонлама ва икки томонлама усуллари ёритилган. ТОА линияларини зичлаштириш усуллари ва вақт, спектрал ва частота бўйича зичлаштиришнинг ўратисидаги фарқ келтирилган.

## **Назорат саволлари**

1. Тармоқнинг тузилиши ва унинг ташкил этувчилари.
2. Глобал тармоқ тузилиши ва унинг ташкил этувчилари.
3. Магистрал тармоқ тузилиши ва унинг ташкил этувчилари.
4. Ҳудудий тармоқ тузилиши ва унинг ташкил этувчилари.
5. Оптик алоқага оид асосий тушунчаларни келтириш.
6. ТОАнинг афзалликлари, камчиликлари ва қўлланиш соҳалари
7. Оптик алоқа тизимларининг тузилиш тамойиллари
8. ОА тизимларининг таснифи. Рақамли ва аналог ТОА тизимлари.
9. Магистрал, минтақавий ва маҳаллий ТОА тизимлари
10. Икки томонлама ТОА ни тузиш усуллари
11. ТОА линияларини зичлаштириш усуллари
12. Мультиплексорлар ва демуплексорлар ишлаш принципини тушунтириш.

## 2.ОПТИК ТОЛАНИНГ АСОСИЙ ТАФСИЛОТЛАРИ. ОПТИК ТОЛАНИНГ АСОСИЙ ТУЗИЛМАСИ

### 2.1. Оптик ёруғлик узатгичлар, уларнинг турлари. Оптик толанинг тузилиши

**ТАЪРИФ:** Толали оптик алоқа (ТОА) тизимида оптик тебранишларни тарқалишини чегараловчи ва ёруғлик энергияси оқимини берилган йўналишда йўналтирувчи, узатиш ва қабул қилиш қисмларини боғлаб турувчи муҳит оптик ёруғлик узатгич дейилади. Оптик ёруғликузатгичларнинг тавсифлари қисман алоқа тизимининг сифатини аниқлайди. Шунинг учун ТОА тизимларини лойихалаштиришда нурланиш тарқаладиган узатувчи муҳит - оптик ёруғликузатгичларнинг тавсифларини ҳисобга олиш керак.

ТОА да махсус оптик ёруғлик узатгичлар қўлланилади. Кичик сўниш коэффициентига эга бўлган оптик ёруғлик узатгичлар асосида оптик сигналларни узоқ масофаларга узатишни таъминловчи оптик кабеллар яратилмоқда.

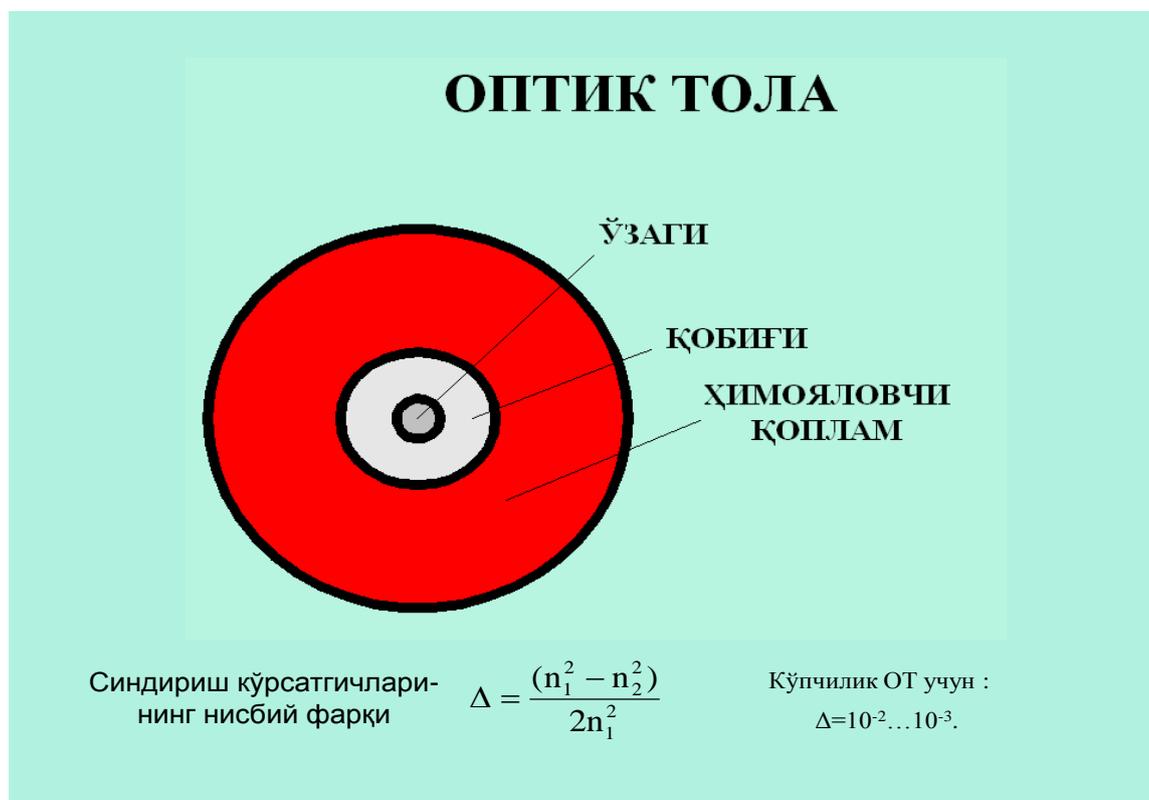
#### Нур ўтказгич толаларнинг ишлаш принциплари

Оптик кабелнинг асосий элементи вазифасини ингичка шишадан иборат бўлган цилиндр формасидаги нур ўтказувчи тола бўлиб ҳисобланади. Бундай тола бўйлаб микрон тўлқин узунлигидаги яъни  $10^{14} \div 10^{15}$  Гц частота диапазонидаги электромагнит тўлқинлар нур кўринишида узатилади. Нур ўтказувчи тола икки қатламли тузилишга эга бўлиб, ёруғлик нурлари харакатланувчи ўзак ва нурларни ташқарига чиқариб юбормаслик учун қўлланувчи қобиғдан иборат. Тола ўзагининг синиш кўрсаткичи —  $n_1$  ва тола қобиғининг синиш кўрсаткичи—  $n_2$  бўлиб, улар турли хил оптик тавсилотга эга бўлиши лозим.

Нур ўтказгичлар икки хил турда бўлади: поғонасимон ва градиент. Поғонасимон турдаги нур ўтказгичда тола ўзагининг синиш кўрсаткичи ўзгармас ҳолда бўлиб, кескин равишда  $n_1$  — ўзакдан  $n_2$ —қобиғга ўтиш хусусиятига эга. Градиент турдаги толаларда эса тола ўзагининг синиш кўрсаткичи нур ўтказгичнинг радиус марказидан то узоқ томонидаги қобиқ томон секин- асталик билан ўзгариш хусусиятига эга. Ўз навбатида поғонасимон кўринишдаги нур ўтказгичлар тола бўйлаб харакатланувчи электромагнит тўлқинлар сонига қараб кўп модали ва бир модали турларга бўлинади. Бир модали нур ўтказгичнинг ўзак диаметри тола бўйлаб харакатланувчи электромагнит тўлқин узунлиги билан баробардир ( $d \approx \lambda$ ). Шунинг учун бундай турдаги нур ўтказгич бўйлаб фақатгина бир дона (мода) тўлқин узатилади.

Кўп модали нур ўтказгичларда ўзак диаметри нур ўтказгич бўйлаб харакатланувчи тўлқин узунлигидан бирмунча катта ( $d > \lambda$ ) бўлганлиги учун бундай нур ўтказгич бўйлаб кўплаб микдорда электромагнит тўлқинлар узатиш мумкин.

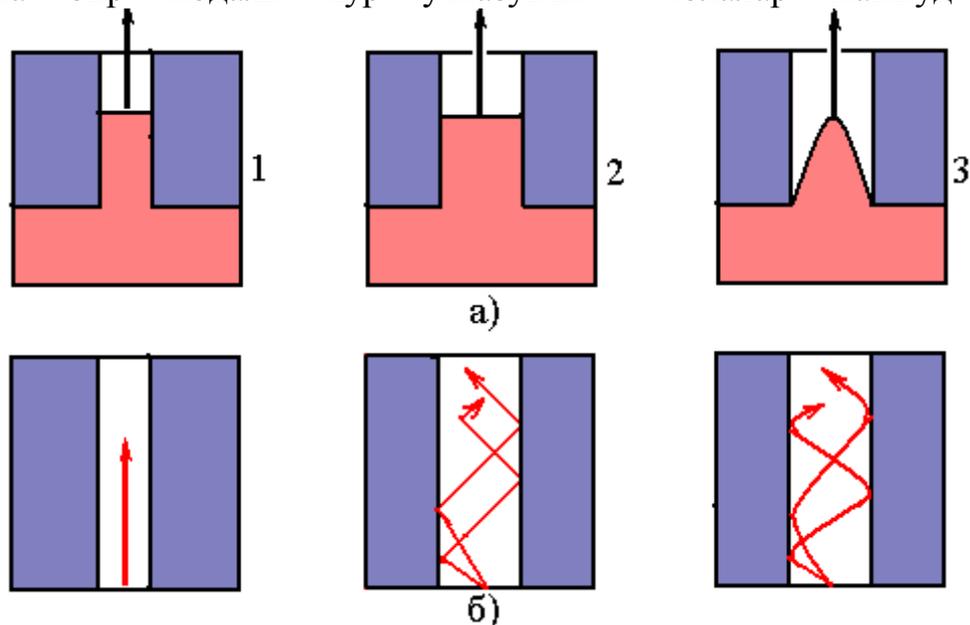
Хозирги пайтда тармоқларда қўлланувчи бир модали нур ўтказгичларнинг ўзак диаметри 8 ÷ 10 мкм ва кўп модали нур ўтказгичларнинг ўзак диаметри 50 ÷ 62,5 мкм.



## 2.1 - Расм.Оптик толанинг тузилиши

Нур ўтказгичларнинг ўзаги устидан кварцдан иборат бўлган қобик қопланиб унинг диаметри 125 мкм.Нур ўтказувчи толаларнинг мустаҳкамлигини ошириш ва монтаж жараёнида осон бўлиши учун қобик устидан муҳофазаловчи қоплам қопланади, бу ҳолда унинг диаметри 250 мкм бўлади.Демак бугунги кунда поғонасимон кўп модали, градиент кўп модали

ва бир модали нур ўтказувчи толалар мавжуд (2.2 - расм).



2.2 -расм. Нур ўтказувчи толалар: а) синиш кўрсаткич профили; б) тола бўйлаб нурларнинг ҳаракати; 1— бир модали; 2— поғонасимон кўп модали; 3— градиент кўп модали.

Бу расмдан шуни кўриш мумкинки турли хил нур ўтказгичларда ёруғлик нурларининг тарқалиши турли хил. Поғонасимон кўп модали нур ўтказгичда нурлар ўзак—қобик чегарасидан кескин равишда қайтади. Бундай ҳолатда турли нурларнинг ҳаракатланиш йули турли бўлганлиги учун бундай нурлар нур ўтказгич линиясининг охирига турли вақт оралиқларида силжиган ҳолатда етиб боради,бу эса узатилаётган сигнални бузилишига олиб келади.

Градиент нур ўтказгичлар ҳам кўп модали толалар туридан иборатдир, шунинг учун бундай нур ўтказувчи толаларда ёруғлик нурлари тўлқин кўринишдаги траектория бўйлаб ҳаракатланади. Бундай ҳолатда ҳаракатланувчи нурлардан нур ўтказгич ўқиға яқин жойлашган нурлар кенгроқ йўл бўйлаб ҳаракатланади, аммо катта синиш кўрсаткичиға эға бўлган томонида яъни, ўзак марказидан узоқ томондаги нурлар кичик синиш кўрсаткич томониға нисбатан катта ва узоқ йўл масофасини босиб ўтади. Натижада турли хил ёруғлик нурларининг ҳаракатланиш тезлиги бир—бириға яқин бўлади ва улар линия охириға бир вақт оралиғиға етиб боради. Демак, градиент кўринишдаги нур ўтказгичлар бўйлаб, узатилаётган сигналнинг бузилиши поғонасимон синиш кўрсаткичи кўринишдаги нур ўтказгичлардагиға қараганда анча кам бўлади. Параболик тақсимланишда синиш кўрсаткичининг  $n_2$  — радиус бўйича ўзгариш қонуни қуйидаги қиймат орқали аниқланади.

$$n_r = n_o \left[ 1 - 2\Delta (r/a)^2 \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

Бу ерда  $r$  — ўзгарувчан радиус;  $a$  —тола ўзагининг радиуси;  $n_o$ —нур ўтказгичнинг ўзак марказидаги синиш кўрсаткичи (тахминан 1,5 га тенг).

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} = 0,003 \div 0,01 \text{ нур ўтказгичнинг ўзак ва}$$

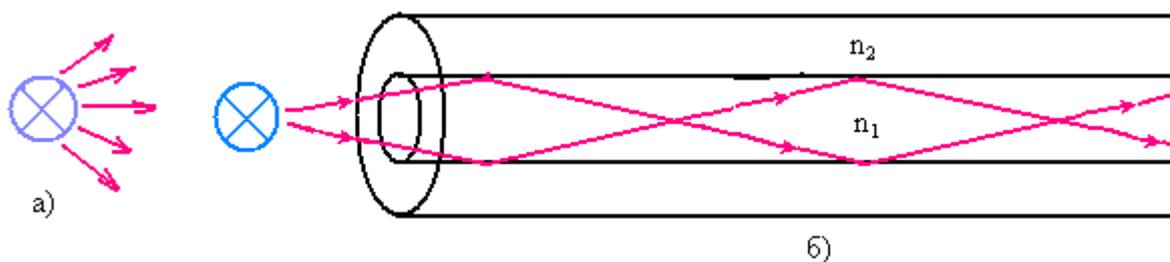
қобик синиш кўрсаткичларининг нисбий фарқи.

Нур ўтказгичнинг ўзаги электромагнит энергияларини узатиш учун қўлланади. Нур ўтказгичнинг қобиғи эса ўзак—қобик чегарасида ёруғлик нурларини яхши ҳолатда қайтариш шароитини яратади ва нур ўтказгичдаги узатилаётган энергияни ўраб турувчи мухитига тарқалиб чиқиб кетишидан муҳофазалайди.

Оптик кабелларнинг нур ўтказгичлари бўйлаб электромагнит тўлқинларни тарқалиш жараёнидаги физик процессларни кўриб чиқамиз.

Электр кабелларда электр ўтказувчанлик ва ток ўтказиш вазифасини яхши ток ўтказувчанликга ва электр қаршилиги кичик бўлган ток ўтказгичлардан иборат занжир қўлланса, оптик кабелларда эса бошқача узатиш механизми қўлланади. Бу ерда радио узаткичларидаги сингари диэлектрик ўтказувчанлик ва тоқларни силжиши механизми қўлланилади. Маълумотлар сигнали электромагнит тўлқин кўринишида диэлектр яъни нур ўтказгич орқали узатилади. Тўлқинларни йўналиши нур ўтказгичнинг турли хил синиш кўрсаткичига эга бўлган ўзак ва қобик чегарасидан қайтиши ҳисобига бўлади.

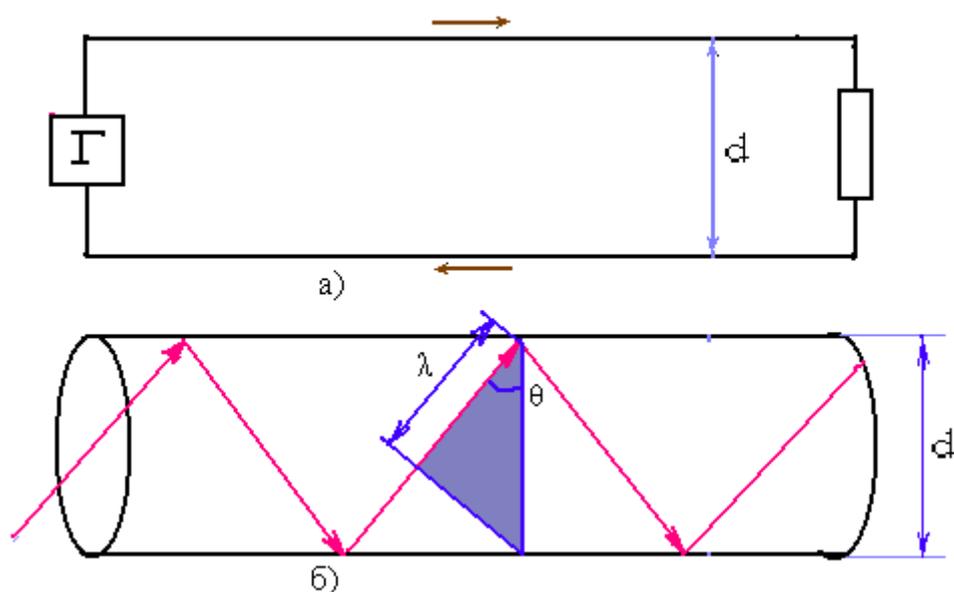
Оптик кабеллар бўйлаб узатув худди радио узатув сингари бўлиб, бу ерда тўлқин очик мухитга яъни хар томонга тарқалмасдан маълум бир йўналиши бўйича ҳаракатланади. (2.3 —расм)



2.3 – расм. Радио (а) ва нур ўтказгич (б) бўйича узатиш жараёни.

Бугунги кунда кенг равишда қўлланилаётган симметрик ва коаксиал кабелларнинг занжирлари бўйлаб электромагнит энергияларнинг узатилиши тўғри ва қарама—қарши томон йўналган ток ўтказгичлардан иборат бўлган икки ўтказгичли схема занжири бўйлаб узатилади.

Нур ўтказгичлар, тўлқин ўтказгичлар ва бошқа турдаги узатиш тизимларида иккита ўтказгич бўлмасдан узатув тўлқин ўтказгич усули бўйича яъни мухитларни ажратувчи чегарадан тўлқинларни зигзаг кўринишидаги қонун бўйича олиб борилади. (2.4—расм). Бундай бўлиниш мухит чегараси яъни тўлқинларни қайтиш чегара вазифасини, турли хил диэлектрик хусусиятларга эга бўлган металл-диэлектрик, диэлектр—диэлектр бажаради.

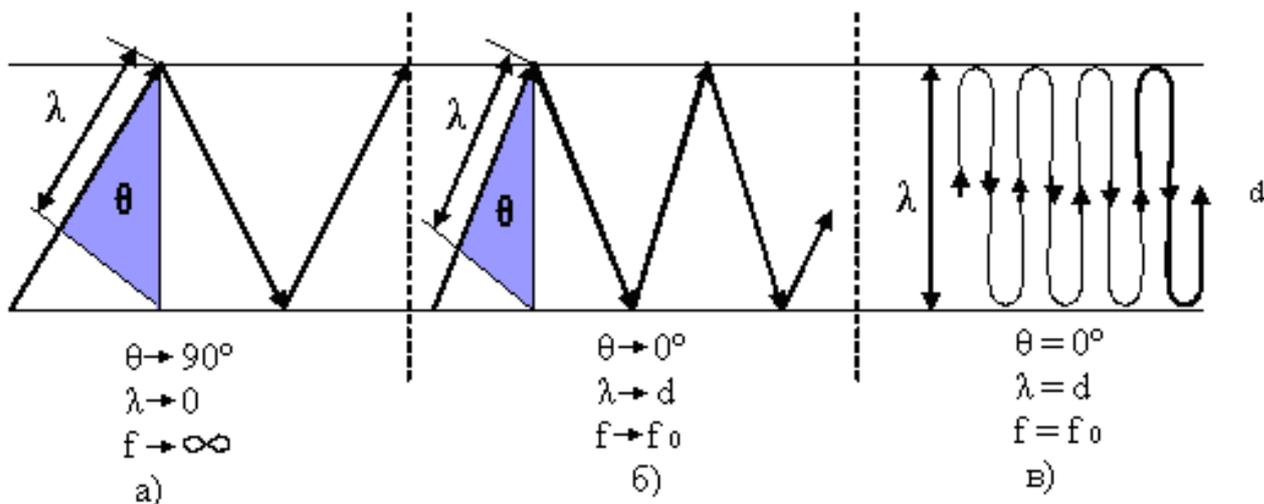


2.4 -расм. Икки ўтказгичли (а) ва тўлқин ўтказгичлар (б) тизими бўйлаб энергия узатилиши.

Тўлқин ўтказгич принципи бўйича ишлайдиган йўналтирувчи тизимларда нур ўтказгичлар, тўлқин ўтказгичлар, линия юзаси бўйича ҳаракатланувчи тўлқинлар, диэлектрик тўлқин ўтказгичлар ва шуларга ўхшаш бўлган йўналтирувчи тизимлар бажаради.

Икки ўтказгичли ва тўлқин ўтказгичли йўналтирувчи тизимларда бўлиниш чегарасини тўлқин узунлиги —  $\lambda$  ва йўналтирувчи тизимнинг кўндаланг ўлчамлари —  $d$  орқали тавсифланади. Агар  $\lambda > d$  ҳолат бўладиган бўлса, у ҳолда иккита ўтказгич зарур бўлади, улар тўғри ва қарама—қарши томонга йўналтирилган ўтказгичлар бўлиб, электромагнит узатувлар икки ўтказгичли схема бўйича олиб борилади. Агар  $\lambda < d$  ҳолат бўладиган бўлса, у ҳолда икки ўтказгичли тизим керак бўлмай, узатув турли тавсилотларга эга бўлган бўлиниш чегарасидан кўплаб маротаба зигзаг кўринишидаги тўлқинларни қайтиши ҳисобига бўлади. Шунинг учун тўлқин ўтказгичлар тизимида (нур ўтказгичлар, тўлқин ўтказгичлар ва бошқа йўналтирувчи тизимлар) узатувлар асосан ўта юқори частоталар (ЎЮЧ) диапазонида рўй беради, чунки бундай ҳолатда тўлқин узунлик йўналтирувчи тизимнинг кўндаланг ўлчам диаметридан кичик. Бундан ташқари оптик нур ўтказгичлар бўйлаб узатувлар жараёнида нур ўтказгичнинг ўзак—қобик чегарасида тўлқинларнинг тўлиқ ички қайтиш режими сақланиши лозим.

2.5 —расмда икки қатламли нур ўтказгич тола бўйлаб электромагнит тўлқинларни тарқалиб ҳаракатланиш жараёни кўрсатилган.



2.5 —расм. Жуда ҳам юкори (а), юкоридан кичик бўлган (б) ва критик (в) частоталарида нур ўтказгичлар бўйлаб электромагнит тўлқинларнинг тарқалиши.

Бу расмда тўлқинлар нур ўтказгичнинг кўндаланг юзаси бўйича  $\theta$  — бурчагини ҳосил қилади ва бундай тўлқин ўзак—қобикни ажратувчи чегарадан кўплаб маротаба  $2\theta$  бурчак остида қайтади. Тўлқин узунлиги —  $\lambda$ , нур ўтказгичнинг ўзак диаметри —  $d$  ва  $\theta$  —бурчак оралиғида қуйидаги нисбийлик мавжуд:

$$\cos\theta = \lambda/d \quad (2.2)$$

2.5—расмда электромагнит тўлқинларни кичик тўлқин узунлик яъни  $\lambda \rightarrow 0$  (2.4а—расм) ва тўлқин узунлик нур ўтказгич диаметрига яқин бўлган  $\lambda \rightarrow d$  ҳолатда (2.4 б—расм) тарқалиши кўрсатилган. Биринчи  $\lambda \rightarrow 0$  ва  $f \rightarrow \infty$  ҳолатда  $\theta \rightarrow 90^\circ$  бурчакда қайтувчи тўлқинлар кам бўлиб, бундай тўлқинлар нур ўтказгич бўйлаб тўғри чизиқли ҳаракатда бўлади ва узатув нур ўтказгич бўйлаб ҳаракатланади. Иккинчи  $\lambda \rightarrow d$ ,  $f \rightarrow f_0$  ҳолатида эса  $\theta \rightarrow 0^\circ$  бурчакда нур ўтказгич бўйлаб ҳаракатланувчи тўлқинлар кўплаб маротаба ўзак—қобик чегарасидан қайтади ва унинг ҳаракатланиши биринчи ҳолатдагидан бирмунча камроқ, бундай ҳолатда нур ўтказгич бўйлаб энергия бирмунча камроқ равишда узатилади.

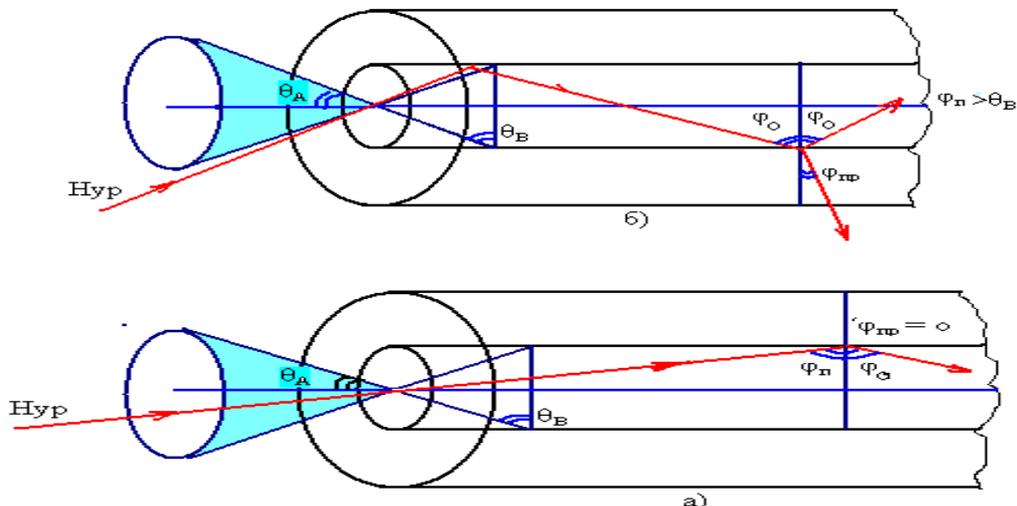
Маълум бир тўлқин узунликда (2.4 в—расм) шундай режим бўлиб, унда  $\theta = 0^\circ$  бўлган ҳолда тўлқин нур ўтказгич қобикни устига тушади ва перпендикуляр равишда қайтади. Бундай ҳолатда нур ўтказгич ичида тўлқинларнинг турувчи турғун режими бўлиб унда энергия нур ўтказгич бўйлаб бутунлай ҳаракатланмайди ва бундай ҳолат критик тўлқин узунлиги ҳолати —  $\lambda_0 = d$  деб юритилади ва критик частота қуйидагича аниқланади.

$$f_0 = c/\lambda_0 = c/d \quad (2.3)$$

Шундан хулоса қилиш мумкинки нур ўтказгич бўйлаб фақатгина нур ўтказгич диаметридан кичик бўлган тўлқин узунликдаги электромагнит тўлқин ( $\lambda < d$ ) ҳаракатланиши мумкин.

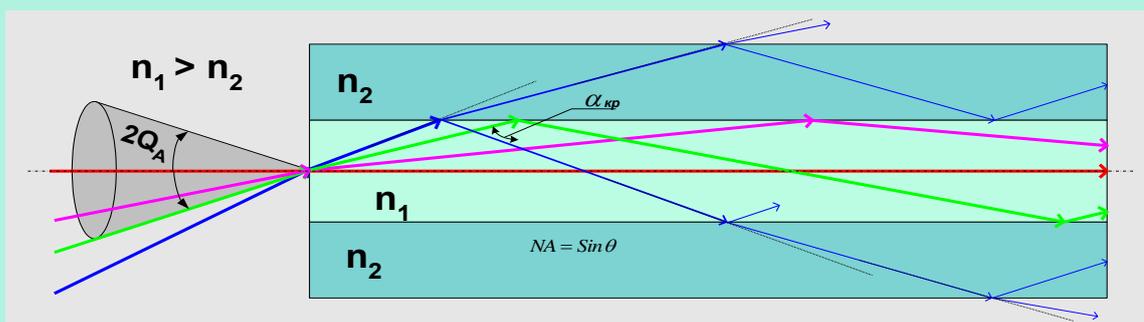
Аммо нур ўтказгичда ўзак—қобик бўлиниш чегараси вазифасини шавоф шиша бажаради, шунинг учун бундай бўлиниш чегарасида оптик нурлар

тўлиқ равишда қайтмасдан нур ўтказгичнинг қобиғи ичига ҳам кириб, ундан қайтиш хусусиятига эга. Узатилаётган энергияни қобиқ ичига кириб кетмаслиги учун ва бутун узатилаётган энергия тарқалиш муҳити бўйлаб тўлиқ равишда ҳаракатланиши учун тўлиқ ички қайтиш шарти бажарилиши лозим, бундай шарт бажарилишини икки қатлами нур ўтказгич учун қўлланиши 2.5 -расмда кўрсатилган.



2.6—расм. Нур ўтказгич толанинг ишлаш принципи: а) нур апертура бурчаги оралиғида; б) нур апертура бурчагидан ташкарида.

## Оптик толанинг апертураси



Сонли апертура

$$NA = \text{Sin } \Theta_A$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx n_1 \sqrt{2\Delta}$$

Синдириш кўрсаткичларининг фарқи

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

2.7—расм. Оптик толанинг апертураси

Геометрик оптика қонунлари бўйича умумий кўринишдаги ўзак—қобик чегарасига тушаётган тўлқин  $\varphi_T$ — бурчак остида бўлади, қайтган тўлқин эса  $-\varphi_0$  бурчак остида бўлса ва ўзак—қобик чегарасида синган тўлқин  $\varphi_{\text{син}}$  бурчак остида бўлади. Бизга маълумки катта зичликга эга бўлган мухитдан кичик зичликка эга бўлган мухитга ўтишда яъни  $n_1 > n_2$  ҳолатда маълум бир бурчак остида тушаётган тўлқин тўлиқ равишда қайтади ва бошқа мухитга ўтмайди, бу эса синган нур йўқлигини билдиради. Мухит чегарасида бутун энергия қайтиш яъни  $\varphi_T$  —тушиш бурчагида,  $\varphi_T = \theta_{\text{ички}}$  ички қайтиш бурчаги деб аталади. Тўлиқ ички қайтиш бурчаги қуйидагича аниқланади:

$$\sin \theta_{\text{ички}} = n_2 / n_1 = \sqrt{\mu_2 \varepsilon_2 / \mu_1 \varepsilon_1} \quad (2.4)$$

бу ерда:  $\mu_1$  ва  $\varepsilon_1$  — нур ўтказгич ўзагининг магнит ва диэлектрик сингдирувчанлиги;

$\mu_2$  ва  $\varepsilon_2$  — нур ўтказгич қобиғининг магнит ва диэлектрик сингдирувчанлиги;

$n_1$  — нур ўтказгич ўзагининг синиш кўрсаткичи;

$n_2$  — нур ўтказгич қобиғининг синиш кўрсаткичи.

Агар  $\varphi_T \geq \theta$  ички ҳолат бўладиган бўлса, у ҳолда нур ўтказгичнинг ўзагига тушувчи энергия тўлиқ равишда қайтиб нур ўтказгич бўйлаб зигзаг кўринишда тарқалиб ҳаракатланади. (2.7 а—расм) Тўлқиннинг тушиш бурчаги қанчалик катта бўладиган бўлса, яъни  $\varphi_T > \theta_{\text{ички}}$  ҳолати бўлиб, унинг қиймати  $0^\circ$  билан  $90^\circ$  оралиғида бўладиган бўлса, у ҳолда тарқалиш шароити яхши бўлиб, тарқалаётган тўлқин тезда қабул қилувчи томонга етиб боради. Бу ҳолда бутун энергия нур ўтказгич ўзаги ичида йиғилиб, умуман ўраб турувчи мухит бўйлаб ҳаракатланмайди.

Агар нур тўлиқ ички қайтиш бурчагидан кичик бўладиган бўлса, яъни  $\varphi_T < \theta_{\text{ички}}$  ҳолатида у ҳолда энергия нур ўтказгичнинг қобиғига кириб бориб, мухитни ўраб турувчи бўйлаб ёйилади ва умуман ўраб турувчи мухит бўйлаб ҳаракатланмайди. Чунки синган нур ҳосил бўлади (2.7 б—расм). Тўлиқ ички қайтиш режимида толанинг нур кировчи қисмига ёруғлик нури кириш шартини бажаришни таъминлайди. 2.7—расмда кўрсатилганидек нур ўтказгич тўлиқ ички қайтиш бурчаги остида бўлса яъни  $\theta_{\text{ички}}$  ички бурчак оралиғидаги ёруғлик нури ўтказади. Бундай оралик бурчаги — QA нур ўтказувчи толанинг апертурасини тавсифлайди. Апертура деб оптик ўқ билан битта ёруғлик конусини ҳосил қилувчи орасидаги бурчак остида нур ўтказгич толанинг кировчи томонига тушувчи бурчак томонига айтилади ва бу ҳолатда тўлиқ ички қайтиш шarti бажарилади.

Толали оптик алоқа линиясида сонли апертура тушунчаси қўлланади ва қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$NA = n_0 \sin \theta_{\text{ички}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.5)$$

бу ерда:  $n_0$ — хавонинг синиш кўрсаткичи;

$n_1$  - нур ўтказгич ўзагининг синиш кўрсаткичи;

$n_2$ — нур ўтказгич қобиғининг синиш кўрсаткичи.

Агар хавонинг синиш кўрсаткичини билган холда, у  $n_0=1$  бўлса — у холда сонли апертура қуйидаги аниқланади:

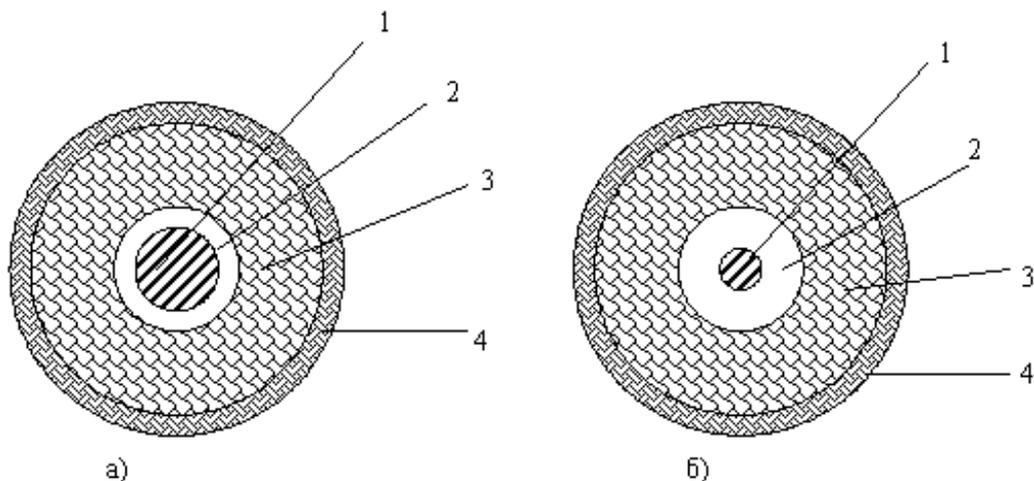
$$NA = n_0 \sin Q_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.6)$$

19.5 — расмдан кўришиб турибдики тўлиқ ички қайтиш бурчаги —  $\theta$  ички ва нурнинг апертура тушиш бурчаги —  $\theta_A$  орасида ўзаро боғланиш мавжуд. Демак тўлиқ ички бурчаги —  $\theta$  ички қанчалик катта бўлса, нур ўтказгич толанинг апертура бурчаги —  $\theta_A$  шунчалик кичик бўлади.

Оптик толали алоқа линиясида иложи борича нур ўтказгичнинг ўзак—қобик чегарасига тушувчи нур — фТУШ бурчаги тўлиқ ички қайтиш бурчагидан —  $\theta$  ички катта бўлиши ва  $\theta$  ички — бурчакга  $90^\circ$  бурчак оралиғида бўлиб, нурларни нур ўтказгичнинг кирувчи юзасига тушувчи нур бурчаги апертура бурчаги —  $\theta_A$  оралиғида бўлиши керак ( $\theta \leq \theta_A$ ).

## 2.2. Оптик тола турлари.

Магистрал, минтақавий, маҳаллий ва структурлаштирилган кабел тармоқларидаги алоқа линияларида асосан иккита турдаги кварцдан тайёрланган оптик толалар қўлланади, булар кўп модали ва бир модали (2.8— расм ).



2.8 — расм. Оптик толанинг тузилиш структураси:

а) кўп модали; б) бир модали:

1 — тола ўзаги; 2 — тола қобиғи; 3 — мухофозаловчи қоламнинг ички қатлами; 4 — мухофозаловчи қоламнинг ташқи қатлами.

## 2.3. Бир модали толалар

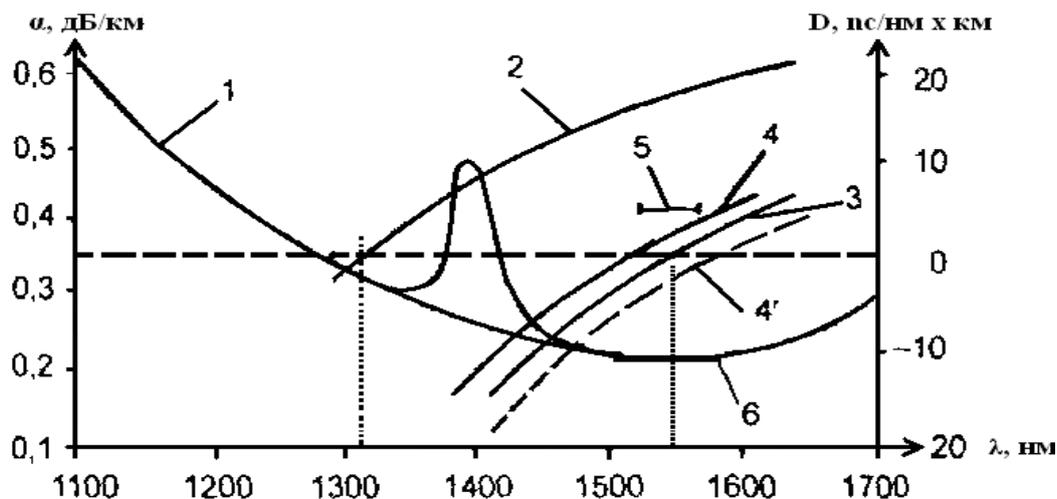
Ўтказиш полосасини ва узатилаётган сигнал масофасини оширишга бўлган талаб, бир модали оптик толани яратишга имкон яратиб берди. Бир модали толаларнинг ўзак диаметри, ҳамда толанинг ўзак ва қобиғининг

синиш кўрсаткичларига нисбатан шундай қилиб танлангки, бундай толада фақатгина бир дон мода харакатланади (аслида эса бундай толада бири-бирига нисбатан поляризацияси ортогонал ҳолатда икки мода харакатланади).

Магистрал ва минтақавий алоқа тармоқларини узатиш тезликларини оширишда ва узатув масофасини ошириш йўналишида бир нечта турдаги бир модем толалар яратилган бўлиб, уларни хроматик дисперсияси бўйича бир неча сиперлар бўлиши мумкин. ХЭИ – Т тавсияларида бундай турдаги толаларнинг параметрлари эътиборга олинган [2.3. бўлимга қаранг].

1310 нм тўлқин узунлигида қўлланиш учун дисперсияси оптимизацияланган бир модалли тола (ХЭИ-Т G 652 тавсифи). Тарихий томондан қарайдиган бўлсак, бу тола биринчилардан бўлиб ҳисобланади ва кенг равишда тарқалган тола бўлиб, у магистрал ва минтақавий алоқа тармоқлари учун 1983 йилдан бошлаб ишлаб чиқарилмоқда.

1285...1330 нм ва 1530...1565 нм бўлган иккита ишчи тўлқин узунликларида ишлаш учун мўлжалланган стандартлаштирилган бир модалли тола, унинг сўниш қиймати 1550 нм тўлқин узунлигида 0,2 дБ/км бўлган кичик миқдорга эга бўлиши билан бирга бундай тўлқин узунликда дисперсия қиймати 18...20пс/км ни ташкил этади (2.9-расм).



2.9 – расм. Турли бир модалли толаларнинг сўниш коэффициенти ва дисперсия тафсилотлари,бу ерда :

1 – оптик толанинг сўниш коэффициетини тўлқин узунликга боғлиқлиги; 2 – стандарт бир модалли толанинг дисперсия тафсилоти; 3 – 1550 нм тўлқин узунликда дисперсия чегарасига силжитилган оптик толанинг дисперсия тавсилоти; 4 ва 4' – дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган оптик толанинг дисперсия тавсилоти. 5 – эрбии қопламга эга бўлган оптик кўчайтиргичли толанинг спектр кенглиги. 6 – оптик толанинг минимал сўниш қийматидаги спектр кенглик

Бундай турдаги оптик толанинг янги модификациясида чўққининг бўлмаслигида бўлиб, 1383 нм тўлқин узунлигида сўниш коэффициенти 0,31 дБ/км қийматга тенг бўлиши билан бирга унинг сўниш қиймати водородли эскириш бўйича тадқиқотдан сўнг ўзгармайди. Бундай турдаги OFS фирмаси

AllWare русмли, Corning фирмаси SMF28E русмли толаларни стандартлаштирилган бир ишчи тўлқин узунлигини 100нмга яқин кенгайтириш хисобига 1360...1460 нм тўлқин узунликлар ораликларида бешинчи шаффофлик дарчасини очилишга сабаб бўлганлиги учун бундай толалар ёрдамида кўп каналли узатувларда дисперсияни компенсация қилмаган ҳолда шахар ва минтақавий тармоқларда қўлланмоқда. Бундай турдаги толаларнинг стандартлаштирилган бир модали толаларга нисбатан солиштирганда унинг афзаллиги 1260...1625 нм тўлқин узунлик диапазолида 12 та CWDM каналлари ўрнига 16 та арзон каналларни ташкил этиш мумкинлигидадир. Бу толалар ХЭИ-Т нинг G.652 тавсифига тўлиқ равишда жавоб бериши билан бирга тўлиқ равишда стандартлаштирилган бир модали толалар билан ва бугунги кунда қўлланаётган ускуналар билан мослашган бўлиб алоқа тизимларида стандартлаштирилган бир модала толаларни алмаштирилиши мумкин.

*Дисперсияси 1550 нм тўлқин узунлигига силжитилиб нол бўлган бир модали тола.* ХЭИ-Т нинг G.653 тавсифига тўлиқ равишда жавоб беради. Оптик йўқотувчанлигининг минимуми хроматик дисперсияси минимум қийматга эга бўлган областга тўғри келади (2.5-расм). Бундай турдаги тола оптик кучайтиргичлар билан мослашган, чунки толанинг сўниши ва дисперсиясининг бир мунча яхши бўлган параметрлари эрбий билан лойихалаштирилган. Оптик кучайтиргичларнинг максимал кучайтириш полосаси билан тўғри келади.

*Дисперсияси 1550 нм тўлқин узунлигига силжитиб нол бўлмаган бир модали тола.* ХЭИ-Т нинг G.655 тавсифига тўғри келади. Бундай турдаги бир модали толани ишлаб чиқаришга асосий сабаб алоқа линияларида эрбийли оптик кучайтиргичларни тадбиқ этиш билан ва каналларни спектрал зичлаштиришга эга бўлган оптик тизимларни ривожланиши билан боғлиқ бўлиб, у ўз навбатида каналларни тан нархини камайишига олиб келди. Аммо эрбийли оптик кучайтиргичларни бир вақтнинг ўзида 1550 нм тўлқин узунлигида диапазолида кучайтиргич, кварцли толаларда 100 мВт ва ундан юқори бўлган сигнал қувват сатхини юқорилиги ҳамда регенерация участка узунлигини 120 ва ундан ортиқ бўлишлиги ночизикли оптик эффект бўлишга олиб келмоқда. Ночизикли ўзаро таъсирлар сигналларни бузилишига (исключения) олиб келади ва бутун регенерация участка узунлиги бўйича йиғилиб боради. Хроматик дисперсиясини нолдан ажратувчи миқдорларда бўлишини назоратловчи бир модели толаларда бу қиймат 0.1...6.0 пс/нм.км ораликда бўлиши 1530...1560 нм бўлган оптик кучайтиргич спектрига тўғри келиши учун тўрт тўлқинли силжиш камайитириш учун ишлаб чиқарилди. Бу эса тенг равишда канал частотасини ажратиб бўлиб чиқиш айниқса спектрал зичлаштириб узатув тизимлари учун хавфли бўлиб ҳисобланади. Дисперцион эгилиш чизиги кичик равишда эгилиш хисобига ва сўниш коэффициентини кичик бўлишлиги хисобига бу толани 1530...1625 нм бўлган кенг диапазонда қўллаш имконини беради. Толанинг структураси хисобига унинг дисперсия қиймати тўлқин силжиш эффектини йўқотиш анча кичик шунинг учун 10Гбит/с га қадар бўлган узатиш тезлигидаги

маълумотларни катта масофаларга узатиш учун дисперсия компенсияланмайди.

Дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган толанинг асосий тавсилотларидан бири бундай турдаги толаларнинг эффектив кўндаланг ночизикли эффектларни камайтиришини тола ичига киритилувчи ёруғлик нур қувватини ва линия узунлигини камайтирмаган ҳолда эриши мумкин. Бундай ҳолатда толанинг синиш кўрсаткич профилларининг оптимизацияси тола тайёрлашда технологияни ҳозирги кун талабига жавоб берувчи ҳолда олиб бориб, унда тола кўндаланг юзасининг эффективлигига эришиш дисперсиянинг эгилиш чизигини кичрайтириш ва оптик йўқотувчанликни микро ва макро эгилишлардаги нурланишни камайтириш ҳисобига эришилади. Бундай турдаги толага мисол қилиб LEAF русмли тола тўғри келади. Corning фирмаси томонидан тайёрланган бундай толанинг эффектив кўндаланг кесим юзаси 72 мкм<sup>2</sup> бўлади. Бундан ташқари OFS фирмаси сув ости оптик кабеллари учун True Wave XL русмли толаларни ишлаб чиқармоқда. Бундай турдаги оптик толаларга Corning фирмаси томонидан ишлаб чиқарилувчи Metro Cor русмли толаларга ҳам таалукли бўлиб, улар 1530...1605 мкм тўлқин узунликлар диапозонида манфий кийматдаги бир мунча кичик дисперсияга эга. Бу эса стандартлаштирилган бир модали дисперсияга нисбатан кичикдир. Бундай турдаги толаларда спектр бўйича зичлаштирилган DWDM тизимлар ёрдамида кўп каналли тизимни яратиш мумкин. Metro Cor туридаги толанинг мода майдони унчалик катта бўлмай у 8 мкмни ташкил этади, бу эса дисперсия эгилиш чизигини камайтирган ҳолда дисперсия киймати нол бўлган ҳолатни 160 нмга қадар ўнг томонга суриб уни 1640 нмга етказиш мумкин.

#### 2.4. Кўпмодали тола

Кўп модали толалр икки хил кўринишга эга:

- тола ўзагининг синиш кўрсаткич профили зинасимон (поғонасимон) кўринишда;

- тола ўзагининг синиш кўрсаткич профили градиент кўринишда.

*Синиш кўрсаткич профили зинасимон кўринишидаги кўп модали* толада бир вақтнинг ўзида кўплаб модалар ёки турли бурчак остида толага киритилган ёруғлик нурлари характерланади. Бундай турдаги толанинг камчилиги модалараро дисперсия бўлиб, у тола ичида турли модаларни турли хил оптик йўл босиб ўтиши ҳисобига ҳосил бўлади.

Градиент кўринишдаги синиш кўрсаткич профилига эга бўлган кўп модали толалрда тола ўзагининг синиш кўрсаткичи тола ўзак марказидан тола қобиғи чети томон секин – асталик равишда ўзгариши қуйида келтирилган қонун асосида бўлиб ўтади.

$$n(r) = n_1 [1 - 2\Delta (r/a)^g]^{1/2} \quad (2.7)$$

бу ерда:  $r$  – жорий радиус;  $a$  – тола ўзак радиуси,  $n_1$  – тола ўзак марказидаги синиш кўрсаткичи;  $\Delta$  - синиш кўрсаткичларининг нормаллаштирилган фарқи;  $g$  – синиш кўрсаткич профили формасини

аниқлаштирувчи параметр,  $g = \infty$  бўлганда зинасимон профил бўлса,  $g = 2$  бўлганда эса параболик профил бўлади.

Оптик толада параболик траектория бўйича ҳаракатланувчи модалар учун (3) тенглама асосида уларнинг турли хил ҳаракатланиш йўллари бўладиган бўлса, у ҳолда модалараро дисперсияси зинасимон профилидаги синиш кўрсаткичларидаги толаларга нисбатан бир мунча кам бўлади.

Кўп модалар тодалар ишлатилиш 850 ва 1310 нм бўлган тўлқин узунликлари қийматлари учун оптимизацияланган, шунинг учун бундай толаларнинг ўзак диаметри бир мунча каттароқ бўлиб, улар 50 мкм бўлган стандарт ва 62,5 дан 100 мкм ораликларда бўлган толалар махсус мақсадлар учун қўлланади. Бундан ташқари кўпмодалар толалар 0,2 ... 0,37 гача катта бўлган сонли опертурага эга бўлганлиги учун тола ичига катта қувватли энергияни киритиш билан бирга толаларни монтаж жараёнида толаларни бири-бири билан улаш операциясини бир мунча енгиллаштиради. Синиш кўрсаткич профилини параболик формада бўлиши ҳисобига 400 ... 1000 мГцкм бўлган қийматда ўтказиш қобилиятида бўлиш эса катта кенгликдаги ўтказиш полосалигини таъминлайди. Шунинг учун, кўп модели толалар асосан локал ва бино ичида тармоқларида кенг равишда қўлланилмоқда.

Юқори тезликдаги локал алоқа тармоқларини яратишда Gigabit Ethernet (IEEE 802.32) туридаги протоколларни ишлатилиши лазерли манбаларни қўллашга асосланиб у ўз навбатида янги сериядаги кўп модалар толаларни яратишга олиб келди. Бундай Corning компаниясининг Infinicor русми, OFS фирмасининг GigaGuide Lazer Wave русмлари ҳақида Alcatel фирмасининг Multimode Glight русмили толалар ёрдамида 1 дан 10 бит/с бўлган узатиш тезликларини маълум бир катта масофаларга узатишдан ташқари келажакда бундан толалар бўйлаб узатиш тезликларини ошириш мумкин. Янги турдаги оптик толаларни тўлиқ равишда кўп модели локал тармоқларда узатиш воситалар ва аппаратуралар билан ишлатилмоқда.

## 2.5. Оптик толаларнинг параметрлари

### Нур ўтказгич толанинг тўлқин узунлиги ва критик частотаси

Аввал кўриб чиқилганидек, тўлқин узунлиги  $\lambda$  ва нур ўтказгичнинг ўзак диаметри  $d$  орасида  $\cos\theta = \lambda/d$  қиймати мавжуд бўлиб, бу ерда  $\theta$  — ўзак—қобик бўлинувчи чегарасига тушувчи тўлқиннинг тушиш бурчагидир. Агар  $\cos\theta = \sqrt{1 - \sin^2\theta}$  ифодани эътиборга олиб ҳамда тўлиқ ички қайтиш шартини  $\sin\theta = n_2/n_1$  қўлласак, у ҳолда  $\cos\theta = \sqrt{1 - (n_2/n_1)^2}$  ҳосил бўлади. Агар келтирилган ифоданинг унги томонидаги қисмини тенглаштирадик, у ҳолда

$$\lambda_0 / d = \sqrt{1 - (n_2 / n_1)^2}$$

ҳосил бўлади. У ҳолда нур ўтказгичнинг критик тўлқин узунлиги:

$$\lambda_0 = d \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \frac{d}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.8)$$

$$\text{критик частота эса: } f_0 = \frac{V_1}{\lambda_0} = \frac{V_1}{d} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}} = \frac{C}{d} \cdot \frac{1}{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \quad (2.9)$$

бу ерда:  $n_1$ — нур ўтказгичнинг ўзагини синиш кўрсаткичи;  
 $n_2$ — нур ўтказгичнинг қобиғини синиш кўрсаткичи;  
 $V_1 = C/n_1$ — нур ўтказгичнинг ўзаги бўйлаб ҳаракатланувчи  
тўлқиннинг тезлиги;  
 $C$ — ёруғлик тезлиги;  
 $d$ — нур ўтказгичнинг ўзак диаметри.

Нур ўтказгич бўйлаб кўплаб турли хил тўлқинларни тарқалишини эътиборга оладиган бўлсак, у холда  $f_0$  ва  $\lambda_0$  қийматларни аниқлайдиган формулаларга тўлқин турини таснифловчи  $P_{nm}$  параметрини киритиш мумкин. У холда

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot C}{\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{P_{nm} \cdot n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

натижавий формула қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot C}{\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{P_{nm} \cdot n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.10)$$

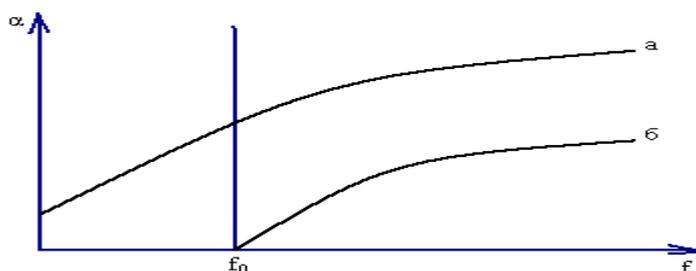
бу ерда:  $P_{nm}$ — нур ўтказгич бўйлаб ҳаракатланувчи тўлқин тури;  
 $n$ — нур ўтказгич параметри бўйлаб майдон ўзгаришини кўрсатувчи сон;  
 $m$ — нур ўтказгич диаметри бўйича майдон ўзгаришини кўрсатувчи сон.

Турли хил тўлқинлар (модалар) учун  $P_{nm}$ — параметри қуйидагича:

$E_{01} = 2.405$ ;  $HE_{12} = 3.83$ ;  $HE_{21} = 2.405$ ;  $EH_{21} = 5.136$  ва ҳақозо. Олинган қийматлардан шуни хулоса қилиш мумкинки нур ўтказгич тола ўзагини диаметри қанчалик катта бўладиган бўлса, нур ўтказгичнинг ўзак синиш кўрсаткичи  $n_1$  ҳамда қобиқ синиш кўрсаткичи  $n_2$  бир—биридан қанчалик фарқ қилса, критик тўлқин узунлик шунчалик катта бўлади ва критик частота шунчалик кичик бўлади. Келтирилган ифода асосида ва кўрсатмалар шуни кўрсатадики  $f_0$ — критик частотадан юқори бўлган частоталарда майдоннинг бутун энергияси нур ўтказгичнинг ўзаги ичида йиғилиб у бўйлаб эффектив равишда тарқалади. Бизга маълумки турли йўналтирувчи тизимлар бўйлаб энергия узатилаётган пайтда у узатилаётган частотага боғлиқ.

Одатда икки ўтказгичли ва тўлқин ўтказгичли йўналтирувчи тизимларнинг частотавий диапазони турли хил. Тўлқин ўтказгичлар тизим қандайдир критик частота яъни чегаравий (отсечки) частотасига  $f_0$  эга. Тўлқин ўтказгичлар бундай чегаравий  $f_0$  частотада юқори частотали филтр каби иш бажаради ва у бўйлаб  $\lambda_0$  — тўлқин узунликдан катта бўлган тўлқин узатилиши мумкин. Икки ўтказгичли тизимлар эса бундай чегаравий чекланишдан мустасно бўлиб, у бўйлаб бутун частота диапазони яъни нолдан

ва ундан юқори бўлган энергия узатилади, шунинг учун бундай тизимларда суниш яъни йўқотувчанлик анча юқори қийматларга эга.



2.10—расм. Икки ўтказгичли (а) ва тўлқин ўтказгич (нур ўтказгич) (б) тизимлар бўйлаб энергия узатилишни частотага боғлиқлиги.

Нур ўтказгичли оптик техникасида кенг равишда нормаллаштирилган частота ишлатилади, бундай частота нур ўтказгичнинг ўлчамлари— $a$ , тўлқин узунлиги— $\lambda$  ва нур ўтказгичнинг ўзак ва қобиқ  $n_1$  ҳамда  $n_2$  синиш кўрсаткичлари билан боғлиқ. Нормаллаштирилган частота -  $V$  қуйидаги формула билан аниқланади:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.11)$$

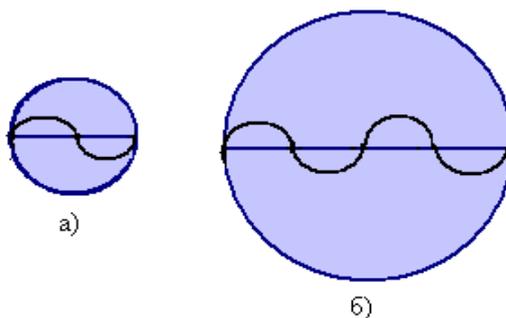
бу ерда:  $a$  - нур ўтказгичнинг ўзак диаметри;  $\lambda$  - тўлқин узунлиги;  $n_1$  - тола ўзагининг синиш кўрсаткичи;  $n_2$  - тола қобиғининг синиш кўрсаткичи.

### Нур ўтказгичлардаги тўлқинлар турлари

Оптик толали алоқа техникасида нур ўтказгичлар бўйлаб ҳаракатланувчи электромагнит майдон тўлқинлари — мода деб юритилади.

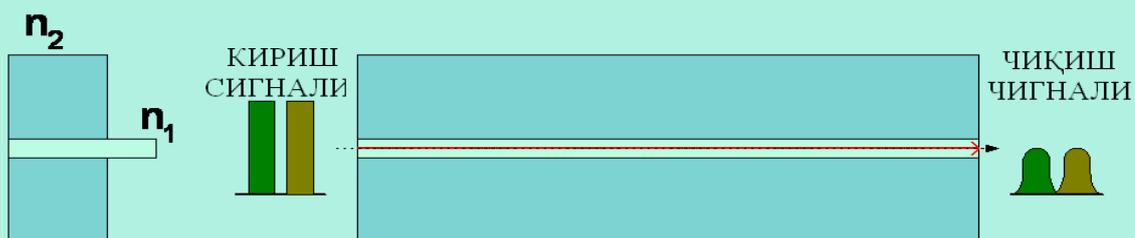
Одатда нур ўтказгичлар бўйлаб жуда ҳам кўплаб турли хил тўлқинлар тарқалиши мумкин. Нур ўтказгичнинг ўзак диаметри ошиб бориши ва тўлқин узунлигининг камайиши билан у бўйлаб тарқалувчи тўлқинлар сони ошиб боради. 19.7—расмда  $d \approx \lambda$  ҳолати учун нур ўтказгич узаги ичида фақатгина бир дон тўлқин жойлашади. Бундай ҳолат бир модали узатишга тўғри келади (мисол учун  $E_0$ )

Бугунги кунда тўлқин узунлиги  $\lambda = 0.8 \div 1.6$  мкм бўлган ҳолатларда диаметри  $8 \div 10$  мкм бўлган ўзакдан иборат нур ўтказгичлар бир модали режим учун қўлланса,  $d = 50$  мкм бўлган диаметрдаги нур ўтказгичлар кўп модали узатув режимларида қўлланади.



2.11-расм. Бир модали (а) ва кўп модали (б) узатувлар.

### ПОҒОНАСИМОН БИР МОДАЛИ ТОЛА



$d = 8,5\text{мкм}$   
 $D = 125\text{мкм}$   
 $n_1 = 1,46$   
 $\Delta = 0,003$   
 бўлган холда

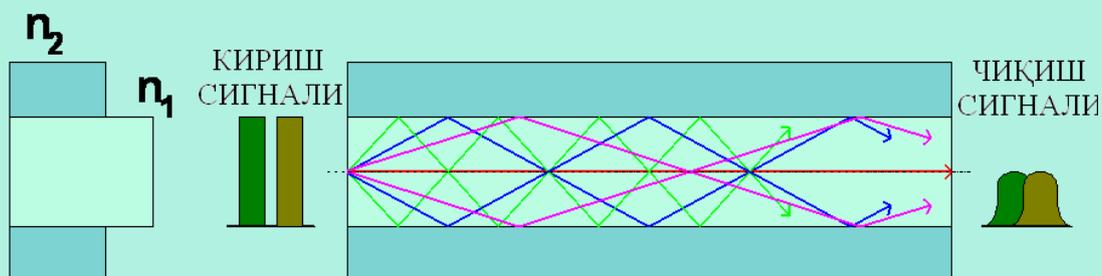
$$\sin \Theta = NA \approx 0,113 \quad \Theta \approx 6,5^\circ$$

$$V = \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot NA = 3,14 \times 8,5 / 1,55 \times 0,113 \approx 1,94$$

Модалар сони  $N = (1,94)^2 / 2 \approx 1,89$  бўлади

2.12-рasm Поғонасимон бир модали тола

### Поғонасимон кўп модали тола



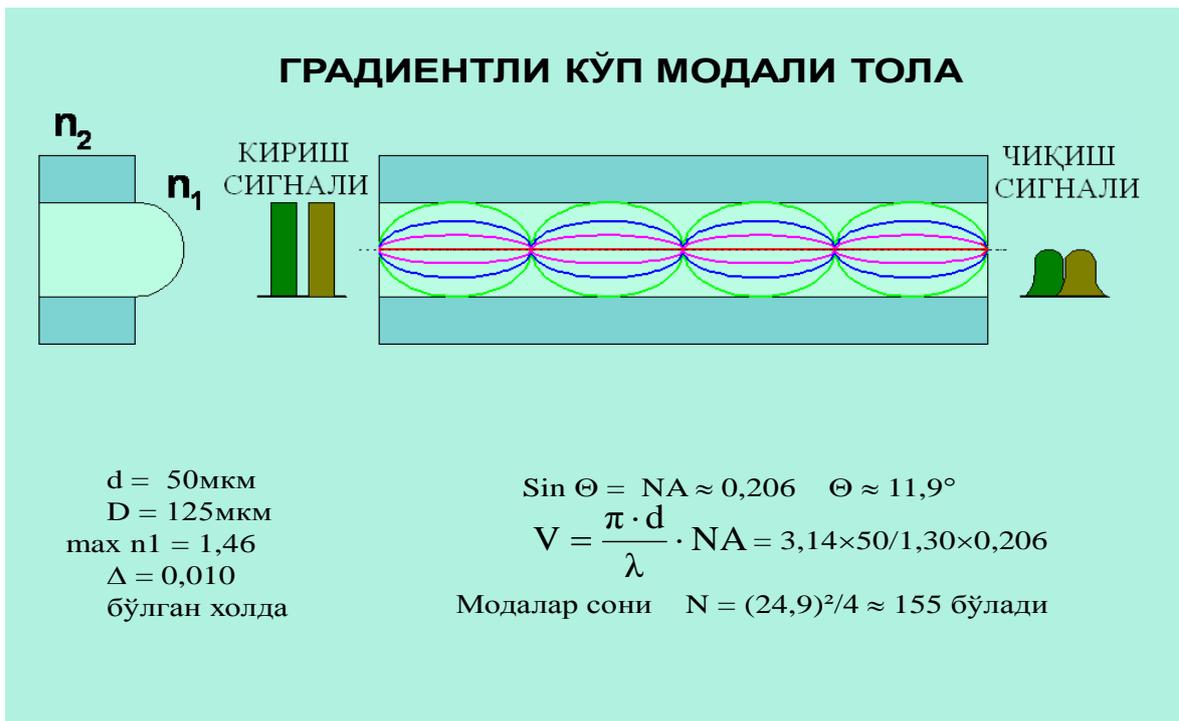
$d = 100\text{мкм}$   
 $D = 140\text{мкм}$   
 $n_1 = 1,48$   
 $n_2 = 1,46$   
 бўлган холда

$$\sin \Theta = NA \approx 0,242 \quad \Theta \approx 14,0^\circ$$

$$V = \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot NA = 3,14 \times 100 / 0,85 \times 0,242 \approx 89,4$$

Модалар сони  $N = (89,4)^2 / 2 \approx 4000$  бўлади

2.13-рasm Поғонасимон кўп модали тола



2.14-расм Градиентли кўп модали тола

Нур ўтказгичлар бўйлаб ҳаракатланувчи модалар сони қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N = \frac{V^2}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 \quad (2.12)$$

бу ерда:  $\Delta = (n_1 - n_2) / n_1$  — синиш кўрсаткичларининг нисбий фарқи, одатда унинг қиймати  $\Delta = 0.01 - 0.003$  с бўлади;

$a$  — нур ўтказгич ўзагининг радиуси;

$n_1$  ва  $n_2$  — нур ўтказгич узаги ва қобиғининг синиш кўрсаткичлари;

$V$  — нормаллаштирилган частота.

Нур ўтказгичлар бўйлаб ҳаракатланувчи модалар сонига қараб қуйидаги синфларга булинади: бир модали ҳолатда  $N=1$  бўлиб унда факатгина HE<sub>11</sub> туридаги тўлқин таркалиб ўзак диаметри ташувчи тўлқин узунлигига тенг бўлади  $d \approx \lambda$ , куп модали режимда эса  $N > 1$  бўлиб  $d > \lambda$  ҳолат бўлади.

Бундан хулоса қилиш мумкинки нур ўтказгичнинг ўзак диаметри бир мунча катта бўлганда ( $d > \lambda$ ) нур ўтказгич куп модали режимда ишлайди, тўлқин узунлиги ўзак диаметрига яқин бўлса ( $d \approx \lambda$ ) у ҳолда нур ўтказгич бир модали режимда ишлайди. Бир модали тизимларнинг авзалликлари қуйидагилар: кенг частота диапазони ва каттадан—катта ўтказиш хусусиятига эга. Аммо бир модали тизимларда қўлланувчи нур ўтказгичлар ўзак диаметри кичик бўлганлиги учун улранинг ишлаш сифати бир мунча кенг, чунки нур ўтказгичлар ичига нур киргизишда кўплаб йуқотувчанликга эга бўлганлиги учун ва нур ўтказгичларга ёруғлик нурини киргизишда оралиғи кичик йуналтирилган диаграммага эга бўлган кучли когерент манбалар яъни квант генераторлар талаб этилади.

Кўп модалли тизим учун эса оддий когерент бўлмаган тарқатиш манбаларидаги куввати кичик ва ўтказиш хусусияти кичик бўлган ёруғлик диодлари қўлланади.

Нур ўтказувчи толалар бўйлаб икки кўринишдаги нурларни узатиш мумкин: меридионал нурлари ва қийшиқ нурлар. Меридионал нурлар нур ўтказгич толасининг ўқи орқали ўтувчи юзада ётса, қийшиқ нурлар эса нур ўтказиш ўқини кесиб ўтмайди. Агар нуқтавий тарқатиш манбаи нур ўтказгич ўқида жойлашган бўлса, у ҳолда меридионал харакатланадиган нурлар бўлади. Агар нуқтавий тарқатиш манбаи нур ўтказгич ўқи ташқарисида ёки мураккаб тарқатиш манбаига эга бўлса, у ҳолда бир вақтнинг ўзида меридионал ва қийшиқ нурлар ҳосил бўлади. Меридионал нурлар симметрик —Еом ва Ном тўлқинлардан иборат бўлса, қийшиқ нурлар симметрик бўлмаган тўлқинлардан иборатдир.

## 2.6. Нур ўтказувчи толаларнинг сўниши.

Нур ўтказувчи толалар иккита параметр орқали тавсифланади, булар сўниш (йўқотувчанлик) ва дисперсия. Нур ўтказгичнинг сўниши орқали регенирация участка узунлиги (регенираторлар орасидаги масофа) аниқланади. Дисперсия эса импульсларнинг бузулишига олиб келиб уз навбатида нур ўтказгич бўйлаб ўтказиш полосасини чегаралайди. Оптик кабеллардан иборат бўлган оптик трактлардаги нур ўтказгич толанинг сўниш коэффициентини нур ўтказувчи толанинг шахсий йўқотувчанлигидан  $-\alpha_{ш}$  ва кабел ичида жойлашган нур ўтказувчи толаларнинг деформацияси ва эзилиши ҳисобига ҳамда оптик кабеллар тайёрлаш жараёнида, қобик ва мухофазаловчи қопламларни тайёрлаб қоплаш жараёнида ҳосил бўлувчи эзилишлар ва деформацияси ҳисобига ҳосил бўлувчи кабелнинг йўқотувчанлигидан  $-\alpha_{ш}$  сўнишларнинг йиғиндисидан иборат, яъни:

$$\alpha = \alpha_{ш} + \alpha_{к} \quad (2.13)$$

Оптик нур ўтказувчи толаларнинг шахсий йўқотувчанлиги биринчи навбатда ютилиш ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанликдан  $-\alpha_{ютил}$ , нур ўтказгич бўйлаб харакатланувчи энергиянинг ёйилиб кетиши ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанликдан  $-\alpha_{ёй}$  иборат. Ютилиш ҳисобига ҳосил бўлувчи аютил — йўқотувчанлик нур ўтказгич материалининг тозалигига ва нур ўтказгич материали ичидаги ташқи аралашмалар берувчи йўқотувчанликдан иборат:  $\alpha_{ю} + \alpha_{аралашма}$ . Нур ўтказгич бўйлаб харакатланувчи энергияни ёйилиб кетиши ҳисобига ҳосил булувчи йўқотувчанлик минимал ёки максимал бўлади. У ҳолда максимал йўқотувчанлик:

$$\alpha_{нур.ўт} = \alpha_{ютилиш} + \alpha_{ёйил} + \alpha_{аралашма} \quad (2.14)$$

Нур ўтказувчи толанинг ютилиши ҳисобига ҳосил бўлувчи кўшимча йўқотувчанлик диэлектрик поляризация ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик билан боғлиқ бўлиб, частота билан линиявий равишда ўсиб боради ва нур ўтказгич материалининг хусусияти  $-\text{tg}\delta$  билан боғлиқдир.

Бундай йўқотувчанлик синиш кўрсаткичларининг комплекс характери билан боғлиқдир, яъни  $n = n_D + jn_{\text{mat}}$  бўлиб, у  $\text{tg} \delta$  қиймати орқали қуйидагича аниқланади:

$$\text{tg} \delta = 2n_{\text{диэлектрик}} \cdot n_{\text{реал}} / (n_D^2 - n_M^2) \quad (2.15)$$

У холда ютилиш ҳисобига ҳосил бўлувчи суниш коэффициенти қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\alpha_{\text{ютилиш}} = \pi \text{tg} \delta / \lambda \quad (2.16)$$

бу ерда :  $n = \sqrt{\mu \cdot \varepsilon}$  — синиш кўрсаткичи;

$\lambda$  — тўлқин узунлиги;

$\text{tg} \delta$  — нур ўтказгичлардаги диэлектрик йўқотувчанликнинг тангенс бурчаги;

$\mu$  — нур ўтказгич материалининг магнит сингдирувчанлиги;

$\varepsilon$  — нур ўтказгич материалининг диэлектрик сингдирувчанлиги.

Бу формуладан шуни куриш мумкинки ютилиш ҳисобига ҳосил булувчи йўқотувчанлик частота билан линиявий характерга эга.

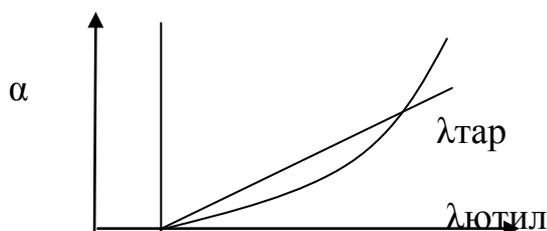
Нур ўтказгич бўйлаб харакатланувчи энергиянинг ёйилиб кетиши ҳисобига ҳосил булувчи йўқотувчанлик нур ўтказувчи тола материалининг бир жинсли бўлмаганлиги, тўлқин узунлигидан кичик бўлган ўлчамлари ва синиш кўрсаткичларининг иссиқлик флуктуацияси билан боғлиқдир.

Ёйилиб кетиш ҳисобига бўладиган йўқотувчанлик қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\alpha_{\text{ёйил}} = K_{\text{ёйил}} \cdot \lambda^{-4} \quad (2.17)$$

бу ерда: кварц учун  $K_{\text{ёйил}} = 1.5 \text{ мкм}^4$   $\lambda$  — тўлқин узунлиги, мкм.

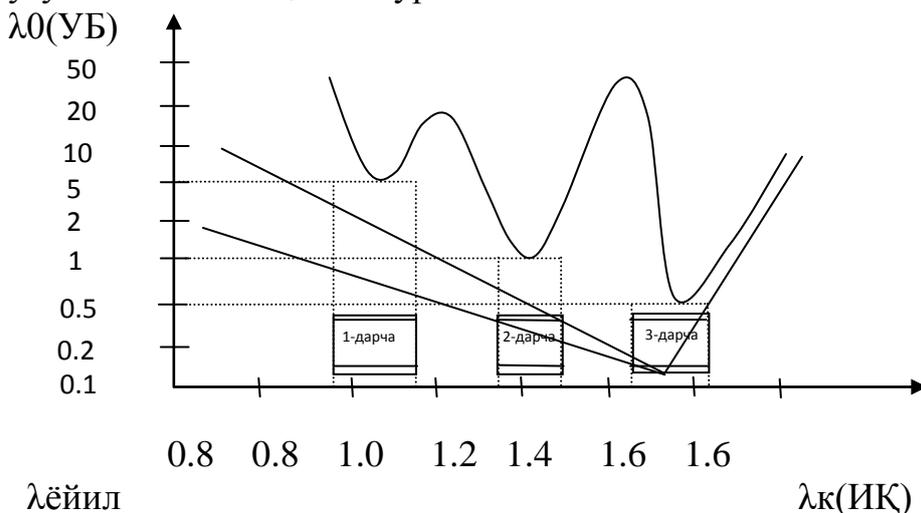
Бундай ёйилиш рэллеев ёйилиши деб юритилади ва у частота билан  $f^4$  — қонуни бўйича ўсиб боради. Рэллеев ёйилиши ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик кичик бўлган йўқотувчанлик чегарасини нур ўтказгич толалар учун белгилайди. Бундай чегара турли хил тўлқин узунликлари учун турли бўлиб, тўлқин узунлиги ошиб борган сари бундай йўқотувчанлик камайиб боради. 2.15—расмда нур ўтказгич толаларнинг частотавий боғлиқлиги кўрсатилган бўлиб, унда ютилиш ҳисобига бўладиган йўқотувчанлик частота ошиши билан линиявий равишда ошиб борса ёйилиш ҳисобига бўладиган йўқотувчанлик  $f^4$  қонуни бўйича тезроқ равишда ўсиб боради.



2.15—расм. Нур ўтказгич толаларнинг частотага боғлиқлиги.

Нур ўтказгич бўйлаб узатилаётган энергиянинг йўқотувчанлиги нур ўтказгич материали таркибидаги бегона аралашмаларнинг борлиги —аралашма ҳисобига яъни гидроксил гуруҳ ионлари ёки металллар борлиги ҳисобига бирмунча равишда ошиб боради. Шахсий тебраниш резонанси ораликларида аралашмалар сўниш қийматининг бир қанча чуққиларига эга бўлади. Бундай ҳолат яъни гидроксил ион гуруҳ чуққилари ҳисобига йўқотувчанлик сўниши 0.95 мкм тўлқин узунлигида рўй беради.

2.16—расмда нур ўтказгич толаларда кварцдан иборат бўлган ва турли хил аралашмалардан тозаланган нур ўтказгичнинг сўниш қийматини тўлқин узунликка боғлиқлиги кўрсатилган.



2.16—расм. Турли хил тўлқин узунликлардаги нур ўтказгичларнинг сўниш коэффициенти.

Бу расмдаги графикдан шуни кўриш мумкинки нур ўтказгич учта шаффофлик ойнасига (дарчасига) эга бўлиб, нур ўтказгичнинг тўлқин узунлиги ошиб борган сари сўниш коэффициенти камайиб боради ва у ўз навбатида регенерация участка узунлигини ошишига олиб келади.

2.1-жадвал.

Тўлқин узунлик $\lambda$ , мкм	Сўниш коэффициенти, $\alpha$ , дБ/км	Регенерация участка узунлиги, $L_p$ /км
0.85	5	10
1.3	1.0	40
1.55	0.5	80

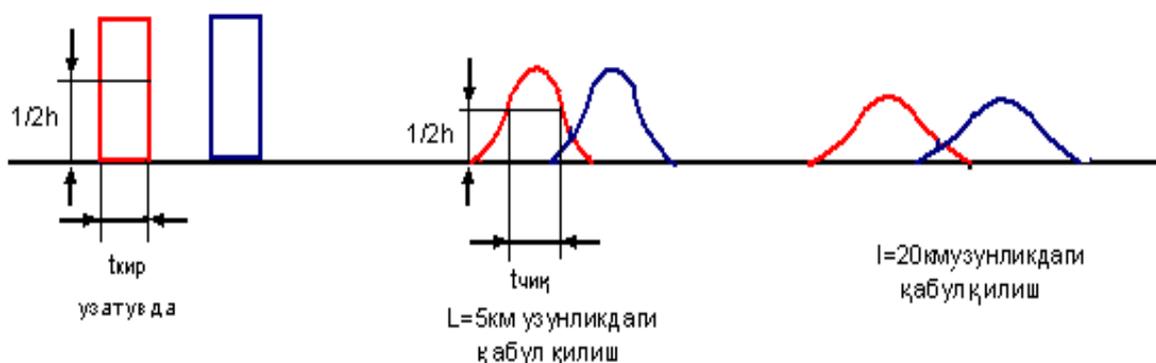
Юқорида келтирилган 2.13—расмдан ва 2.1- жадвалдан шундай хулоса қилиш мумкин, оптик толали алоқа линияларида қўлланувчи оптик толали нур ўтказгичлар 1.3÷1.55 мкм тўлқин узунликлар диапазонида ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бу эса шаҳарлараро алоқа тармоқларида металл элементларисиз бўлган оптик толали алоқа кабеллари ёрдамида 80 ÷ 100 км узоқликдаги магистралларда қўллаб кўплаб, сифатли алоқа тизимини яратган

ҳолда кучли трафик оқимларни каттадан—катта тезликлардаги маълумотларни узатиш мумкин.

### Нур ўтказгичларнинг ўтказиш қобилияти ва дисперсия.

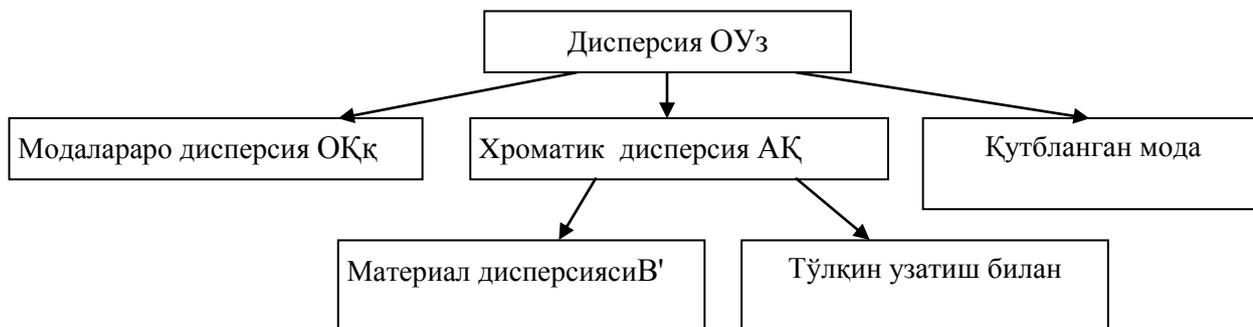
Оптик толали алоқа линиялардаги узатиш тизимлари ёрдамида маълумотларни сифатли равишда узатишда асосий параметрлардан бири маълумотларни ўтказиш қобилияти—  $\Delta F$  бўлиб, у линия трактининг кенглигини, нур ўтказгич бўйлаб ўтказиш қобилияти ва частота полосаси ҳамда узатилаётган маълумотлар ҳажмини оптик толали кабеллар бўйлаб узатилишни кўрсатади.

Оптик толали нур ўтказгичлар бўйича жуда ҳам кўплаб телефон каналларини каттадан—катта масофаларга узатиш мумкин, лекин бундай узатувлар бир қанча чекланишлардан ҳоли эмас. Булардан бири қуйидагидан иборат: линияга юборилган сигнал қабул қилувчи томонига ўзгарилган ва кенгайган ҳолда етиб борадиган бўлса узатилаётган сигнал қабул қилувчи томонига шунчалик равишда кенгайган ҳолда етиб боради (2.17—расм). Бундай ҳолат дисперсия деб юритилади ва у нур ўтказгич бўйлаб ҳаракатланувчи маълум бир частота бўйлаб ташкил этувчилардан ва ёруғлик нурунинг манба спектрининг турли тезликда ҳаракатланиши ҳисобига ҳосил бўлади.



2.17—расм. Дисперсия ҳисобига импульсларнинг кенгайиши.

Дисперсия -  $\tau$  деганда оптик кабел бўйлаб ҳаракатланувчи импульснинг кенгайиши тушунилади.



Дисперсия қиймати оптик кабелдаги нур ўтказгичлардан чиққан ва қабул қилгувчи томонга кирган импульсларнинг айирмаси квадрати орқали аниқланади:

$$\tau = \sqrt{t_{\text{чик}}^2 - t_{\text{кир}}^2} \quad (2.18)$$

Бу формуладаги  $t_{\text{чик}}$  ва  $t_{\text{кир}}$  — оптик кабелдан чикувчи ва оптик кабелга киритилувчи импульсларнинг ярим амплитуда сатхидаги вақти ёки импульс кенглиги. Оптик толали нур ўтказгичлар бўйлаб узатилаётган сигналнинг дисперсия қиймати ва частота полосаси орасида тахминан қуйидаги боғлиқлик мавжуд:

$$\Delta F = \frac{1}{\tau} \quad (2.19)$$

Агар  $\tau=20\text{нс/км}$  қийматда бўладиган бўлса, у холда маълумотларни узатиш учун  $\Delta F = 50\text{МГц км}$  бўлган полоса кенглиги талаб этилади.

Оптик кабелнинг ўтказиш қобилияти нур ўтказгичнинг хусусияти ва тола турига (бир модалли, градиент, поғонасимон) ҳамда нурлантирувчи (лазер, ёруғлик диоди) манба турига боғлиқдир. Дисперсия иккита ҳолатда рўй беради. Булар:

- нурлантирувчи манба когерент бўлмаганлиги- $(\Delta\lambda)$  ҳисобига;
- кўплаб модалар сони  $—(N)$  ҳисобига;

Нур ўтказгич толага киритиладиган сигналнинг нурлантирувчи манбасининг когерент булмаслиги  $\Delta\lambda$  -спектрини ҳосил бўлишига олиб келади ва ўз навбатида хроматик (частотавий) дисперсияни ҳосил қилади. Хроматик дисперсия ўз навбатида материал дисперсия ва тўлқинли (мода ичидаги) дисперсияга бўлинади.

Тўлқинли дисперсияда тарқалиш коэффициенти тўлқин узунлиги билан ўзаро боғлиқдир яъни  $\gamma = \psi_1(\lambda)$ .

Материал дисперсияда синиш кўрсаткичи  $—n$ , тўлқин узунлик— $\lambda$  билан боғлиқ, яъни  $n = \psi_2(\lambda)$ .

Модалли дисперсия нур ўтказгич ичида кўплаб тарқалувчи модалар сони ҳисобига ҳосил бўлиб, бу модалар ўзининг тезлиги билан харакатланади, у холда у қуйидагига боғлиқликка эга, яъни  $\nu = \psi_3(N)$ .

Бундай дисперсиялар турли холда турли турдаги тўлқин ўтказгичли нур ўтказгичларда пайдо бўлади. Поғонасимон турдаги нур ўтказгичлар кўп модалли узатувчилар қўлланилгани учун бу ерда модалли дисперсия ҳосил бўлиб унинг қиймати 20—50 Нс/км бўлади. Бир модалли поғонасимон нур ўтказгичларда эса модалли дисперсия рўй бермайди. Бундай нур ўтказгичларда тўлқинли ва материал дисперсия ҳосил бўлади ва уларнинг абсолют қийматлари бир—бирига тенг аммо кенг спектр диапозонида уларнинг фазаси қарама—қарши қутбли бўлади, шунинг ҳисобига тўлқинли ва материал дисперсия ўзаро компенсацияланади ҳамда натижавий дисперсия  $\lambda = 1.2 \div 1.7\text{мкм}$  тўлқин узунликда 3нс/км қийматидан ошмайди. Градиент нур ўтказгичларда турли хил модаларнинг тарқалиш вақти тенглашади ва натижада материал дисперсия асосий ролни ўйнайди ва

бундай дисперсия тўлқин узунлик ошган сари камайиб боради. Материл дисперсиянинг абсолют қиймати 3—5 нс/км ораликда бўлади.

Нур ўтказгичларнинг дисперсия тафсилотларини солиштирадиган бўлсак у ҳолда яхши хусусиятга бир модали нур ўтказгич тола тўғри келади. Бундай яхши хусусиятларга градиент нур ўтказгич толалар ҳам эга, чунки бундай турдаги нур ўтказгичларнинг синиш кўрсаткичи секин—асталик билан ўзгариб боради. Кўп модали нур ўтказгичларда эса дисперсия кескин равишда катта бўлиб боради.

Нур ўтказувчи тола бўйлаб  $\lambda$ — тўлқин узунликда ҳаракатланаётганда ёруғлик нур манбаини когерент бўлмаганлиги учун яъни материал дисперсия ҳисобига  $\tau$ — импульс кенгайиши қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\tau = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{\lambda^2}{c} \cdot \frac{d^2n}{d\lambda^2} \cdot \ell \quad (2.20)$$

бу ерда:  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$  — нурлантириш манбаининг нисбий спектр кенглиги;

$c$ — нур ўтказгич тола узунлиги;

$\frac{\lambda^2}{c} \cdot \frac{d^2n}{d\lambda^2}$  — материал дисперсия.

$\ell$ — ёруғлик тезлиги.

Келтирилган формуладан шуни куриш мумкинки, материал дисперсия тўлқин узунликдан ва синиш кўрсаткичи ҳамда частота билан чамбарчас боғлиқдир.

Модали дисперсия ҳисобига импульсларнинг кенгайиш қиймати узатилаётган сигналнинг вақт бўйича усиши ва 1 узунликдаги нур ўтказгичнинг бошидан юборилган сигналнинг энг катта ва энг кичик вақт оралиғининг айирмаси орқали аниқланиб, у қуйидагича аниқланади:

- поғонасимон нур ўтказгич толалар учун:

$$\tau = \frac{n_1 \Delta \ell}{c} = \frac{(NA)^2}{2n_1 c} \cdot \ell \quad (2.21)$$

- радиент нур ўтказгич толалар учун эса:

$$\tau = \frac{n_1 \Delta^2 \ell}{2c} = \frac{(NA)^2}{8n_1^3 c} \cdot \ell \quad (2.22)$$

бу ерда:  $NA$ — сонли апертура;  $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$  ;

$$\Delta = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1}$$

$n_1$ — нур ўтказгич тола узагининг синиш кўрсаткичи;

$n_2$ — нур ўтказгич тола қобиғининг синиш кўрсаткичи;

$\ell$ — нур ўтказиш тола узунлиги;

$c$ — ёруғлик тезлиги;

$\Delta$ — ўзак ва қобик синиш кўрсаткичларининг нисбий фарқи,

$$\Delta = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} .$$

Демак градиент нур ўтказгич толанинг ўтказиш қобилияти бир хил синиш кўрсаткичларининг нисбий фарқи бўлган поғонасимон нур ўтказгич толасидан  $2/\Delta$  марта юқоридир. Агар техник тавсилот бўйича ўзак ва қобик синиш кўрсаткичларининг нисбий фарқи қиймати  $\Delta \approx 1\%$  эътиборга олсак, у холда икки хил қурилишдаги нур ўтказгич толаларнинг ўтказиш полоса қобилияти қийматининг фарқи тахминан икки ва ундан кўп маротаба қийматда фарқ қилади.

Бугунги кунда тармоқларда қўлланувчи оптик толали кабелларнинг ўтказиш қобилиятини частотага боғлиқлиги жуда ҳам кенг оралиқларда бўлиб, у 30 МГц-км дан 1000 МГц км ва ундан ортиқ қийматни ташкил этади. Турли хил турдаги нур ўтказгичлардан иборат бўлган кабеллар учун унинг қиймати турли хил. Градиент нур ўтказгичлар учун лазерли ёруғлик манбаи қўлланадиган бўлса, у холда унинг ўтказиш қобилияти 100÷2500 МГц км қийматда бўлади, кўп модали поғонасимон нур ўтказгичлардан иборат бўлган оптик толали кабелларда эса унинг ўтказиш қобилияти миқдори бирмунча қисқариб 30 МГц-км қийматга етиб боради. Энг юқори ўтказиш қобилиятига эга бўлган бир модали нур ўтказгичларнинг ўтказиш қобилияти эса 0.5 ÷ 1.0 ГГц км ва ундан ортиқ бўлган қийматгача боради.

Юқорида кўриб чиқилган дисперсия ҳолати оптик кабелларнинг ўтказиш қобилиятини қисқаришга ва у ўз навбатида кабеллар бўйлаб маълумотларни узатиш масофасини қисқаришига олиб келади. Линия узунлиги қанчалик узун бўладиган бўлса, шунчалик кўп равишда дисперсия ҳолати руй беради ва у ўз навбатида импулсларни шунчалик равишда кенгайишига олиб келади. Демак частота полосаси  $-\Delta F$  ва маълумотларни узатиш масофаси  $-\ell$  параметрлари бир—бирилари билан ўзаро чамбарчас боғлиқдир.

Бу параметрлар оралиғидаги боғлиқлик қуйидаги формулада келтирилган:

$$\Delta F / \Delta F_x = \sqrt{\ell_x \cdot \ell} \quad (2.23)$$

бу ерда:  $\Delta F$ — берилган частота полосаси;

$\ell$ — берилган узатиш масофаси;

$\Delta F_x$ —  $x$  - масофадаги частота кенглиги;

$\ell_x$ — $x$ — масофадаги узунлик.

у холда:  $\Delta F / \Delta F_x = \sqrt{\ell_x \cdot \ell}$  ёки  $\ell_x = \ell (\Delta F / \Delta F_x)^2$  бўлади. (2.24)

Келтирилган формуладаги  $\Delta F_x$  ва  $\ell_x$  қийматларини аниқлаш учун қуйидаги мисолда кўриш мумкин. Бугунги кунда кабел ишлаб чиқарувчи корхоналар  $\ell=1$ км бўлган қурилиш узунлиқдаги ва ўтказиш қобилияти  $\Delta F=50$ МГц км кабеллар ишлаб чиқармоқда. У холда маълумотлар узатиш масофаси

$\ell_x=25\text{км}$  узунлик бўладиган бўлса, ўтказиш қобилияти қисқариб қуйидаги қийматга етади:

$$\Delta F_x = 50\sqrt{1/25} = 10\text{МГц} \quad (2.25)$$

Узунлиги қисқа бўлган линияларда, мисол учун  $\ell = 5\text{км}$  масофа узунлигигача борадиган бўлса, у ҳолда  $\Delta F / \Delta F_x = \ell_x / \ell$  ифодадаги  $\Delta F$  ва  $\ell$  қийматлари линиявий қонунга тўғри келади Шундай қилиб оптик кабеллар бўйлаб узатиш масофаси ва маълумотларни ўтказиш қобилияти фақатгина дисперсия билан боғланган бўлмасдан, нур ўтказгичнинг сўниши билан ҳам боғлиқдир.

Кўп модалли поғонасимон нур ўтказгичларда асосий факторни дисперсия бажарса, градиент ва бир модалли толалардан иборат бўлган нур ўтказгичлар яхши дисперсия тақсимотларга эга бўлса, маълумотларни узатиш масофаси трактда қўлланувчи нур ўтказгичнинг сўниши билан тафсифланади.

## 2.7. Оптик тола узатиш тафсилотлари

**Сўниш ва дисперсия** – оптик толанинг иккита асосий параметри бўлиб, асосан толали технологияни ривожланишига йўл очиб бермоқда.

### Оптик толанинг сўниши

Оптик толанинг сўниш қиймати ёки унинг йўқотувчанлиги тола бўйлаб нурлантиришнинг интенсивлигини камайишини кўрсатади.

-тўлқин узунликда 1 ва 2-толаларнинг кўндаланг юзаларида L- узунлик масофасидаги сўниш  $-A(\lambda)$  қуйидагича аниқланади :

$$A(\lambda) = -10 \log \frac{P_2(\lambda)}{P_1(\lambda)}, \text{дБ} \quad (2.26)$$

бу ерда:  $P_1(\lambda)$  -1-кўндаланг юзанинг кириш қисмидаги импульс интенсивлиги;

$P_2(\lambda)$  -2-кўндаланг кесим юзасининг чиқиш қисмидаги импульс интенсивлиги.

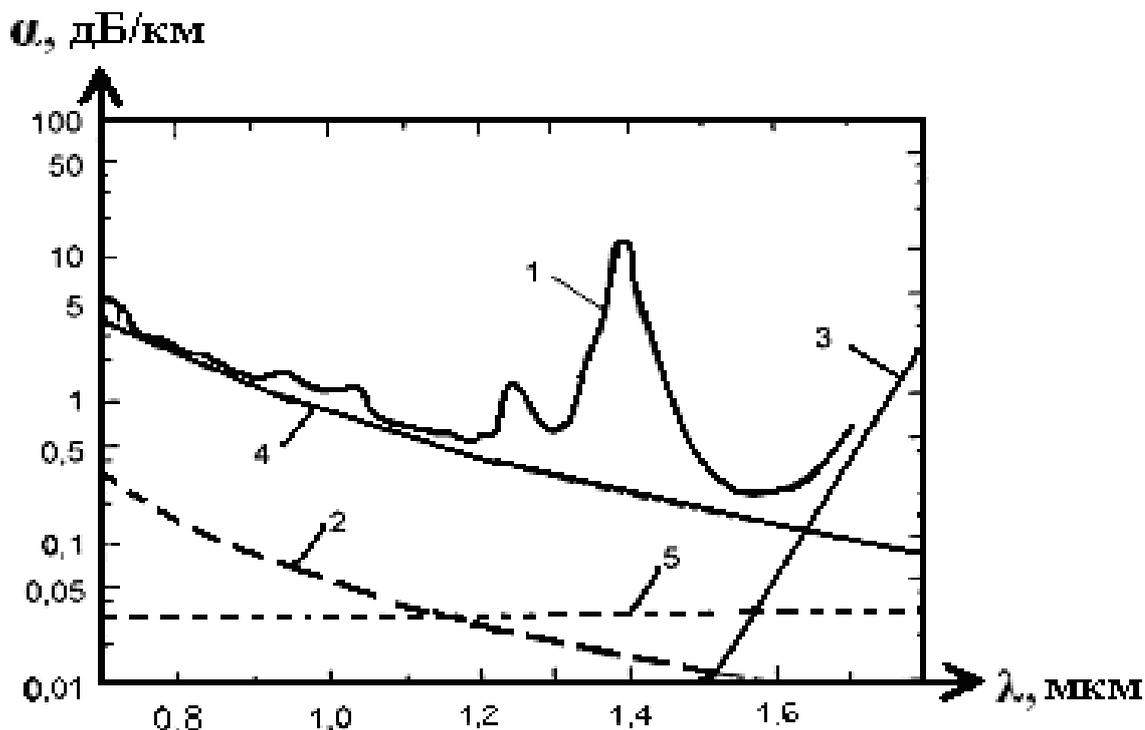
Сўниш коэффициенти  $-\alpha(\lambda)$ , ёки маълум бир узунликда бўлган сўниш, у тола узунлигига боғлиқ бўлмайди ва қуйидагича аниқланади:

$$\alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L}, \text{дБ/км} \quad (2.27)$$

Кварцдан тайёрланган оптик толанинг оптик йўқотувчанлиги-а, асосан учта факторлар асосида аниқланади (2.10-расм).

- материал ичига кетиш ҳисобига бўладиган ютилиш  $\alpha$  ютил;
- Рэлеев сочилиши  $-\alpha$  соч;
- Нурланиш ҳисобига йўқотувчанлик  $-\alpha$  нур. Унда умумий ҳолда тўлиқ равишда оптик йўқотувчанлик қуйидагича аниқланади:

$$\alpha = \alpha_{\text{ютил}} + \alpha_{\text{соч}} + \alpha_{\text{нур}} \dots \quad (2.28)$$



2.18. – расм. Бир модали кварцли оптик толанинг оптик йўқотувчанлиги ва уни ташкил этувчи механизмларнинг спектрал боғлиқлиги; 1 – 0,95; 1,25 ва 1,38 мкм қийматдаги тўлқин узунликларда кварцдан тайёрланган бир модали толалардаги гидроксил чўққилар ҳисобига спектрал ютилиш; 2 – ултра бинафша спектридаги шахсий ютилиш; 3 – инфра қизил спектрадаги шахсий ютилиш; 4 – рэлеев нурланиши; 5 – тўлқин ўтказгичларни бошқариб бўлмагани ҳисобига ҳосил бўлувчи нурнинг йўқотувчанлиги.

**Ютилиш ҳисобига бўладиган йўқотувчанлик.** Кварц шишадан тайёрланган оптик толанинг шахсий оптик йўқотувчанликдан ва турли аралашмаларга нурланиш ҳисобига ҳосил бўлувчи ютилишнинг қўшимча йўқотувчанликдан ташкил топади.

**Шахсий оптик йўқотувчанлик** ультрабинафша ва инфрақизил областга яқин бўлган спектрнинг чегараларидаги полосасида ҳосил бўлувчи асосий фундаментал ютилиш ҳисобига ҳосил бўлади. Биринчи полоса Si-O-химиявий алоқа табиатига боғлиқ бўлса, узун тўлқинли ютилиш чегараси эса Si-O<sub>2</sub>- шахсий тебраниш алоқаси ва унинг обертони билан боғлиқдир. 1550 нм ишчи тўлқин узунлигида узун тўлқинли чегара ютилиши унчалик таъсир кўрсатмайди, чунки кварцли оптик толанинг йўқотувчанлиги бу областда кичик бўлишини таъминлайди 1600 нм дан катта бўлган тўлқин узунликларда эса инфрақизил ютилиши ҳисобига бўладиган йўқотувчанлик асосий ролни ўйнайди.

**Кўшимча йўқотувчанлик** ютилиш кўшимча ютувчи аралашмалар ҳисобига ҳосил бўлади.  $OH^-$  гидроксил ионлар кўплаб равишда таъсир кўрсатади. Кварц шиша ичидаги  $OH^-$  гидроксил ионлари ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанликни ютилиш полосаси 1383 нм тўлқин узунлигига тўғри келади, чунки  $OH^-$  ионлардаги ютилиш полосаси асосан 2.73 мкмдан обертонларни комбинациясидан ва кварц шишани кремний кислород панжарасининг тебранишидан ҳосил бўлади. Кварц шишали оптик толанинг бундай ишчи спектри полосасидаги ютилиш гидроксил чўққи деб номланади.

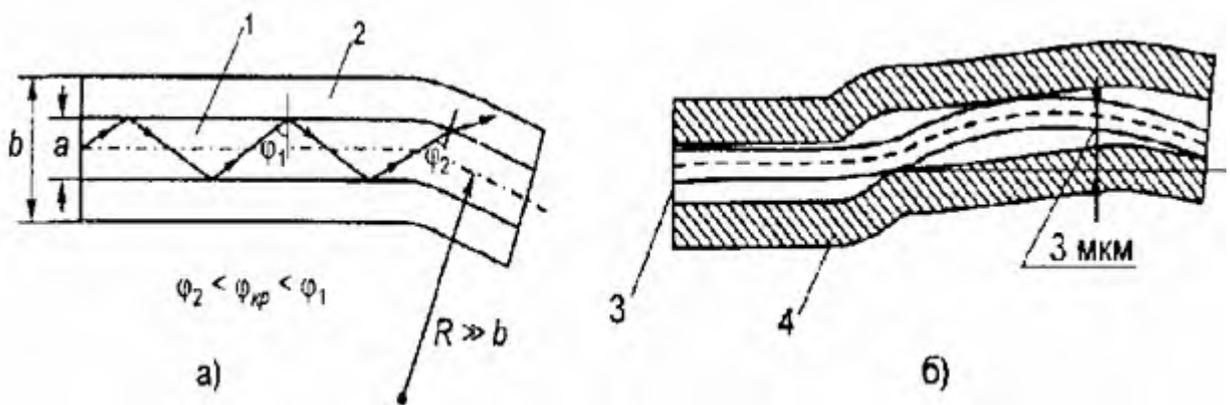
**Рэлеев сочилиши.** Кварц шишада шахсий оптик йўқотувчанлиги ҳисобига ҳосил бўлади, бу эса фундаментал механизм асосидаги – флуктуация зичлигига кириб бориб ёйилиш ҳисобига ҳосил бўлади.

Рэлеев сочилиши ҳисобига ҳосил бўлувчи оптик йўқотувчанлик киймати тўлқин узунлики  $A/\lambda^4$  қонуни бўйича ўсиши билан камайиб боради ва у ўз навбатида 1550 нм тўлқин узунлиқда асосий ўринни эгалайди, чунки бу ерда кварцдан тайёрланган толада йўқотувчанлик минимал кийматга эга.

Нурланиш ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик тўлқин ўтказгичларни регуляр ҳолатда бўлмаганлиги ҳисобига ҳосил бўлади, бундай ҳолат айниқса, оптик толаларни макро ва микро эгилишлари ҳисобига ҳамда оптик толаларнинг геометрик тартибсизлиги 1 мкмдан кам бўлган оралиқда рўй беради, чунки узатилаётган мода энергияси тарқалиб кетиш модасига ўтиш ҳолатида бўлади. Оптик толанинг макро ва микро эгилишлари ёйилишлари ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик оптик толаларни тўғри чизиқлик ҳолатидаги ҳар қандай ўзгариш ҳолати рўй беришдан ва бир қанча миқдордаги ёйилиб кетилувчиларни тола қобиғига чиқиб кетиши ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанликдан ҳосил бўлади.

**Макро эгилишлар** ҳисобига ҳосил бўлувчи нурланишнинг йўқотувчанлиги оптик толанинг эгилиш радиуси тола қобик диаметридан бир неча маротаба катта бўлганда ҳосил бўлади (2.19-расм). Бундай ҳолатда “ўзак қобик” бўлиниш чегарасига тушувчи ёруғлик нурининг тушиш бурчаги эгилиш жойида учбурчаги тўлиқ ички қайтиш критик бурчагидан кичик бўлади ( $y_2 < y_{кр} < y_1$ ) ва ёруғлик нури тола ўзагидан ташқарига чиқиб кетади ва бу эса оптик йўқотувчанликнинг ошишига олиб келади.

**Микро эгилишлар** оптик толанинг номинал равишда ўқ бўйича жойлашган ҳолатидан тасодифий ҳолатда ўзгариши билан 3 мкмдан кам бўлган ва унинг ўзгариш даври 1 мкмдан кам бўлган ҳолатда рўй беради (2.19-б расм). Микроэгилишларнинг ҳосил бўлиш ҳолати оптик толаларнинг чўзилиши ва эзилиши каби деформацияларда тола жойлашган муҳит харакатини ўзгариши, кабел тайёрланиш жараёнида қобик қопланишида ва толаларнинг ўрами ҳосил қилиш ҳисобига ҳосил бўлади

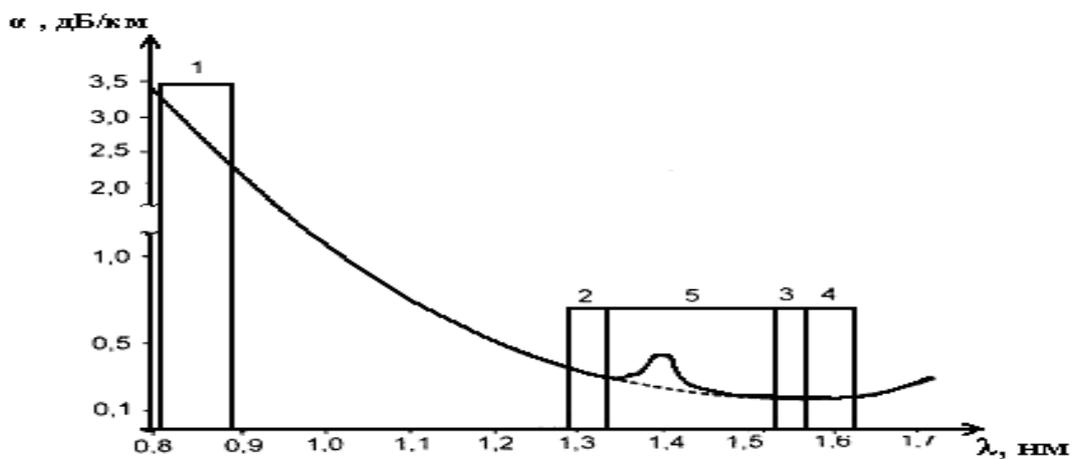


2.19. – расм. Оптик толаларда нурланиш ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик:

а) – кўп модали толадаги макро эгилишлар; б) микро эгилишлар:

1 – оптик толанинг ўзаги; 2 – оптик толанинг қобиғи; 3 – оптик тола; 4 – мухофозаловчи полимер қоплам; бу ерда а – ўзак диаметри; б – қобик диаметри; R – эгилиш радиуси;  $\varphi_{кр}$  – критик бурчак.

**Тўлқин узунлиқнинг ишчи диапозони.** Хозирги замон алоқа линияларида узатув муҳити вазифасини кварцдан тайёрланган оптик тола қўлланмоқда. Бундай оптик толаларда нурланишларнинг бир неча ишчи тўлқин узунлиқлар диапозони (шаффофлик ойнаси) қўлланмоқда. Кварц оптик толанинг сўниш бўйича спектрал эгри чизиғи 2.20-расмда келтирилган.



2.20. – расм. Кварцли оптик толанинг шаффофлик ойнаси ва спектрал йўқотувчанлик:

1 – биринчи ойна; 2 – иккинчи ойна; 3 – учинчи ойна; 4 – тўртинчи ойна; 5 – бешинчи ойна;

Алоқа линияларида биринчи маротаба кўп модали толалар қўлланиб, улар 850 мкм тўлқин узунлигига яқин бўлган биринчи шаффофлик ойнасида ишлатилган, чунки бу диапозонда лазерли нурлантирувчи манбалар ва қабул қилгичлар қўлланган. Биринчи шаффофлик ойнасида ишлатиладиган кўп модали толалар фақатгина локал ва бино ичи тармоқларида қўлланмоқда.

Магистрал минтақавий ва маҳаллий алоқа тармоқ линияларининг регенерация участка узунлиги 30...70 км бўлганлиги учун улар 1285...1330 нм бўлган тўлқин узунликлар диапазолида яъни иккинчи шаффофлик ойнасида ишлайди ва бу диапазонда хроматик дисперсия қиймати минимал қийматда бўлади.

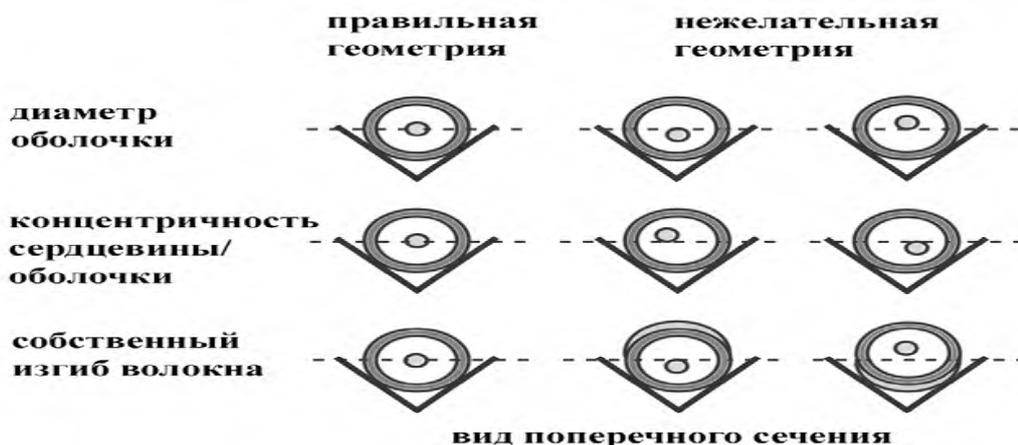
Келажакда юқори тезликдаги алоқа тармоқларини яратиш мақсадида 1530...1565 нм тўлқин узунлигига эга бўлган узун тўлқинлараро диапазон забт этилди ва учинчи шаффофлик ойнаси яратилди. Бу билан бир вақтнинг ўзида 1565...1625 нм тўлқин узунлиги диапазолида тўртинчи шаффофлик ойнаси очилиб, унда ҳамма турдаги ҳозирги кварцдан тайёрланган оптик толалар 0,18...0,20 дБ/км бўлган сўниш коэффициентига эга. Булар учун эрбий билан логирлаштирилган толалар асосида оптик кучайтиргичлар ишлатилмоқда.

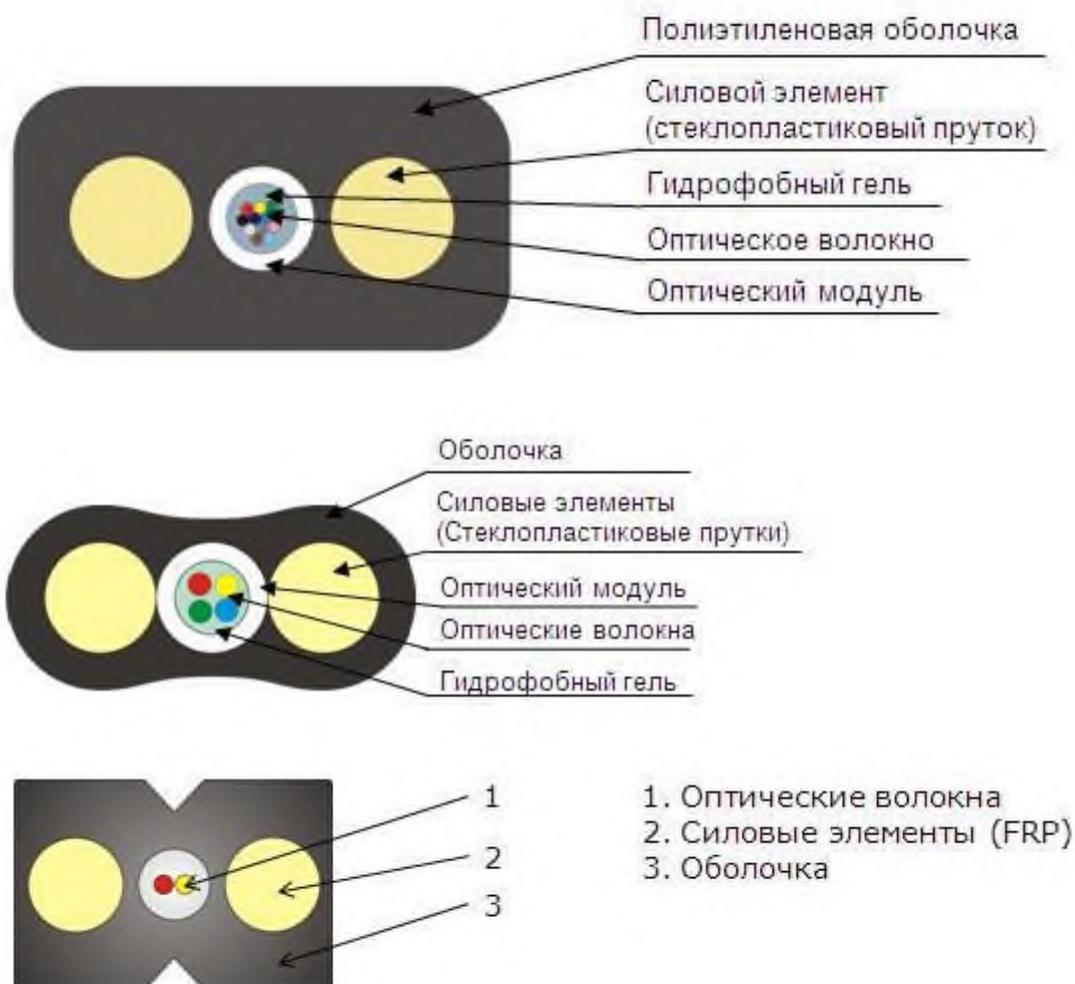


2.18-расм. Оптик толада рэлеев сочилиши



2.21-расм. Оптик толада кутбланган мода дисперсияси(а) ва уларнинг пайдо бўлишига сабаблар(б)





2.22-расм.Оптик толанинг геометрик параметларининг толани бир-бири билан улаш сифатига боғлиқлиги

Охирги йилларда оптик тола тайёрлашнинг янги технологияси асосида толанинг ишлаш ўзагида OH<sup>-</sup> гидроксил ионларини мутлақо камлигидир. Шундай қилиб узатув учун 1380...1530 нм тўлқин узунлик диспернига эга бўлган бешинчи шаффофлик ойнаси очилди ва бу билан стандарт оптик толага нисбатан тўлқин узунлиги 100 нмга яқин бўлган ишчи диапозони кенгайтирилди. Бу эса оптик толанинг сўниш коэффициентини бешинчи шаффофлик ойнасида иккинчи шаффофлик ойнасидаги сўниш коэффициентидан бир мунча кам.

Оптик толанинг сўниш сифатини баҳолашда бир қанча тавсилот комплекслари олиб борилади, булар одатда толанинг махсус таснифида кўрсатилади:

- 850, 1310 ва 1550 нм бўлган таянч тўлқин узунликлардаги сўниш коэффициенти;
- Таянч тўлқин узунликларидаги сўниш коэффициентини ишчи тўлқин узунликлар интервалидаги сўниш коэффициентига нисбатан ўсишга: 1285 ... 1330 нм (1310 нм);

1530 ... 1565 нм (1550 нм);

1530 ... 1625 нм (1550 нм);

-  $1383 \pm 3$  нм тўлқин узунлигидаги гидроксил чўққидаги сўниш коэффициентлари;

- тўлқин узунлиги бўйича сўнишни бир жинсли (узлуксиз) бўлмаслиги;

- битта ўрам қилиб ўралган ва тола диаметри 32 мм тола диаметри 75 мм қилиб ўралган.

Айланма қилиб ўралиш ҳисобига ҳосил бўлувчи макро эгилишларнинг йўқотувчанлиги.

**Чегаравий (отсечка) узунлик.** Энг кичик узунликдаги тўлқин тушунилиб, унда нурлантириш ҳисобига тарқалишнинг бир модал режимдаги тола эътиборга олинди. Чегаравий тўлқин узунлик толанинг чўзилишига, толанинг эгилиш радиусига толанинг эзилишига боғлиқ. Шунинг учун “бўш ҳолдаги толанинг” кесиш тўлқин узунлиги -  $\lambda_T$  оптик кабелнинг кесиш тўлқин узунлигидан -  $\lambda_K$  кам. Бу параметрнинг афзаллиги шундаки, агар оптик кабелнинг чегаравий тўлқин узунлик қиймати алоқа линияда қўлланувчи тўлқин узунлик қийматидан катта бўлса у ҳолда оптик кабел бўйича бир модал режимда оптик манба ёрдамида нурлантириб узатув бўлмайди. Шунинг учун, одатда оптик толанинг тавсифида кабелдаги тола учун  $\lambda_{KK}$  - бу параметр кўрсатилади.

**Модал майдон диаметри.** Бу параметр бир модал тола асосий тавсилотларига таалукли бўлиб оптик толанинг кундаланг юза диаметри билан тавсияланиб, бунда асосан нурлантириб ҳарактлантирувчи қувватнинг асосий қисмини тола ичига жамланиб киритишидир.

Модал майдон диаметрининг сонли қиймати тола ўзак диаметр қийматига яқин бўлиб толанинг ўзак диаметрига тенг бўлмайди. Одатда, оптик толанинг тавсифида тола модал майдон диаметрининг концентриклик хатолиги кўрсатилади. Тола модал майдон диаметрининг думалоқ бўлмаслиги ўлчанмайди.

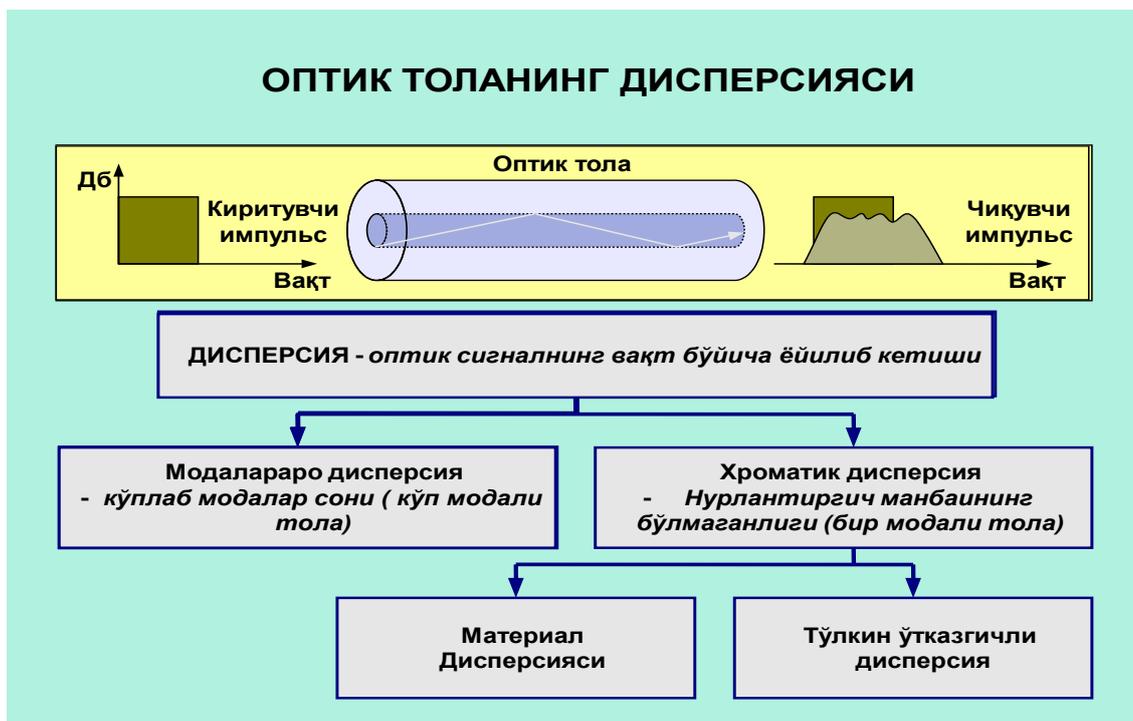
## Оптик толанинг дисперсияси

Алоқа линияларида оптик толаларни қўллаш нуқтаи назаридан оладиган бўлса толаларнинг иккинчи асосий тавсилотларидан дисперсия ҳисобланади.

**Дисперсия – спектрал муҳитда узатилаётган импульсни қабул қилгич томонда вақт бўйича ёки оптик импульснинг модал тарқалган эътиборини ёйилиб кетиши, бу эса бутун узунликдаги оптик тола бўйлаб ҳаракатланувчи унинг кенглиги даврини ошишга олиб келади.**

Дисперсия ҳолати рақамли сигналдаги тўғри бурчакли импульслар кетма-кетлиги маълум бир узунликдаги оптик тола бўйлаб ҳаракатланишида импульслар кенгайиб боради натижада иккита қўшни импульсларни бири-биридан ажратиш бўлмайди ва охир оқибатда сигналлар узатувида хатоликлар рўй беради.

## ОПТИК ТОЛАНИНГ ДИСПЕРСИЯСИ



2.23-расм.Оптик толанинг дисперсияси

Шундай қилиб, дисперсия оптик тола бўйлаб узатилаётган ўтказиш қобиляти ёки полоса кенглигини чеклайдиган асосий факторлардан бири бўлиб ҳисобланади.

Оптик толанинг учта дисперсия механизми мавжуд:

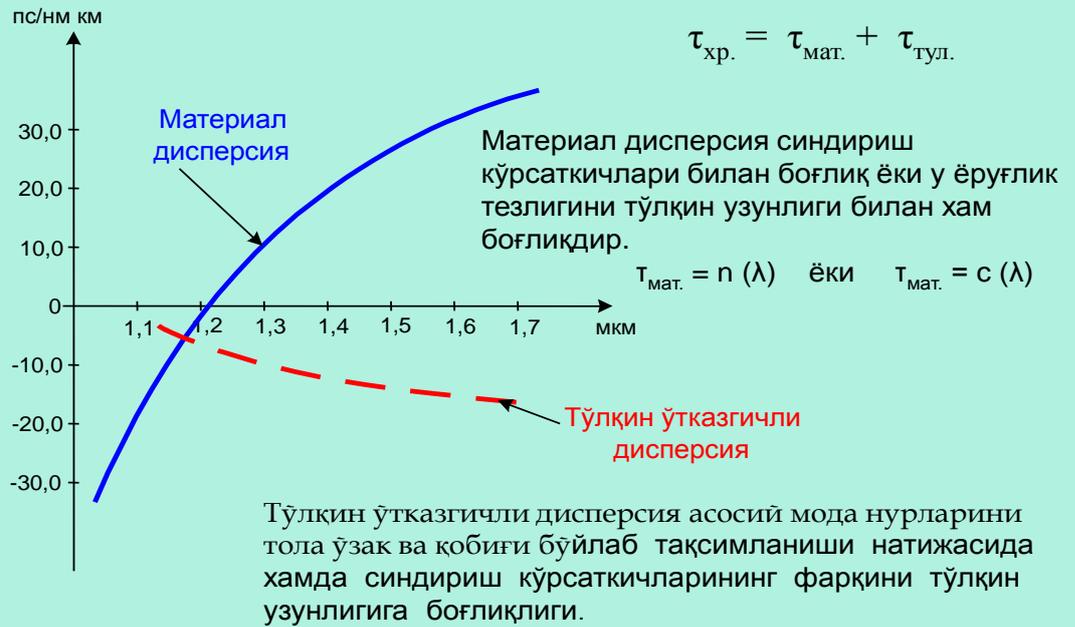
- модалараро дисперсияси;
- хроматик дисперсияси;
- поляризацияли – мода дисперсияси.

Кенгайтирилган ҳар бир механизмнинг ҳар бир нисбий таъсири оптик толанинг кўп модалли ёки бир модалли турига ва нурлантирувчи лазер ва ёки ёруғлик нурини нурлантирувчи диод турига боғлиқ.

**Модалараро дисперсия.** Толада тарқалувчи турли тезликдаги модалар билан боғлиқ бўлиб, кўп қўллаш ҳисобига рўй беради. Модалараро дисперсия қиймати оптик толанинг синиш кўрсаткичи профили асосида аниқланади. агар толанинг ишчи тўлқин узунлиги толанинг ҳолдагина яъни оптик толанинг ишчи режани бир модалли бўлишдан чиққан ҳолдагина бир модалли толаларда модалараро дисперсия ҳолати рўй беради.

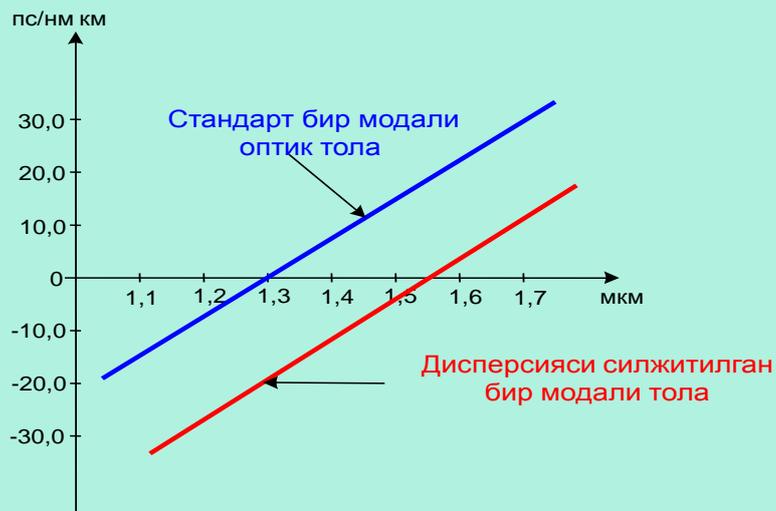
**Хроматик дисперсия.** Тола бўйлаб характерланувчи тўлқин узунликларнинг тарқалиш тезлигини нурлантирувчи манбанинг спектр ташкил этувчиларини турли бўлиши ҳисобига ҳосил бўлади ва у ўз навбатида импульсли кенгайишига олиб келади.

## Хроматик дисперсия



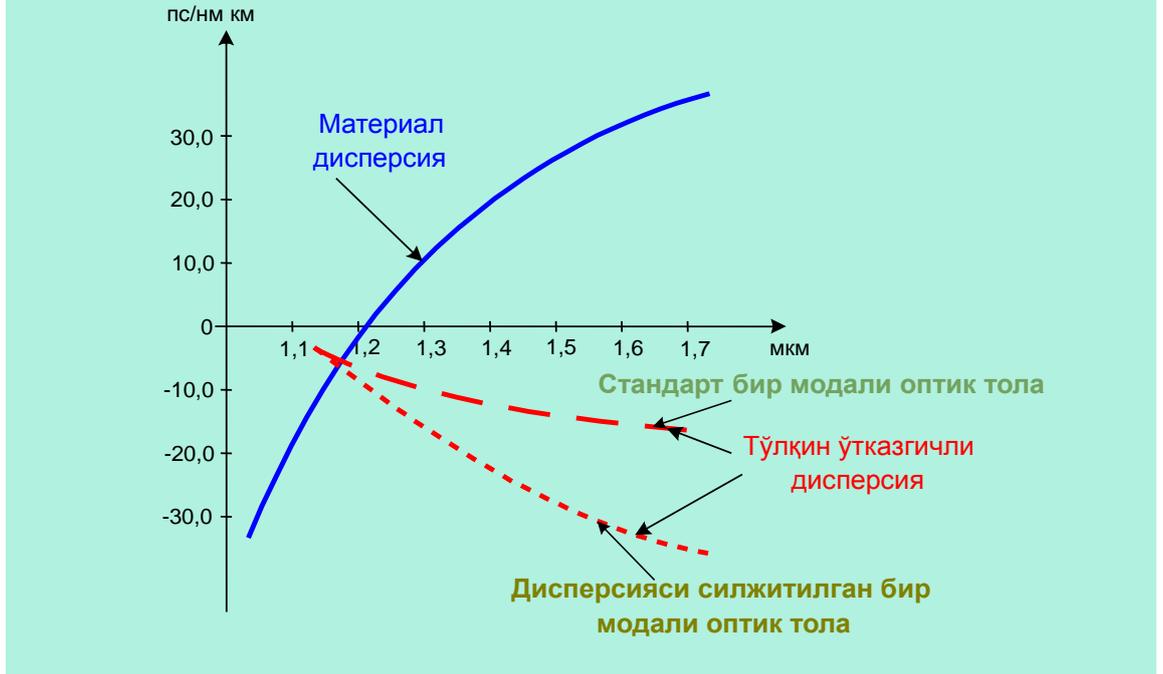
2.24-расм.Оптик толанинг хроматик дисперсияси

## Хроматик дисперсия



2.25-расм.Оптик толанинг хроматик дисперсияси

## Дисперсияси силжитилган тола



2.26-расм. Дисперсияси силжитилган тола

Хроматик дисперсия қийматини -  $D(\lambda)$  асосан иккита ташкил этувчилардан иборат:

$$D(\lambda) = M_m(\lambda) + M_T(\lambda) \quad (2.12)$$

бу ерда:  $M_m(\lambda)$  - материал дисперсия;  $M_T(\lambda)$  - тўлқин ўтказгич дисперсия.

**Материал дисперсия** – массивга шиша орқали тарқалиш ҳисобига импульсни кенгайтириши кўринишида бўлиб ва у оптик толаннинг шишани ўзак синиш кўрсаткични тола бўйлаб ҳаракатланувчи тўлқин узунлигига боғлиқдир.

**Тўлқин ўтказгичли дисперсия** толаннинг йўналтирувчи хусусияти билан боғлиқ ва у моданинг гуруҳ тезлигини нурлантирувчи тўлқин узунлиги билан боғлиқдир. Бу боғлиқликнинг даражаси толаннинг тўлқин ўтказгич хусусияти бўлмиш тола ўзагининг профилининг формаси ҳамда нурлантирувчи манбанинг спектр кенглиги орқали аниқланади.

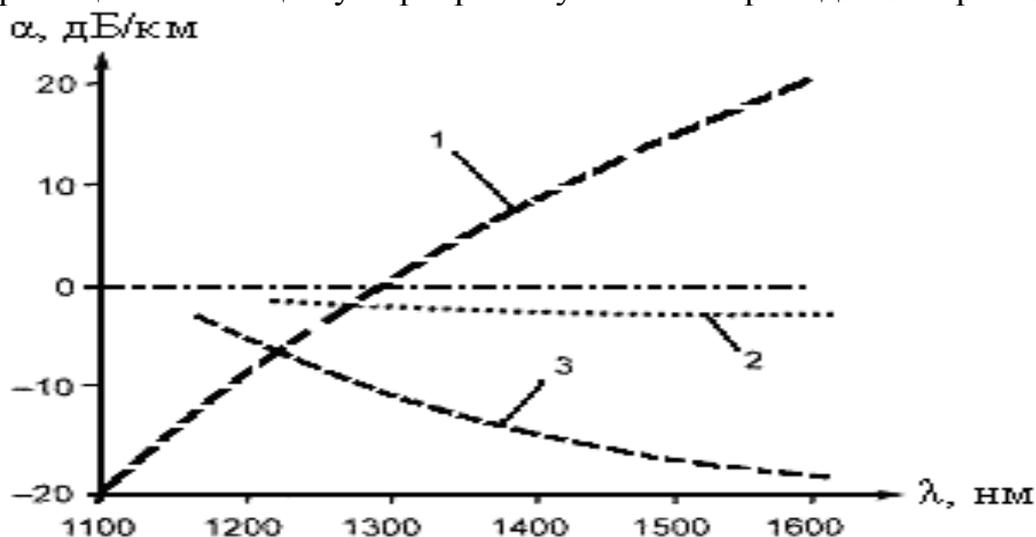
Дисперсияси силжитилмаган толаннинг хроматик дисперсиясини -  $D(\lambda)$   $\lambda$  - тўлқин узунликда ҳисоблаш учун Селмейр тенгламасидан фойдаланилади:

$$D(\lambda) \approx \frac{S_0}{4} \lambda \left[ 1 - \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^4 \right] = \frac{S_0}{4} \left[ \lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right], \text{ пс/нм} \cdot \text{км} \quad (2.13)$$

Бу ерда:  $\lambda_0$  - дисперсияси нол бўлган тўлқин узунлик, нм;  $S_0$ -дисперсия эгилиш чизигининг эгилиши,  $\text{пс}/\text{нм}^2 \cdot \text{км}$ .

Дисперсияси силжитилмаган–стандартлаштирилган(ХЭИ-Т. G.652 тавсифи), дисперсияси силжитилган (ХЭИ-Т. G.653 тавсифи) ва дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган (ХЭИ-Т. G.655 тавсифи) турли турдаги бир модали толаларнинг материал ва тўлқин ўтказгич дисперсиянинг эгри чизиқлари Хамма турдаги оптик толаларнинг материал дисперсияси бир хил бўлади ва 1290 нм тўлқин узунлик қийматидан катта бўлган миқдорда мусбат белгига эга. Тўлқин ўтказгичли дисперсия манфий белгига эга. Стандарт бир модали толада унинг қиймати бир мунча миқдорга эга, материал дисперсия билан биргаликда 1310 нм тўлқин узунликда стандартлаштирилган толанинг хроматик дисперсия миқдори нол қийматини берди.

Оптик толанинг синиш кўрсаткич профил структурасини ўзгартирган ҳолда яъни толанинг тўлқин ўтказгич дисперсия қийматини ўзгартирган ҳолда материал ва тўлқин ўтказгич дисперсияси орасидаги қийматини ўзгартириш мумкин (соотношение) ва шундай ҳолатда натижавий хроматик дисперсия қийматини ҳам ўзгартириш мумкин. 2.25-расмда келтирилган.



2.27. – расм. Бир модали толаларнинг материал ва тўлқинли дисперсиясининг эгри чизиқларининг турлари : 1 – материал дисперсия; 2 – дисперсияси силжитилмаган бир модали толанинг тўлқинли дисперсияси; 3 – дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган бир модали толанинг тўлқинли дисперсияси.

Бу принцип асосида силжитилган оптик тола технологияси асосида (ХЭИ–Т . G.653 тавсифи) ва дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган (ХЭИ–Т . G.655 тавсифи) тола олиш мумкин. Бундай турдаги толалар 1530...1625 мкм тўқин узунликлар диапазонининг учинчи ва тўртинчи шавфофлик ойнасида ишлаш учун оптимизацияланган бўлиб. Унда 1550 нм тўлқин узунлигида минимал қийматдаги йўқотувчанлик сўнишига ва шу тўлқин узунлик диапазонида кичик қийматдаги дисперсияга эришиш мумкин.

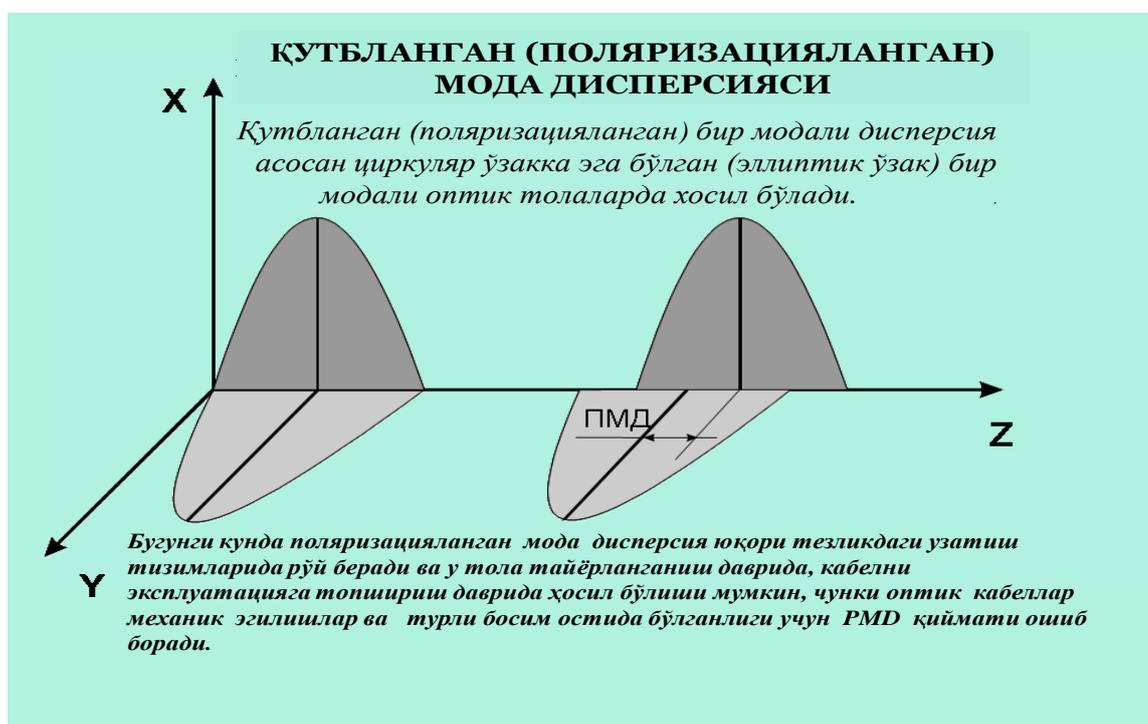
Оптик толанинг хроматик дисперсияси қиймати махсус тавсифга (спецификацияга) эга бўлиши қўйидаги параметрлар билан тавсияланади:

- дисперсия қиймати нол бўлган тўлқин узунлик  $\lambda_0$  нм;
- 1285...1330 нм ва 1530...1565нм ишчи тўлқин узунликлар диапазонида максимал дисперсияси қийматида бўлиши, пс/нмхкм

**Қутбли мода дисперсияси.** Бундай дисперсия иккита ортогонал модалар орасида дифференциал гуруҳ вақти билан ушланиб қолиш вақти билан характерланади бу эса импульсларни кенгайишига олиб келади, поляризацияли мода дисперсиясини найда бўлиш сабаби асосан кўндаланг кесим юзасини асимметриясини унчалик катта бўлмаслиги ҳисобига ҳосил бўлиб у ҳар доим реал ҳолатдаги оптик толаларда ўз ўрнига эга. Бундан ташқари бундай дисперсия оптик толаларга тушувчи турли кучланишлар ҳисобига ҳосил бўлади. Поляризацияли мода дисперсия қиймати иккита фактор комбинациясидан иборат:

- иккита нурни синиши ҳисобига линиявий;
- модаларни ўзаро таъсири ҳисобига.

Оптик толаларда поляризацияни мода дисперсиясини пайда бўлиши ички ва ташқи кўринишдан механизм ҳисобига бўлади.



2.28-расм.Қутбланган мода дисперсияси

Ички механизм деганда оптик толанинг ўзак ва қобиғини думалок бўлмаслиги, муҳофазаловчи қопламни концентрик бўлмаганлиги, тола ўзагини тола қобиғига нисбатан концентрик бўлмаганлиги, муҳофазаловчи қопламни эллиптиклиги учун, толага нисбатан муҳофазаловчи қопламни концентрик бўлмаганлиги, оптик тола учун қўлланган шиша ичидаги ички кучланганлик ҳисобига ҳосил бўлади. Поляризацияли мода дисперсиясини ташқи механизми оптик толага таъсир кўрсатувчи турли кучлар билан

боғлиқдир. Бу кучлар радиал равишда сиқувчи кучлананлик, оптик толаларни эгиш чоғидаги сиқилиш ва чўзилиш кучланганлиги, ва оптик толаларни бураш жарёнидаги кўзғалиш кучланганлиги.

Оптик толанинг асимметрия тафсилоти бутун узунликдаги ва вақт бўйича тасодифий тақсимланишлардан иборат бўлиб, у ўз навбатида қутбли мода дисперсия ҳолатининг табиатан статистик бўлишидир. Алоқа линиясининг битта учаскасидаги қутбли мода дисперсия қиймати тасодифий ҳолатда қўшилиши ёки айрилиши мумкин, бу эса оптик толанинг узунлиги қутбли мода дисперсия қиймати квадратли боғлиқликка эга. Қутбли мода дисперсиясининг асосий сабабаларидан бири бу қиймат ўзгармас ҳолда бўлиб, у кабеллаштириш жараён технологиясига боғлиқдир, чунки кабеллаштириш жараёнида кабелга кабелни ётқизиш ва уни монтаж қилиш пайтидаги турли хил сиқилишлар, буралиб кетишлар, эгилишлар каби турли хил таъсирлар кўрсатади.

Одатда махсус тавсифларда иккита параметр келтирилади, улар поляризацияли мода дисперсияси қийматидаги ҳар бир толанинг поляризацияли мода коэффициент қиймати ҳамда катта масофадаги линиянинг поляризацияли мода дисперсиясини коэффициент қиймати. Қутбли мода дисперсияси  $nc/(км)^{1/2}$  бўлган ўлчов бирлигида ўлчанади. Қутбли мода дисперсиясини коэффициент қийматини ўлчашда 1310 нм ва 1550 нм тўлқин узунликлари  $\delta$  учун бир хил қийматга эга.

Бир қанча толаларни бир – бири билан уланиш ҳисобига ҳосил бўлган каттадан – катта линиянинг поляризацияли мода дисперсияси коэффициентлари квадрат илдиз остидаги ҳар бир тола учун поляризацияли мода дисперсия коэффициентларини математик кўришли квадрати орқали аниқланади.

Алоқа линиясининг биринчи авлодларида қутбли мода дисперсия эффекти эътиборга олинмаган. Аммо алоқа линияларини каттадан – катта узунликда бўлиши ва оптик кучайтиргичларни тадбиқ этилиш ҳисобига қутбли мода дисперсия эффекти маълумотларни узатув масофасига ва узатиш тезликлар каби параметрларга таъсир кўрсата бошлади. Бунда айниқса ҳамма сатхлардаги ўтказиш полосаси кенглигига қўйиладиган талаблар айниқса магистрал тармоқлардан бошлаб имконият тармоқларигача бўлган ҳамма тармоқларда ҳосил бўлувчи поляризацияли мода дисперсиясига қаттиқ талаблар қўйилмоқда ва бу параметр алоқа линияларини қурилишида ва уларга техник хизмат кўрсатиш жарёнида қаттиқ назоратга олинмоқда.

## 2.8. Ночизикли тафсилотлар.

Одатда ночизикли оптик эффектлар узатилувчи оптик толали муҳитда электромагнит нурлантиришнинг ёриғмас тўлқинлари ўзаро таъсири ҳисобига ҳосил бўлади.

Бундай эффектлар катта узунликдаги линияларда ва юқори интенсивликка эга бўлган ёруғлик сигнал шароитида ҳосил бўла бошлайди, чунки ночизикли ўзаро таъсирлараро бутун узунликдаги регенерация

участкасида йиғиб боради. Ёруғлик сигналини ва оптик толанинг кварцдан иборат бўлган муҳитидаги таъсири бир қанча ночизикли эффектларни келиб чиқишига сабаб бўлади, улар ўз навбатида иккита категорияга бўлинади:

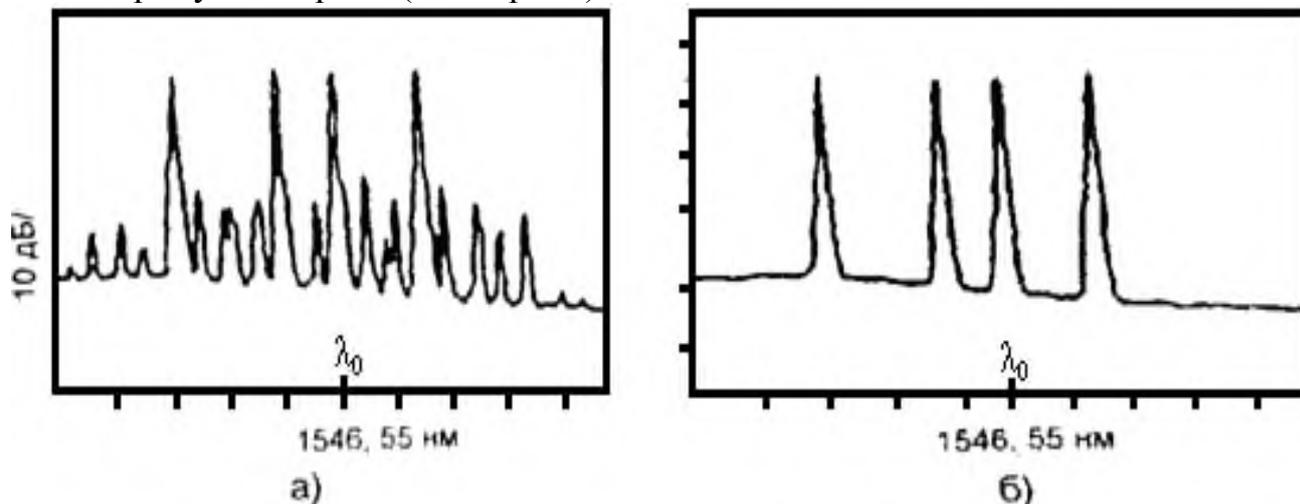
**Ўйилиб кетиш эффекти:**

- мажбуран ҳосил бўлувчи бриллюэн ўйилиши;
- мажбуран ҳосил бўлувчи раманов ўйилиши.

*Керр эффекти табиатида эга бўлган эффектлар*, яъни муҳит синиш кўрсаткичини узатув нурланиш интенсивлиги ҳисобига ўзгариши:

- фазоларнинг ўз-ўзига модуляцияси;
- фазоларнинг ўз-ўзига модуляцияси;
- тўрт тўлқинли силжиш.

Сигнал қувватини ошиши ҳисобига биринчи бўлиб тўрт тўлқинли эффект ҳолати пайдо бўлади. бу ҳолат иккита қўшни спектрал каналлар энергиясини ночизикли ўзаро таъсири натижасида иккита паразит каналларга ўтиб боради (2.27 - расм).



2.29. – расм. Бир модал толада тўртта тўлқинларни аралашувининг дисперсияга таъсири:

- а) 25 кмли  $\lambda_0=1546,55$  нм тўлқин узунликда  $D = \text{Опс/нм} \times \text{км}$  – дисперсияси силжитилган бир модал тола: б) 50 кмли True Wave русумдаги бир модал тола  $\lambda_0=1546,55$  нм да  $D = 25 \text{ пс/нм} \times \text{км}$  қийматда дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган бир модал тола.

Бунинг ҳисобига янги каналлар ишчи каналлар устига жойлашиб ҳалақитлар ҳосил қилади. Бундай эффектнинг таъсири жуда ҳам юқори бўлади, чунки дисперсияси нол бўлган тўлқин узунлик ишчи тўлқин узунлик диапозонида жойлашгандир. Бу ҳолат дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган G. 653 туридаги тола яққол сезилади.

Ночизикли эффектлар айникса, юқори тезликдаги узатув воситаларида муаммолар яратадаи, чунки уларда эрбийли оптик кучайтиргичлар қўлланилиши ҳисобига бўлиб, унда оптик толага юқори қувватли сигнал киритилади, спектрал зичлаштириш техникасини қўлланилиши ва улар жуда ҳам катта узунликка эгадирлар.

Оптик толалар бир қанча ночизикли тавсилотларга эга, булар ичидан бугунги кунга қадар ўрганилган икки турини кўриб чиқамиз [2.7].

**Эффектив майдон юзаси** –  $A_{эфф}$ . Бу параметр оптик тола кўндаланг юзадаги фазовий областни характерлайди, чунки бу ерда ночизикли ўзаро таъсирлар рўй боради. Дисперсияси силжитилмаган (G.652 ва G.654 турлари) толанинг поғонасимон синиш кўрсаткичли оптик толанинг эффектив юз –  $A_{эфф}$  ҳисоби учун толанинг юзасида фундаментал мода функциясини интеграллаштирилган тақсимланиш учун гаусс апроксимациясидан фойдаланган ҳолда бу ифода қуйидаги кўринишига эга:

$$A_{эфф} = \pi\omega^2 \quad (2.14)$$

бу ерда:  $\omega$  - мода майдонининг радиуси.

Чегаравий тўлқин узунликка нисбатан катта тўлқинлар учун дисперсияси силжитилган ва дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган G.653 ва G.654 туридаги толалар учун бир мунча умумлаштирилган эмпирик формула кўлланиб, унга кўшимча равишда тўғриловчи коэффициент – корректирловчи  $k$  фактори киритилади:

$$A_{эфф} = K \cdot \pi \cdot \omega^2 \quad (2.15)$$

Шундай қилиб, маълум бир турдаги толанинг эффектив кесим юзасини маълум бир тўлқин узунлик учун аниқ равишда аниқлаш учун мода майдони ва мода майдони диаметрини  $A_{эфф}$ га нисбати кўринишидаги корректирловчи факторни билмоқ зарур.

Умумий ҳолатда корректирловчи  $K$  фактори тўлқин узунликка, толанинг синиш кўрсаткич профили каби конструкциясига боғлиқ. Турли синиш кўрсаткич профилига эга бўлган бир неча турдаги толалар учун корректирловчи фактор қиймати 2.12-жадвалда келтирилган.

Корректирловчи K- фактор қиймати		2.12. – жадвал	
Тола тури (ХЭИ – Т тавсифи)	1310 нм	1550 нм	
	Тўлқин узунликлар учун тўлдирувчи фактор		
G.652	0,970... 0,980	0,955...0,965	
G.654	–	0,975...0,985	
G.653	0,940...0,950	0,945...0,960	

Агар 1520...1560 нм бўлган бир мунча кичик диапазондаги тўлқин узунлигидаги дисперсияси силжитилмаган ва дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган G.653 ва G.655 туридаги толалар учун корректирловчи фактор ҳеч қачон тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмайди.

**Ночизикли коэффициент.** Жуда ҳам катта интенсивликка эга бўлган майдонда оптик толанинг ўзак материални синиш кўрсаткичи.

Нурланишнинг интенсивлигига боғлиқ бўла бошлайди ва қуйидагича аниқланади .

$$n = n_0 + n_2 I = n_0 + n_2 \frac{P}{A_{эфф}}, \quad (2.16)$$

бу ерда:  $n$ -синиш кўрсаткичи;  $n_0$ -синиш кўрсаткичининг чизикли қисми;  $n_2$ -синиш кўрсаткичининг ночизикли қисми;  $I$ -ёруғлик оқимининг интенсивлиги;  $P$ -нурланиш қуввати.

Синиш кўрсаткичининг ночизикли қисми  $n_2$ -фақатгина оптик тола шишасининг хусусиятини характерлайди. Оптик толада бу қийматни узлуксиз равишда ўлчов усули халигача тўлиқ равишда ишлаб чиқарилмаган. Оптик тола ўзак шишаси кўндаланг юзаси таркиби ва физик тафсилотлари бир жинслик эмас ва умумий ҳолатда синиш кўрсаткичининг ночизиклиги тола ўзагининг турли областларида турли хил бўлиши керак.

*Ночизиклик коэффиценти* –  $n_2 / A_{эфф}$ -оптик толалардаги ночизиклик хусусиятини тўлиқ равишда характерлайди ва тезлиги чегараланиш масалаларини кўриб чиқишда ва инженерлик ҳисоблари учун қўлланади. Аммо ночизиклик коэффиценти  $-n/A_{эфф}$  нинг ночизиклигини  $-n_2$  сонли қийматларига қўйиладиган талаблар ҳозирга қадар ишлаб чиқарилмаган (неформализован).

## 2.9. Геометрик тафсилотлар.

Оптик толали алоқа ўзатув линияларини қуриш ва уларни эксплуатация учун қўлланувчи оптик толаларнинг асосий тавсилотларидан бири геометрик тавсилотлар ҳисобланади. Умуман оладиган бўлсак толанинг геометрик тавсилотлари асосий сифат кўрсаткичи бўлиб ҳисобланади ва оптик толанинг узунлиги бўйича унинг параметрлари стабиллаштирилади бу эса тола ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштируви билан боғлиқдир.



2.30 – расм.Оптик толанинг геометрик ўлчамлари

Оптик толанинг геометрик параметрлари асосий факторлардан бўлиб ҳисобланади ва бу параметрлар асосида алоқа линияларини қурилиши учун лозим бўладиган сарф – харажатлар сатҳини толаларни бир – бири билан пайвандлаб улаш сони ва сифатига боғлиқдир. Оптик толаларнинг геометрик параметрларига қўйиладиган қаттиқ талаблар толаларни пайвандлаб улаш жараёнини тезлаштиради ва соддалаштиради, текширув бўйича талабларни камайтиради бу эса ўз навбатида оптик толаларни пайвандлаб улашни юқори сифатли бўлишини таъминлайди. Бунга мисол қилиб оптик толаларнинг қобиқ диаметрига қўйиладиган талаб рухсатларига эътибор бермаслик ўз навбатида оптик улагичларга киритилиб уланиши дала шароитида бир мунча қийнлаштиради, тола ўзагини тола қобиғига нисбатан концентрик бўлмаганлиги эса кутилмаган ҳолда пайвандлаб уланган жойлардаги йўқотувчанликни ошишига олиб келади. Толанинг кичик эгилиш радиуси ҳисобига унинг бир мунча миқдорда шахсий эгилиши ўз навбатида бир вақтнинг ўзида бир нечта толаларни пайвандлаб улашда катта ўзгариш ҳолатига олиб келади, натижада, эса пайвандлаб уланган жойларда катта йўқотувчанлик бўлишига олиб келади. Бундай ҳолатлар бўлмаслиги учун тола ишлаб чиқариш жараёнида толанинг геометрик параметрларини қаттиқ назорат остига олиш зарур.

Оптик тола ишлаб чиқарувчи фирма томонидан ҳар бир тола паспортда оптик толанинг геометрик параметрларини тавсифловчи параметрлар комплекси ёрдамида ёритилиши лозим:

- тола қобиқ диаметри;
- тола қобиғи диаметрига рухсат;
- тола ўзак диаметри;
- тола ўзак диаметрига рухсат;
- тола қобиғининг максимал ва минимал диаметр қийматларига ўртача диаметр қиймати бўлиш ҳисобига ҳосил бўлувчи тола қобиғининг думалоқ бўлмаганлиги;
- тола ўзаги ва тола қобиғи марказлари оралиғидаги масофа ёки тола ўзагига тола қобиғига нисбатан концентрик бўлиши ҳисобига ҳосил бўлувчи хатолик;
- мухофазаловчи қоплаш диаметри;
- тола қобиғи ва толанинг мухофазаловчи қоплам марказлари орасидаги масофа ёки толанинг мухофазаловчи қопламини тола қобиғига нисбатан концентриклиги ҳисобига ҳосил бўлувчи хатолик;
- шахсий эгилиш радиуси;
- қурилиш узунлиги.

Жаҳоннинг етук Corning Inc, OFS Sumitome ва бошқа фирмалари томонидан ҳозирги пайтга қадар етказилган бирмунча толаларнинг геометрик параметрлари қийматлари ҳақида маълумот 2.13-жадвалда келтирилган.

2.13. – жадвал.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Қиймати
Қобик диаметри	мкм	$\pm 0,7$
Қобикнинг думалоқ бўлмаслиги	%	$\leq 1$
Тола ўзагининг концентриклигидаги хатолик	мкм	$\leq 0,4$
Қоплаш диаметрининг рухсат этилиши	мкм	$\pm 5$
Қоплаш концентриклигидаги хатолик	мкм	$\leq 12$
Шахсий эгилиш радиуси	метр	$\geq 4,0$

## 2.10. Механик тафсилотлар ва эксплуатацион ишонччилик

Оптик толаларнинг механик тафсилотларига асосий параметрлардан ҳисобланади ва у орқали оптик-толали алоқа линияларини қуриш ва монтаж жараёнида кабелларни ётқизиш, уларни монтаж, таъмирлаш ва уларга техник хизмат кўрсатиш каби жараёнларнинг эффективлигини аниқлаб беради. Бу тафсилотлар оптик кабелларни ва ўз навбатида алоқа линияларини кўп йиллар давомида эксплуатацион ишонччилик каби муаммоларни ечиш учун лозим бўлади.

Потенциал жиҳатдан қарайдиган бўлсак оптик тола жуда ҳам юқори мустаҳкамликка эга. Бизга маълумки дефектсиз бўлган оптик толанинг мустаҳкамлиги худди шундай юзага эга бўлган пўлат симдан юқори. Аммо амалиётда эга алоқа линияларда қўлланувчи оптик толаларга бир мунча миқдорда бўлган иккала ҳисобига узилишлар ҳосил бўлиб туради. Шишадаги микро ёрилишлар ва дефектлар оптик толанинг мустаҳкамлигини бир неча ўнлаб маротаба мустаҳкамлигини камайтиради, чунки толларнинг чўзилиши, намгарчилик ва юқори ҳарорат микро ёрилишларни нормал шароитида тезда ошиб кетишга олиб келади ва бир неча йил ёки бир неча ой ичида узилишлар сони ошиб кетишга олиб келади.

Шундай қилиб, оптик толанинг узоқ вақт мобайнида механик асосий фактор бўлиб, у ўз навбатида эксплуатация жараёнида оптик толанинг механик мустаҳкамлигини таъминлаб беради. Оптик толани узоқ вақт мобайнида ушлаб туриш статистик чарчаш параметри  $n$  орқали аниқланиб у ўз навбатида ўлчов бирлиги сўз бўлган параметрдир. Бу параметр ёрилишларни ўсиш сонини толани чўзилишини ўзаро боғлайди.  $n$ -қиймати қанчалик катта бўлса, оптик толанинг мустаҳкамлиги шунчалик юқори бўлади.  $n$ -параметрининг қиймати эксперимент натижасида аниқланади ва ҳар доим оптик толанинг паспортида кўрсатилиши керак. стандарт толалар учун  $n$ -қиймати 20 бўлса, махсус мустаҳкамликка эга бўлган толалар учун  $n=25$  қадар етиб боради.

Толанинг бошланғич инерт мустаҳкамлиги оптик толанинг эксплуатацион мустаҳкамлигини баҳолашда иккинчи фактор бўлиб ҳисобланади. Бу параметр бутун узунликдаги толада кўплаб равишдаги дефектлар ўлчови орқали аниқланади. Бундай энг бўш бўлган звенони аниқлаш учун тола тайёрлаш процессида юклама остида қайта ўралади

(proof-test) қурилиш узунлигидаги толани қайта ўралишда лозим бўладиган (фиксированная) тортиш кучи тайинлаб қўйилади. Қайта ўралишдаги тортилиш кучи ГПа ўлчов бирлигига ёки толани узайиши % орқали кўрсатилади.

Узунлиги 100 км бўлган линияни 25 йил мобайнида бузилиш эҳтимоллиги 0.001 жуда ҳам кичик қийматдаги линияни авариясиз хизмат кўрсатиш муддатини гарантиялаш учун тортиб қайта ўрашни эксплуатацияга бўлган нисбати қайта ўраш захираси деб аталади ва унинг қиймати 3-4 бўлади. бундай ҳолда оптик толани юклама остида қайта ўралиш жараёни толани мустахкамлигини ўзгариши ва ўз навбатида ёмонлашувини тақсимланиши эътиборга олиш керак.

Ишлаб чиқариш амалиётида кўпчилик толалар учун қайта ўралиш ҳолатидаги тортилиш куч қиймати 0.7 ГПа бўлса, сув ости кабеллари учун қўлланувчи толалар учун эса тортилиш кучи 1.4 ГПа бўлади. одатда бу қийматлар тола учун берилган паспортда кўрсатилади.

*Эксплуатацион жараёнида толани чўзилиши* учун фактор бўлиб ҳисобланади ва у орқали эксплуатацион механик ишончлилик аниқланади. кабел ичидаги оптик толанинг кучланганлик ҳолати ўз навбатида механик ишончлигини камайишига олиб келади ва турли сабаблар ҳисобига бўлади, булар: оптик кабел тайёрлаш технологияси бузилиш, яъни лозим бўлган тола узунлигини тўғри танламаслик ёки кабел тайёрловчи ускунани ишлашидаги турли тўхташлар, кабел ётқизилиш технологиясини бузилиши, ер кўчишлари каби сейсмик ўзгаришлар, эксплуатация жараёнида осилган кабелларни музлаши ва х.к.

Юқорида келтирилган маълумотдан шуни хулоса қилиш мумкинки, кабел ичида ва ётқизилган линияларда оптик толаларни чўзилиши назорати асосий параметр бўлиб ҳисобланади. Кабел ичидаги толаларни чўзилиш бўйича ҳозирги замон диагностикаси учун толалар ичида ёруғлик нуруни спектрларни бриллюэн сочилишини анализига асослангандир. Бундай усул ёрдамида толаларни чўзилишини баҳолашда линияларни мустахкам бўлмаган участкалари аниқланди ва у ёрдамида эксплуатация жараёнида толаларни механик мустахкамлиги баҳоланади.

Линиядаги оптик толаларни чўзилиш чегараларини баҳолашда 100 км линия 25 йил мобайнида узилиш эҳтимоллиги 0.001 бўлган қиймат учун линиянинг эксплуатацион мустахкамлигини кафолатлаш учун унинг нисбий чўзилиши ёки рухсат этиладиган чўзилиш қиймати 0.2...0.25% дан ошмаслиги керак. бу қиймат толани рухсат этиладиган чўзилиш критария бўлиб, у бриллюэн рефлектометри ёрдамида алоқа линияларининг мустахкам бўлмаган участкаларини ўлчов натижасида аниқлаш имконини беради .

*Тола устидаги мухофазаловчи қопламани тозалаш* кучи ҳам толанинг механик тавсилотларига таалукли бўлиб, алоқа линияларида қўлланувчи оптик толани алоқа линияларини қурилиши, таъмирлаб қайта тиклаш ишлари ҳамда алоқа линияларига техник хизмат кўрсатиш жараёнида бундай ишларни бажаришни бир мунча енгилроқ ва эффектив бўлишини кўрсатувчи бўлиб ҳисобланади. Юқорида қайд этилган ишларни бажаришда оптик

толаларни осон равишда очиб ташлаш, оптик толаларни пайвандлаб улашда ҳамда уланувчи толаларни текис равишда кесиш ишларидан ташкил топади.

Оптик толани мухофазаловчи қопламини тозалаш куч қиймати оптик толаларнинг паспортида кўрсатилади. Бундай куч қиймати қуруқ ва намгарчилик атмосфераси остида бўлган толалар учун бир хил қийматга эга.

### **Ташқи таъсир омили остида бўлган оптик толалар тафсилоти**

Оптик толани ўраб турувчи ташқи таъсир фактори тола параметрларини стабил бўлишига минимал равишда бўлиш лозим. Одатда оптик толаларнинг паспортида толанинг эскириш тадқиқотида рухсат этиладиган сўниш коэффициентини ўзгариш қиймати қуйидаги ҳоллардаги таъсирларда кўрсатилади:

- хона ҳарорати  $+23^{\circ}\text{C}$  бўлган толани қийматларда;
- $-600\text{C}$  дан  $+850\text{C}$  ҳарорат интервалида;
- $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  ҳароратдаги сувда чидам бардош бўлиши;
- $+85^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  бўлган иссиқлик бўйича эскириш ҳароратида

Хозирги замон оптик толалар учун ўраб турувчи муҳитнинг таъсир этувчи ташқи факторларида сўниш коэффициентининг ўсиши  $0.05\text{ дБ/км}$  бўлган қийматдан ошмаслиги керак.

### **Оптик толалар бўйича Ҳалқаро электр алоқа ташкилотининг тавсиялари**

Алоқа соҳаси учун қўлланувчи оптик тола ва кабелларнинг тавсилотлари ва улар параметрларини ўлчаш усуллари халқаро электр алоқа иттифоқини электр алоқани стандартлаштириш секторининг (ХЭИ-Т) 15 та масалалари, тўртта ишчи гуруҳи ва 15 та тадқиқот комиссия томонидан регламентлантирилади ва тавсифланади.

Бу масалалар бўйича қуйидаги тавсилотлар кўриб чиқилади [27; 2.11...2.15]:

- ХЭИ-Т нинг G.650 тавсифи 2001 йилда ишлаб чиқилган бўлиб, у бир модели толаларнинг параметрларини ва ўзини ўлчов усуллари аниқлайди (ITU-T Recommendation G. 650 Definition and test methods for the relevant parameters of single mode fibers, 2001);

- ХЭИ-Т нинг G.651. 50/125 мкм ўлчов градиент синиш кўрсаткич профилли оптик тола ва шу асосдаги кабелнинг тавсифи 1998 йилда ишлаб чиқилган (ITU-T Recommendation G. 651 Characteristics of a 50/125  $\mu\text{m}$  multimode graded index optical fiber cable, 1998);

- ХЭИ-Т нинг G.652 тавсифи. Бир модели тола ва шу асосдаги кабелнинг тавсифи, 2001 йилда ишлаб чиқилган. (ITU-T Recommendation G. 652 Characteristics of a single mode optical fiber cable, 2001);

- ХЭИ-Т нинг G.653 тавсифи. Дисперсияси силжитилган бир мода тола ва шу асосдаги кабелнинг тавсифи, 2001 йилда ишлаб чиқилган (ITU-T

Recommendation G. 653 Characteristics of dispersions-shifted single mode optical fiber cable, 2001);

- ХЭИ-Т нинг G.654 тавсифи. Кесиш тўлқин узунлиги силжитилган бир модали тола ва шу асосдаги кабел тавсифи 2001 йилда ишлаб чиқилган (ITV-T Recommendation G. 654 Characteristics of a cut – off Shifted Single mode optical fiber cable, 2001);

- ХЭИ-Т нинг G.655 тавсифи. Дисперсияси силжитилиб нол бўлмаган бир модали тола ва шу асосдаги кабел тавсифи, 2001 йилда ишлаб чиқилган. (ITV-T Recommendation G. 655 Characteristics of a non-zero dispersion – shifted single mode optical fiber cable, 2001).

Бир модали толаларни кўп сатхли иерархия асосидаги қоидага киритилишда қуйидагиларга эътибор берилади:

- тавсиф битта турдаги толани ёритади;  
- тола тури ўз ичига қуйида тахминий келтирилган бир хил бўлган шартларни ўз ичига олади:

- ишчи тўлқин узунлигининг асосий области;
- ишчи тўлқин узунлигининг асосий областидаги хроматик Дисперсия қиймати;

- ҳар бир турдаги тола ўз навбатида бир қанча синфларга бўлинади ва улар тавсилоти умумий иккита (признаки) шартлари асосида бўлади<sup>4</sup>

- базавий (асосий) синф – қай бири учун биринчи маротаба яратилган тавсиф кўрсатиладиган жадвалда ҳар доим биринчи ўринди ёрилади.

Оптик толанинг геометрик, оптик, узатув ва механик параметрлари толанинг кабелнинг ва алоқа линиянинг хусусияти бўйича урта тоифага бўлинади.

Монтаж қилиб тугатилган линия бир нечта қурилиш узунлигидаги оптик кабеллар бир-бири билан улагинишдан ташкил топади, шунинг учун линиянинг узатиш параметрлари фақатгина бошқа-бошқа қилиб уланган қурилиш узунликларидаги кабелни пайвандлаб уланган жойлари ва комплектлари билан уланган жой ҳамда ётқизилиш жараёнидаги параметрларнинг статистик маълумотларини ҳам эътиборга олмоқ зарур.

Маълумотлар учун ХЭИ-Т нинг бир модали толалар ва шу асосдаги кабел бўйича ишлатилиши мумкин бўлган алоқа узатиш тизимларининг тавсифи келтирилган:

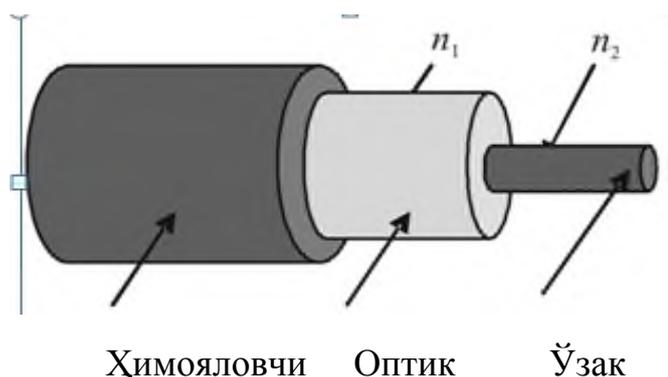
- ХЭИ-Т нинг G.957 тавсифи. Синхрон рақамли иерархия тизимлари ва ускуналари учун оптик интерфейслар, 1999 (ITV-T Recommendation G. 957. Optical interfaces for equipment and systems relating to the synchronous digital hierarchy, 1999).

- ХЭИ-Т нинг G.691 тавсифи. STM-64 ва STM-256 сатҳидаги бир каналли тизимлар ва оптик кучайтиргичли синхрон рақамли иерархиянинг бошқа тизимлари учун оптик интерфейслари, 2001. (ITV-T Recommendation G. 691. Optical interfaces for channel STM-64, STM-256 Systems and other SDH systems with optical amplifiers, 2001);

- ХЭИ-Т нинг G.692 тавсифи. Оптик кучайтиргичли кўп каналли тизимлар учун оптик интерфейслар, 1998 (ITV-T Recommendation G. 692. Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers, 1998).

### 2.11.Оптик толанинг асосий тафсилотлари.Оптик толанинг асосий тузилмаси

Оптик тола ёки нур ўтказгич асосан икки қатламдан иборат бўлиб, улар толанинг ўзак қисмидан ва толанинг қобик қисмидан ташкил топади(1.1-расм). Оптик толанинг марказида жойлашган ўзак асосан ёруғлик нур кўринишидаги маълумотларни узатиш учун ишлатилса, уни ўраб турувчи синдириш кўрсаткичи бўйича бир мунча фарқ қилувчи қобик тола ўзагини ўраб туради ва у ўз навбатида тола ўзаги бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нурларини тўлиқ ички қайтув ҳолатини таъминлаб туради. Кварцдан тайёрланган тола ўзаги ва тола қобиғини монтаж ишлари жараёнини осонлаштириш мақсадида тола қобиғи устидан мухофазаловчи қоплам қопланади.



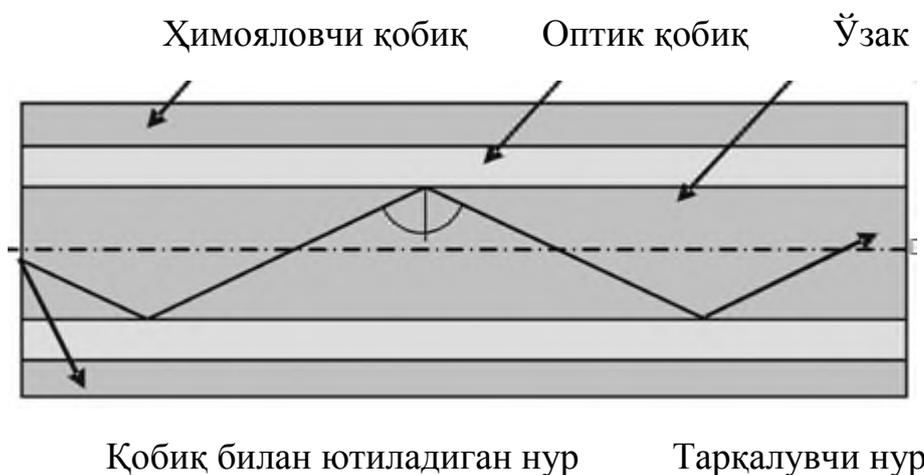
2.31-расм. Оптик толанинг конструктив тузилиши



2.32- расм. Бир модали оптик толанинг конструкцияси

Одатда оптик тола тайёрлашда оптик тола қобиғининг синдириш кўрсаткичи оптик тола ўзак синдириш кўрсаткичидан маълум бир миқдорда кичик бўлиши керак ( $n_2 < n_1$ ). Оптик тола ишлаб чиқарувчилар лозим бўлган тавсилотларга эга бўлган оптик тола ишлаб чиқариш жараёнида тола ўзаги ва тола қобиғининг синдириш кўрсаткичларини ўта қаттиқ ҳолда назоратлаб турадилар. Шунини таъкидлаш керак бўладики, оптик толанинг ташқи муҳофазаловчи қоплами битта ёки иккита полимер қатламлардан иборат бўлиб, улар ўз навбатида тола ўзаги ва тола қобиғининг оптик хусусиятларига таъсир қилмаслик учун турли хил механик ва бошқа таъсирлардан ҳимоялайдилар. Шунинг учун оптик толанинг ташқи муҳофазаловчи қоплами тола ўзаги ичида ҳаракатланувчи ёруғлик нурини тарқалиш жараёнига таъсир кўрсатмайди, фақатгина у толани турли хил зарбалардан сақлайди.

2.33-расмда оптик тола бўйлаб ёруғлик нурини тарқалиш жараёни кўрсатиб ўтилган. Агар ушбу расмга назар соладиган бўлсак толани ажратиб турувчи тола ўзаги ва тола қобиғи”ни ажратиб турувчи чегарага катта критик бурчак остида тушувчи ёруғлик нури ушбу чегарада тўлиқ равишда ички акс қайтув ҳолати остида бўлади, шунинг учун тола ўзагига киритилган нур тола ўзагини кесиб ўтиб, толани “ўзак-қобиқ” чегарасига тушувчи нурнинг тушиш бурчаги тола қобиқ чегарасидан қайтувчи нур бурчагига тенг бўлади ва шу ҳолда тола ўзаги бўйлаб ёруғлик нури тола ичида ҳаракатланади. Шундай қилиб, ёруғлик нури бутун тола бўйлаб зигзаг кўринишида ҳаракатланиб боради.



2.33-расм. Оптик тола бўйлаб ёруғлик нурунинг ҳаракатланиши.

Оптик толанинг ўзагига критик бурчакдан кичик бурчакда тушувчи ёруғлик нури толанинг қобиғига кириб боради ва тола ичида ҳаракатланиб бориши жараёнида сўниб боради, одатда толанинг қобиғи ёруғлик нурини ўтказиш учун мўлжалланмаган, шунинг учун тола ичида ҳаракатланувчи ёруғлик нури тезда ютилиб сўниб боради. Шунингдек, бу ҳолатда, яъни 2.31-расмда кўрсатиб ўтилганидек ёруғлик нури “ҳаво-тола” чегарасида синиб боради. Бундай ҳолатда ёруғлик нурини ҳаракатланиб бориши

Снеллиус синдириш қонуни бўйича ва толанинг ўзак ва қобик синдириш қийматлари бўйича бўлиб ўтади. Тўлиқ ички қайтуви асосан оддий оптик тола бўйлаб ҳаракатланиш асоси бўлиб хизмат қилади. Ушбу ҳолат тахлили шуни кўрсатадики, тола бўйлаб фақатгина тола ўзак ўқи бўйлаб ўтиб бориб, ҳар бир қайтувчи меридин нурлари ҳисобга олинади. Бошқа, асимметрик деб аталувчи нурлар эса тола бўйлаб ҳаракатланиб боради ва улар тола ўзак ўқи бўйлаб ўтиб бормаيدилар. Асимметрик нурларнинг ҳаракатланиш траекторияси спирал кўринишда бўлиб, улар фақатгина марказий ўқ атрофида айланиб ўралиб борадилар. Қоида бўйича асимметрик нурлар кўпчилик оптик толали жараёнларни тахлил қилишда эътиборга олинмайди.

Оптик тола бўйлаб бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нурларининг махсус авзалликлари оптик толанинг ўлчамлари, тола таркиби, тола ичида ёруғлик нурларининг ҳаракатланиш жараёни каби кўплаб омилларга боғлиқдир.

Бундай турли хил омилларнинг ўзаро таъсирларини билиш учун кўплаб оптик толанинг ривожланиш босқичларини тушунтириб беради. Чунки оптик толанинг ўлчамлари жуда ҳам кичик бўлишлиги ҳамда тола бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нури учун қўлланувчи тола ўзагининг ўлчамлари 8 ... 100 мкм гача борса ҳам, тола қобиғининг ўлчамлари 125 дан 140 микрометргача боради, буларни таққослаш учун соғлом инсоннинг соч диаметри 70 дан 100 микрометргача боришини эътиборга олиш мумкин бўлади. Одатда оптик толанинг ўлчамларини кўрсатишда аввал толанинг ўзак диаметри кўрсатилади ва ундан кейин толанинг қобик диаметри кўрсатилади, мисол учун 50/125 деган белгиланишда 50 рақами оптик толанинг ўзак диаметрини билдиради ва 125 рақами оптик толанинг қобик диаметрини билдиради.

### **Оптик тола туркумлари**

Оптик толалар иккита усул бўйича туркумланади: биринчидан, оптик тола тайёрланувчи материал бўйича ва иккинчидан оптик толанинг ўзак синдириш кўрсаткичи ҳамда ёруғлик нурининг мода тузилмаси бўйича туркумланади. Одатда кварц шишадан тайёрланган оптик тола шишадан тайёрланган ўзакдан ва синдириш кўрсаткичи бир мунча кичик бўлган шишадан тайёрланган қобикдан иборатдир. Ушбу оптик тола учун қўлланган кварц шиша учун ўта тоза бўлган ҳамда ўта шавфоф бўлган кремний диоксиди ёки эритилган кварц қўлланади. Агар оптик тола денгиз сувидай жуда ҳам шавфоф бўладиган бўлса, у ҳолда Тинч океанида жойлашган 11022 метрли Мариан чуқурлигидаги жуда ҳам чуқур жойни кўриш мумкин бўлади. Шунинг учун оптик тола тайёрлашда керак бўлган синдириш кўрсаткичига эга бўлиш учун шиша таркибига бир қанча қўшимчалар қўшилади. Мисол учун, германий ва фосфор қўшимчалари кварц шишани тайёрлашда қўшиладиган бўлса, у ҳолда шишанинг синдириш кўрсаткичи ошиб боради, бор ва фтор қўшиладиган бўлса, у ҳолда шишанинг синдириш кўрсаткичи камайиб боради. Бундан ташқари оптик тола тайёрлаш учун қўлланувчи шишани тортиб олиш вақтида шиша тарибида бир қанча

аралашмалар бўлиши мумкин. Бундай аралашмалар ҳам оптик толанинг хусусиятига таъсир этиб ёруғлик нурини сочилиш ва ютилиши ҳисобига сўниш қийматини ошириб юбориши мумкин.

Оптик толанинг шишадан тайёрланган тола ўзаги ҳамда пластикли қобиқга эга бўлган тавсилотлари тўлиқ равишда кварц шишадан тайёрланган оптик толага қараганда унчалик яхши бўлмаса ҳам улар бир қанча жойларда қўлланмоқда.

Пластикли оптик толаларнинг ўзаги ва тола қобиғи пластикдан тайёрланади. Агар пластикли оптик толаларни бошқа турдаги толалар билан солиштириладиган бўлса, улар сўниш қиймати ва ўтказиш полосаси нуқтаи назаридан бир қанча чегаралангандир, аммо бундай пластикли толаларнинг тан-нархи кичик бўлишлиги ва уларни содда бўлишлиги ҳисобига сўниш қиймати ва ўтказиш полосасини унчалик кичик бўлмаганлиги бўлса ҳам бундай толаларга бўлган талаблар ҳам бўлмоқда. Бундай пластикли толалар бўйлаб электромагнит тўлқинларни узатувида электромагнит тўлқинларга чидамбардошлиги ва маълумотлар узатувининг ҳавфсизлиги ҳисобига уларни қўлланилиши ўзини анча оқламоқда. Пластикли толалар шишадан тайёрланган толаларга қараганда бир мунча мустаҳкам бўлишлиги, эгилиш радиусини кичик бўлишлиги ҳамда ишлатилгандан сўнгра тезда ўз ҳолига қайтиши ҳисобига анча авзалликга эгадир. Бундай турдаги толалар ҳозирги пайтда автомобилсозликда, ҳаракатдаги ҳарбий техникада ва самолётсозликда ҳамда турли хил маиший техникаларни ишлаб чиқариш жараёнида кенг равишда қўлланмоқда.

Иккинчи туркумга мансуб бўлган оптик толаларнинг учта асосий профиллари ва толалар бўйлаб электромагнит тўлқинларни ёруғлик нури кўринишида ҳаракатланиши 2.24- расмда келтирилган.

Агар ушбу расмга назар соладиган бўлсак, унда бир қанча фарқланишларни кўришимиз мумкин бўлади.

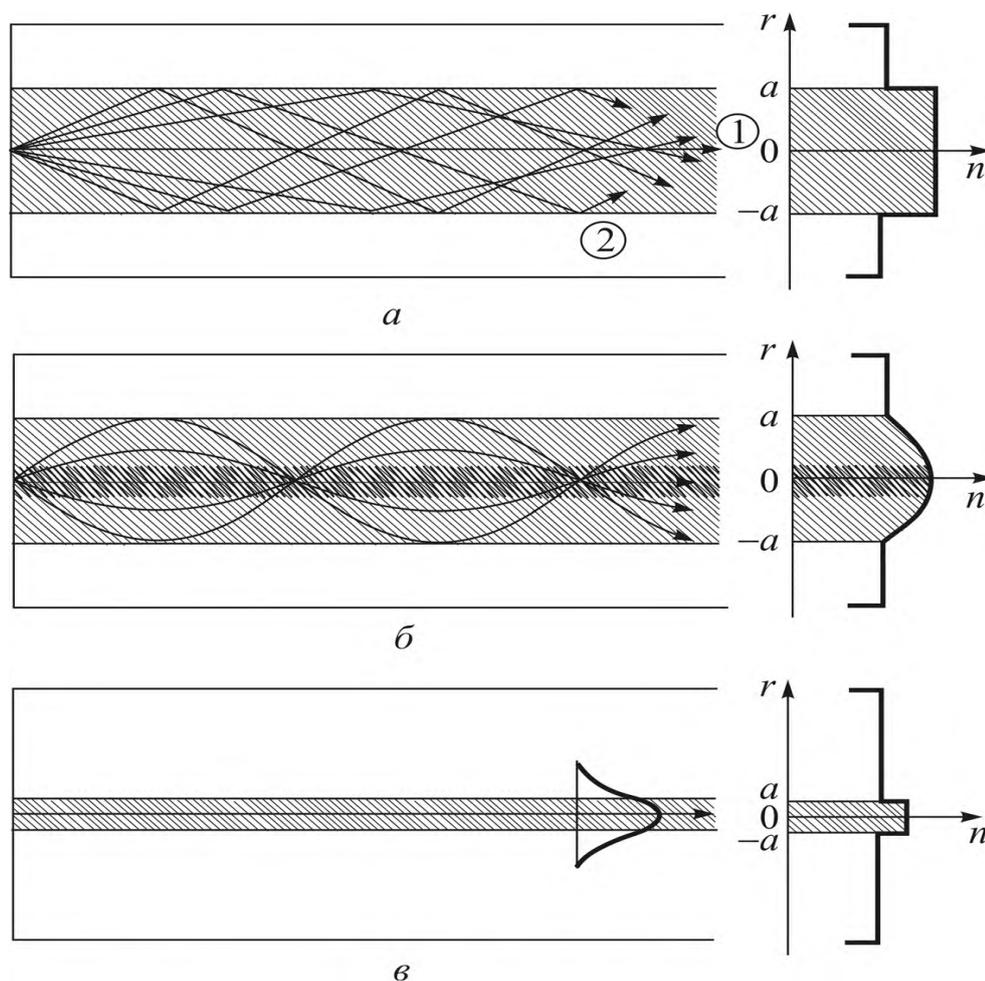
**Биринчи фарқланиш** – оптик толага киритилувчи ва оптик толадан чиқувчи импульсларни турли хилда бўлишлигидир. Импульс амплитудасининг кичрайиб бориши толанинг сўниши билан боғлиқдир, импульснинг кенгайиб бориши эса толанинг ўтказиш полосасининг охириги қиймати ва тола бўйлаб узатилаётган маълумотлар сиғимини чегараланиши билан боғлиқдир.

**Иккинчи фарқланиш** эса тола бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нурининг траекторияси билан боғлиқдир.

**Учинчи фарқланиш** турли хил толалар учун тола ўзаги оптик тола қобиғининг синдириш кўрсаткичлари қийматларини тақсимланиши билан боғлиқдир. Юқорида кўрсатиб ўтилган ҳар бир фарқланишларнинг тушунчаси ҳамма турдаги толаларни кўриб чиқилганидан сўнгра тушунарли бўлади. Оптик толанинг синдириш кўрсаткич профиллари оптик толанинг ўзак ва оптик қобиқ синдириш кўрсаткичлари орасидаги фарқланишларини билдиради. Ҳозирги пайтда иккита асосий синдириш

кўрсаткичлар кўринишлари мавжуд, булар, поғонасимон ва секин-аста текисланиб борувчи градиент синдириш кўрсаткич профиллари.

Поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган оптик тола ўзаги бир таркибли синдириш кўрсаткичига эга бўлиб, унда синдириш кўрсаткичлар фарқи оптик тола ўзаги ва оптик тола қобик чегарасида кескин сакраш кўринишига эга. Агар оптик толанинг ўзак синдириш кўрсаткичи бир таркибли бўлмайдиган ҳолат бўладиган бўлса, у ҳолда синдириш кўрсаткичи марказда максимал қийматда бўлади, толанинг ўзак ва қобик орасида синдириш кўрсаткичлар кескин равишда сакраб ўзгарувчан ҳолати бўлмайди.



2.32-расм. Ёруғлик нурларини оптик тола бўйлаб ҳаракатланиши:

а– поғонасимон синдириш кўрсаткич профилига эга бўлган кўп модали оптик тола бўйлаб нурларни ҳаракатланиши; б– градиент синдириш кўрсаткич профилига кўп модали оптик тола бўйлаб нурларни ҳаракатланиши; в– бир модали оптик тола бўйлаб нурларни ҳаракатланиши

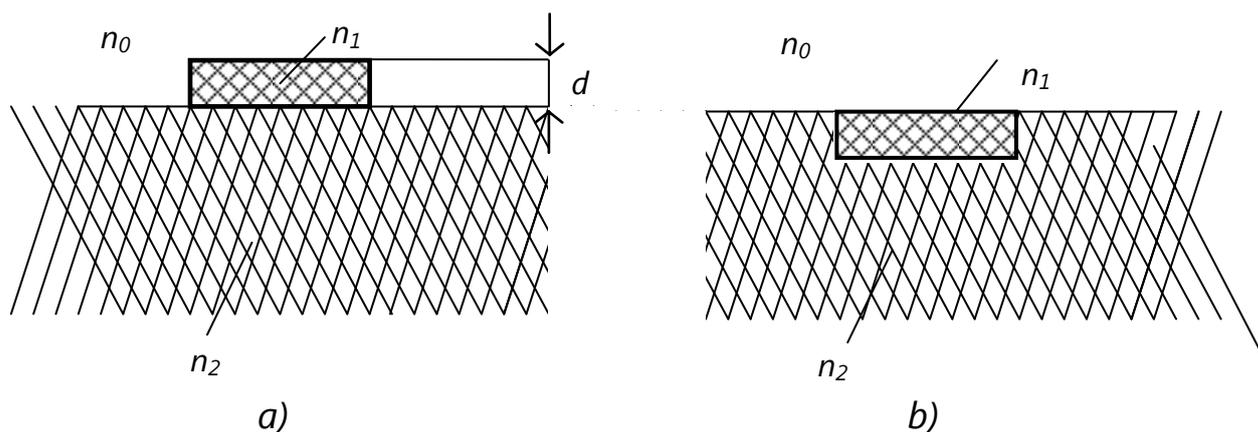
Юқорида кўрсатиб ўтилганлар асосида учта кўринишдаги оптик толалар мавжуддир: поғонасимон синдириш кўрсаткич профилига эга бўлган кўп модали оптик тола; тола ўзак синдириш кўрсаткичи тола қобик томонга секин-аста ўзгарувчан профилидаги кўп модали оптик тола ва у градиентли

синдириш кўрсаткичига эга бўлган оптик тола деб аталади;поғонасимон синдириш кўрсаткич профилига эга бўлган бир модали оптик тола ва у бир модали оптик тола деб аталади.

Кўриб чиқилган ҳар бир турдаги оптик толанинг тавсилотлари толаларнинг қўлланиш жараёни билан аниқланади.

**Поғонасимон синдириш кўрсаткич профилига эга бўлган кўп модали оптик тола** - жуда ҳам оддий турдаги толалардан ҳисобланади, одатда бундай оптик толанинг ўзак диаметри 50 дан 970 микрометрга қадар боради ва тоза кварц шишадан ёки пластикдан тайёрланади. Ушбу турдаги оптик тола жуда ҳам кенг равишда қўлланивчи ҳисобланса ҳам максимал ўтказиш полосасини ва минимал йўқотувчанликни таъминлаб бермайди. Оптик тола бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нурлари турли хил бурчак остида акс қайтувлар ва турли траектория бўйлаб ҳаракатланиши (турли хил модалар) ҳисобига турли модаларга тўғри келгани учун уларнинг ҳаракатланиш йўллари ҳам бир-биридан фарқланади. Шундай қилиб, тола ичида ҳаракатланувчи турли хил нурлар битта оптик тола ичида турли хил кичик ва катта вақт сарфлайдилар. Толанинг ўзак марказ ўқи бўйича ҳеч қандай акс қайтувчисиз нурлар толанинг охир томонига биринчи бўлиб етиб борадилар, эгри нурлар эса тола охир томонига кечроқ етиб борадилар. Бу билан эса тармоқ томонидан юборилган импульс вақт бўйича ёйилиб боради, бундай ҳолда импульснинг ёйилиб кетиш ҳолати мода дисперсияси деб аталади. Аввалига жуда ҳам кичик кенгликда бўлган маълум бир профилдаги бирламчи ёруғлик нури кўринишидаги импульс тола бўйлаб ҳаракатланиб бориб маълум бир вақтдан сўнгра кенгайиб боради. Дисперсия бир неча сабаблар ҳисобига ҳосил бўлиши мумкин. Мода дисперсияси асосан тола ичида ҳаракатланувчи турли хил модаларни турли хил траектория узунлиги натижасида ҳосил бўлади. Поғонасимон синдириш кўрсаткич профилига эга бўлган оптик тола учун мода дисперсиясининг намунавий қиймати 15 дан то 30 нс/км га қадар бўлиши мумкин, бу дегани тола ичига бир вақтнинг ўзида киритилувчи ёруғлик нурлар бир километр узунликдаги толанинг охир томон учига 15 дан 30 наносекунд интервалида етиб боради. Бунда биринчи навбатда толанинг ўзак ўқи бўйлаб ҳаракатланувчи нурлар биринчи бўлиб етиб боради. Юқорида кўрсатиб ўтилган вақт интерваллари унчалик катта бўлмаган кўринишда бўлса ҳам, бундай мода дисперсияси оптик толанинг лозим бўлган ўтказиш полосасини анча чегаралайди. Тола ичида ҳаракатланиб борувчи импульснинг вақт бўйича кенгайиб бориши қўшни импульсларнинг қанотларини ёйилиб кетишига олиб келади, натижада бундай импульсларни бир-биридан ажратиш қийин бўлиб қолади ва охир оқибатда унинг ичидаги маълумотлар йўқолиб кетади. Дисперсия қийматини камайтириш оптик толанинг ўтказиш полосасини ошириш имконини беради. Оптик ёруғлик узатгичлар икки турга бўлинади: ясси оптик ёруғлик узатгичлар ва ёруғлик узатувчи оптик толалар. Ясси оптик ёруғлик узатгичлар ўз навбатида плёнкали (2.24,а-расм) ва каналлига (2.33,б-расм) бўлинади. Ёруғлик

узатувчи оптик толалар эса бир қатламли (2.33,а-расм), икки қатламли (2.33,б-расм), уч қатламли (2.33,в-расм) ва ҳ.к. бўлиши мумкин.



2.33-расм. Ясси оптик ёруғлик узатгичлар  
Оптик ёруғлик узатгичларнинг синдириш кўрсаткичи:

$$n = \sqrt{\epsilon \mu}, \quad (3.1)$$

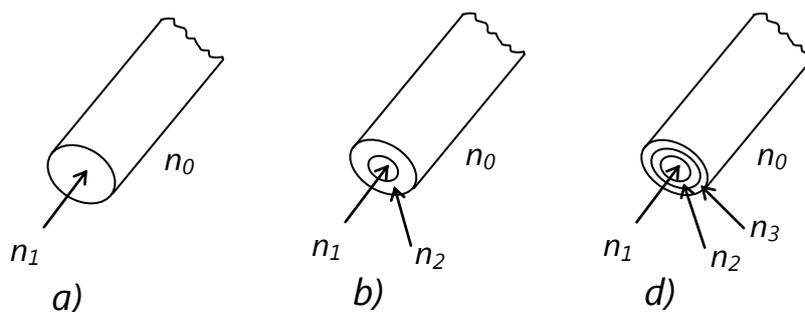
бу ерда  $\epsilon \cdot \mu$ -мос равишда нисбий диэлектрик ва магнит ўтказувчанлик.  $n > n_0$  бўлганда ( $n_0$ -атроф муҳитнинг синдириш кўрсаткичи) нур чегарадан тўлиқ ички қайтади.

Ясси оптик ёруғлик узатгичларда (2.33-расм) тўлиқ ички қайтиш бўлиши учун  $n_1 > n_2 \geq n_0$ , шарт бажарилиши керак. Бу ерда  $n_1$ -плёнканинг синдириш кўрсаткичи;  $n_2$  -тагликнинг синдириш кўрсаткичи;  $n_0$ -ташқи муҳитнинг синдириш кўрсаткичи. Плёнка қалинлигини танлаб, узатиладиган тўлқинлар сонини чегаралаш мумкин. Битта асосий тўлқинни узатиш учун плёнка қалинлиги 0,1 мкм бўлиши керак. Бундай плёнкани тайёрлаш мурраккабдир. Синдириш кўрсаткичларининг нисбий фарқини камайтириб, плёнканинг қалинлигини, яъни диаметрини оширишимиз мумкин. Кўпгина оптик қурилмалар: актив (генератор, модулятор, демодулятор ва б.к.) қурилмалар ясси оптик ёруғлик узатгичларнинг қирқимлари асосида тайёрланади. Ёруғлик узатувчи оптик толалар ўзак ва қобикдан иборат бўлади. Улар қиймат бўйича бир-бирига яқин турли синдириш кўрсаткичларига эга. Ўзак узатувчи муҳит, қобик эса ўзи ва ўзак орасида чегара хосил қилувчи сифатида ишлатилади. Бу чегара ёруғликни йўналтирувчи физик канални шакллантириб, у орқали узатилган сигналнинг ташувчиси ёруғлик нури тарқалади.

Ёруғлик нурининг фақатгина ўзак бўйлаб тарқалишини таъминлаш учун (2.34-расм)

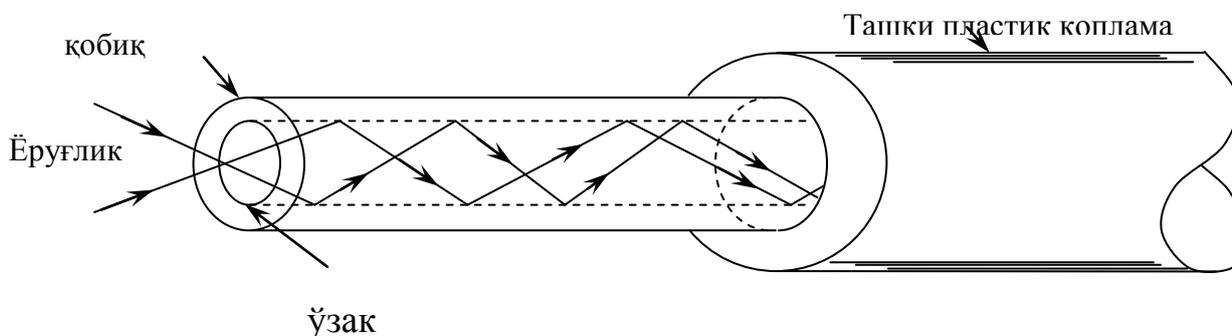
$$n_1 > n_2 > n_3 > n_0,$$

шарт бажарилиши керак. Мос равишда бу ерда  $n_1$  ўзакнинг синдириш кўрсаткичи,  $n_2, n_3$  қобикларнинг синдириш кўрсаткичлари,  $n_0$  ташқи муҳитнинг синдириш кўрсаткичи.



2.34- расм. Ёруғлик узатувчи оптик толалар

ОТни таркибий қисмлари 2.35-расмда тасвирланган. Ўзак ва қобиқчун асосий материал кварц шишаси ( $\text{SiO}_2$ ) ҳисобланади. Керакли синдириш кўрсаткичларини олиш учун кварц шишасига бор, германий ва шунга ўхшаш бошқа қўшимчалар қўшилади. Толани қўшимча қобиқлари химоя қобиғи ҳисобланади. 2.36-расмда ташқи пластик қоплама кўрсатилган.



### Оптик толанинг асосий параметрлари. Сўниш

Оптик сигнал тола орқали узатилганда ёруғлик тўлқинларини тола муҳити билан чизиқли ва ночизиқли ўзаро таъсири натижасида сигнал қувватини йўқолишидан оптик сигнал сўнади. Сўниш толали оптик алоқа узатиш тизимларининг регенерациялаш участкаси узунлигини аниқловчи, оптик толанинг энг муҳим параметри ҳисобланади. Сўниш бу толада ёруғлик оқимларининг кучсизланишидир. Тола узунлиги бўйича сўнишни ўзгариш қонуни қуйидаги умумий кўринишга эга:

$$P = P_0 \exp(-\alpha * L), \quad (4.1)$$

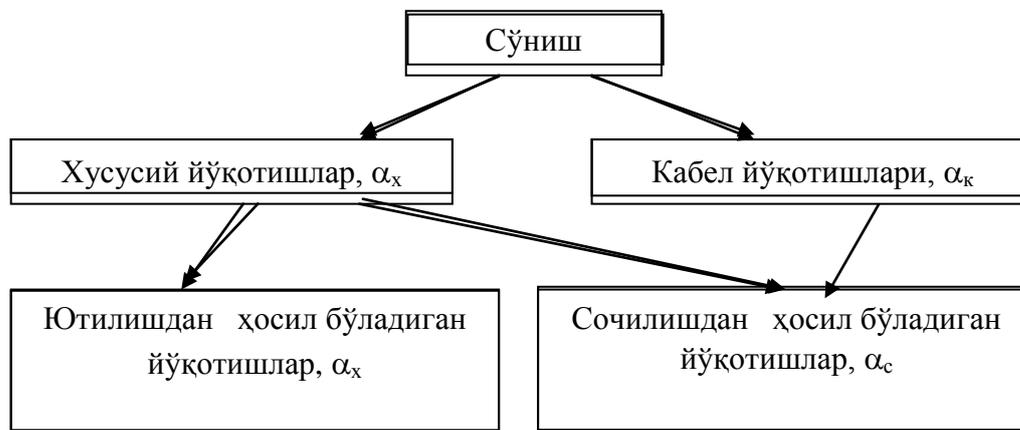
бу ерда  $P_0$  – толага киритиладиган қувват;  $L$  – тола узунлиги;  $\alpha$  - сўниш коэффициенти ёки толадаги йўқотишлар.

Бу формулани қўллаб солиштирма йўқотишларни баҳолашимиз мумкин:

$$\alpha_{\text{солиштирма}} = - (10/L) * \lg(P/P_0) = 4,343 \alpha. \quad (4.2)$$

Умумий ҳолда сўниш сигналларни сочилиши ва ютилишидан ҳосил бўлувчи йўқотишлар ва кабел йўқотишларидан юзага келади.

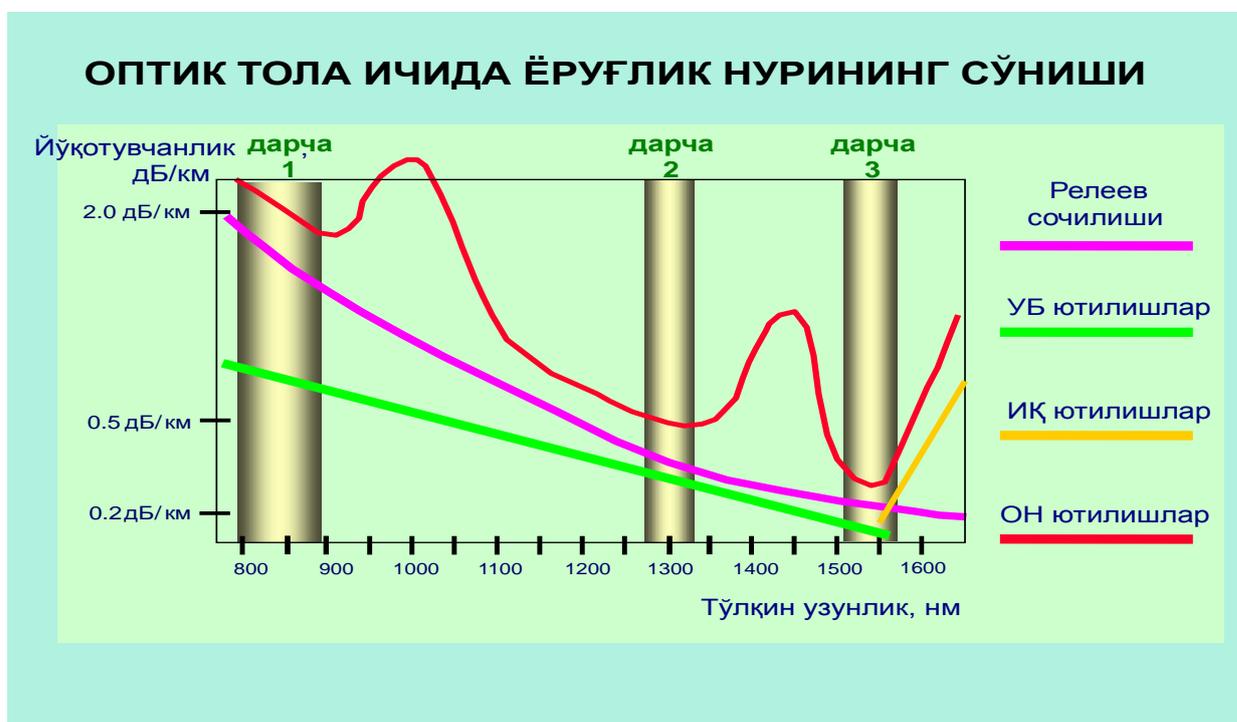
Ютилиш ва сочилишдан ҳосил бўладиган йўқотишлар хусусий йўқотишлар, кабел йўқотишлари эса қўшимча йўқотишлар дейилади.



2.35-расм. Толадаги йўқотишларнинг асосий турлари.

Тола йўқотишларини тўлиқ уларнинг йиғиндиси кўринишида ёзишимиз мумкин:

$$\alpha = \alpha_x + \alpha_k = \alpha_{ю} + \alpha_c + \alpha_k, \text{ (дБ/км)}. \quad (2.10)$$



2.36 – расм. Оптик тола ичида ёруғлик нурининг сўниши

### Толанинг хусусий йўқотишлари

Хусусий йўқотишларга ютилиш ва сочилишдан ҳосил бўладиган йўқотишлар киради. Ютилишдан ҳосил бўладиган йўқотишлар ички ва ташқи бўлади. Ички ютилиш йўқотишларини тоза кремний материали ҳосил қилиши мумкин. Хар бир материал молекуляр тузилишига кўра маълум тўлқин узунликларида сигналларни ютиши мумкин. Масалан, SiO<sub>2</sub> ни ультра бинафша диапазонда  $\lambda < 0,4$  мкм тўлқин узунлигида электрон резонанслари мавжуд. Шунингдек, инфрақизил диапазонда  $\lambda > 7$  мкм тўлқин узунлигида

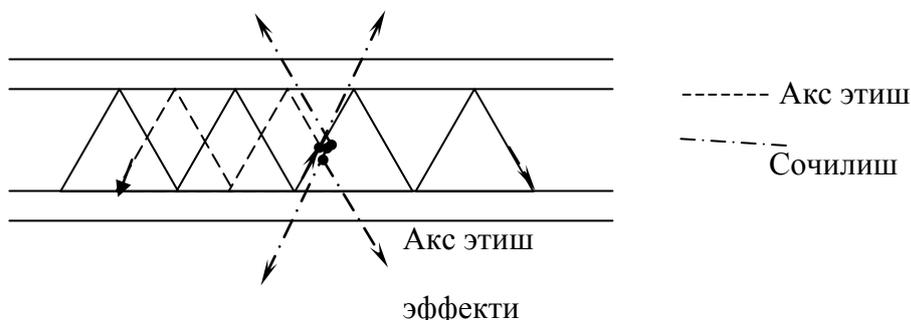
тебранувчи резонанслари мавжуд. Демак бу резонанслар кўринадиган частота диапазонида ютиш полосаси кўринишида бўлади. Иккинчи ва учинчи ойналарда ютилишнинг бу тури 0,03 дБ/км дан кўп бўлмаган йўқотишларга олиб келади. Ташқи ютилиш йўқотишлари ёруғликни тола қўшимчаларида ютилишидан хосил бўлади. Замонавий ишлаб чиқариш технологиялари бу йўқотишлар таъсирини жуда кичик даражага камайтирган. Бу йўқотишлар темир, мис, никел, магний, хром қўшимчаларини толага қўшиш натижасида хосил бўлади. Замонавий ишлаб чиқариш жараёнида бу металлларни таркиби бир миллиард қисмгача камайтирилган. Шунинг учун улар умумий ташқи ютиш йўқотишларининг жуда кичик қисмини ташкил этади. Булардан фарқли равишда гидроксил ион (ОН) лар қолдиғини мавжудлиги, яъни ишлаб чиқариш жараёнида толада сув қолдиқларини қолиши ташқи ютиш йўқотишларини сезиларли даражада оширади. Оптик тола таркибида ОН ионлари бирни юз миллиондан кам қисмини ташкил этиш керак.

Замонавий оптик толаларда микроқўшимчалар миқдори жуда кичиклиги учун ташқи ютилиш шовқинлари минимал бўлиб, уларни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Лекин ОН концентрацияси бирдан миллион қисмни ташкил этганда, 1390 нм тўлқин узунлигида йўқотишлар 50 дБ бўлиши мумкин.

Нурни сочилишидан хосил бўладиган йўқотишлар ички йўқотишлар ҳисобланиб, оптик тола ўзагининг дефектлари: хаво пуффакчалари, ёриқлар, толани бир турда эмаслиги, яъни қўшимчалар қўшилишидан шиша зичлигини тасодифий ўзгариши туфайли юзага келади. Бу омиллар ёруғлик оқими йўналишини ўзгартириб, оғишига олиб келади, натижада синиш бурчаги ошиб, ёруғлик нури қобикдан ташқарига сочилиб кетади.

Бундан ташқари оптик толани бир турда эмаслиги, яъни қўшимчалар мавжудлиги ёруғлик оқимини маълум қисмини тесқари томонга акс этишига - тесқари сочилишга олиб келади (2.37 - расм).

1550 нм тўлқин узунлигида Релеевск сочилишлари умумий йўқотишларнинг асосийси ҳисобланади. Релеев сочилиши тўлқин узунлигига тесқари пропорционал бўлиб, тўлқин узунлиги ошиши билан йўқотишлар камайди.



2.37 – расм. Оптик толада ёруғликнинг сочилиши ва акс этиши

## 2.12. Кабел йўқотишлари

Кабел йўқотишлари микробукилишлар ва макробукилишлар ҳисобига ҳосил бўлади.

### ЭЪТИБОР БЕРИНГ!!!

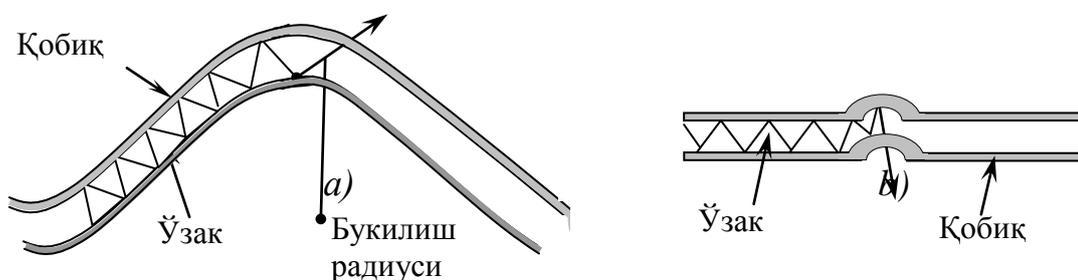
**Микробукилишлар**-тола ишлаб чиқариш жараёни технологиясининг бузилиш натижаси бўлиб, тола ўзаги геометриясининг микроскопик ўзгариши туфайли юз беради.

Микробукилишлар ишлаб чиқариш жараёнида толани етарли текис бўлмаган ташқи химоя қопламалари билан қопланиши натижасида ўзакни ўқмарказида жойлашмаслиги, ўққа нисбатан қийшиқжойлашишидан юзага келади. Микробукилишлар кабел йўқотишларини оширади. Бу йўқотишлар жуда катта бўлиши ва баъзи ҳолларда 100 дБ/км. дан ҳам ошиши мумкин. Микробукилишлар 1.23,б–расмда кўрсатилган.

**Макробукилишлар.** Минимал рухсат этилган радиусдан ошган катта букилишларга макробукилишлар дейилади. Бир модали толаларни букишни рухсат этилган минимал радиуси 10 см. ни ташкил этади

Бундай букилишда ёруғлик импульслари кучсиз бузилиш билан тарқалади. Букилиш радиусини камайиши, толани рухсат этилгандан ортиқ букиш оптик импульсларни тола қобиғи орқали сочилиш эффеқтини оширади.

Ишлаб чиқарувчилар томонидан кабелни минимал букиш радиуси кўрсатилган бўлиши керак. Кабел (катушка) ғалтакка ўралганда, албатта ғалтак радиуси бўйича букилади. Кабел биноларда ётказилганда, уни бино бурчакларида букиш керак бўлади. Кабелни ётказувчи букиш радиусини минимал рухсат этилган қийматдан камайтирмаслиги, ортиқча букмаслиги керак. Толали оптик кабелни рухсат этилган чегарадан кучли букиб, кабелни яроқсиз қилиши, хаттоки кабелда толаларни узилишига олиб келиши мумкин. Макробукилишлар 2.38,а-расмда кўрсатилган.



2.38–расм. Оптик толанинг макробукилишлари (a) ва микробукилишлари (b).

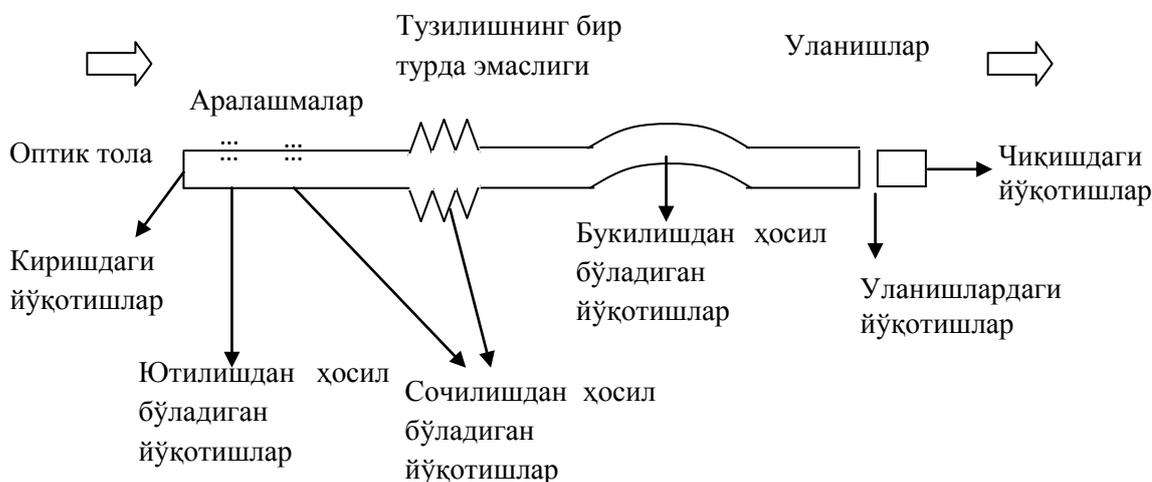
Ишлаб чиқарилган оптик толани мукамал эмаслиги, тола геометриясининг ўзгаришлари толаларни осон, тез ва сифатли пайвандланмаслигига олиб келади. Пайвандлашда, толаларни улашда йўқотишларга олиб олиб келадиган сабаблар қуйидагилар:

- тола ўзагини ўлчамларини мослашмаганлиги;
- толани синдириш кўрсаткичларини фарқланиши;
- толаларни улашда узунасига ўқларни чатишмаслиги;
- толаларни бурчак апертураларини фарқланиши;
- толаларни зич уламасликдан ҳаво пуффакчаларини ҳосил бўлиши.

Бу омилларни барчаси сўнишни, йўқотишларни оширади. Сўниш ва йўқотишларни камайтириш учун ишлаб чиқариш жараёнида тола геометриясининг юқори аниқбўлишига катта эътибор бериш керак. Бунинг учун ишлаб чиқаришда ўзакни қобикшишасида марказлашган ҳолда жойлашишига, ишлаб чиқарилган толаларни диаметрларини бир хил бўлишига, толани шахсий букилишларига катта талаблар қўйилади.

Оптик толанинг тўлиқ сўниш коэффициентини аниқлаш учун юқорида айтиб ўтилган барча омиллар ҳисобга олиниши керак (2.39 - расм) .

Оптик нурланишни берилган тўлқин узунлиги учун сўниш коэффициенти толага киритиладиган оптик қувватни толадан қабул қилинган оптик сигнал қувватига нисбати орқали аниқланади. Одатда сўниш коэффициенти децибелда (дБ) ўлчанади ва оптик тола параметрларига, шунингдек тўлқин узунлигига ҳам боғлиқ.



2.39– расм. Оптик сигнални узатиш сифатига таъсир қилувчи омиллар

Сўнишни тўлқин узунлигига боғлиқлиги нозиклиги характерга эгадир. Сўниш коэффициенти тўлқин узунлигига боғлиқ бўлиб, турли тўлқин узунликлари учун сўниш қиймати 2.1-жадвалда берилган.

### Турли тўлқин узунликлари учун сўниш қийматлари

Шаффофлик ойналари	Тўлқин узунлиги $\lambda$ , мкм	Сўниш $\alpha$ , дБ/км
1	0,85	2-3
2	1,3	0,4–1,0
3	1,55	0,2–0,3

Биринчи шаффофлик ойнаси 0,8-0,9 мкм тўлқин узунлиги кенг полосали ёруғлик нурланиш манбалари ва қисқа тўлқинли лазердан фойдаланиб, сигналларни яқин масофаларга узатишда қўлланилади.

Иккинчи шаффофлик ойнасининг 1,28-1,33 мкм тўлқин узунликлари телекоммуникацияда кўп қўлланилади. Бу ойна нисбатан кам сўниш коэффициентига эга бўлиб, бу диапазонда сигналларни узатиш учун кенг полосали оптик нурланиш манбалари ишлатилинади. Бунинг асосий сабаби ушбу диапазонда кварц шишаси минимал хроматик дисперсия қийматига эга бўлиб, у арзон нурланиш манбаларидан фойдаланиш имконини беради.

Учинчи ойна 1,525-1,575 мкм оралиғида бўлиб, бу ойнанинг асосий афзаллиги сўниш коэффициентини минималлиги ҳисобланади. Бироқюқори тезликли тизимларни оқимларини узатишда дисперсия қиймати ошиб кетади. Дисперсия қийматини камайтириш учун дисперсияни компенсация қилувчи қурилмаларни қўлланилиши талаб этилади, бу эса толали оптик алоқа тизимларини нархини оширади.

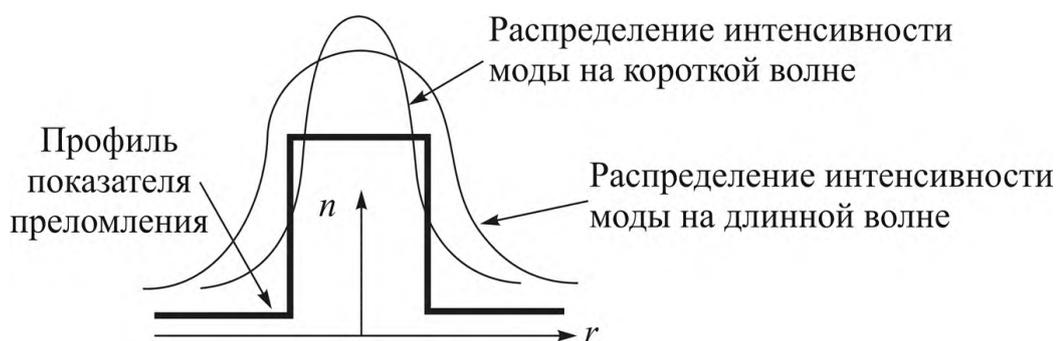
### 2.13.Оптик толаларнинг тафсилотлари

**Дисперсия**(кенгайиб ёйилиб кетиш, фарқланиш) деганда оптик тола бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нур кўринишидаги импульсларни вақт бўйича ёйилиб кетиши тушунилади. Ўз навбатида дисперсия ёруғлик нур кўринишидаги импульс формасини бузилишга ва импульс давомийлигини ошиб боришга олиб келиши билан бирга толанинг ўтказиш полосасини бир мунча чегаралайди ҳамда кабел ичидаги маълумотлар сиғимини камайишга олиб келади. Бунда тола бўйлаб узатилувчи маълумотларни ташкил этувчи битлар анча кичик бўлади ва у ўз навбатида турли хил импульсларни бири-бири устига жойланиб қолиш олдини ола олмайди, маълумотларнинг сигнал узатув тезлиги қанчалик кичик бўлса, битта занжирда кетма-кет жойлашган импульслар ҳам камроқ ҳолда жойлашади ва у ўз навбатида ўрнатилган нормадаги дисперсиядан катта бўлади.

Уч хил кўринишдаги дисперсия мавжуд:

1. мода жисперсияси;
2. молекуляр дисперсия;
3. тўлқин ўтказгичли дисперсия.

**Мода дисперсияси** асосан кўп модали толаларда бўлиб ўтади. Бундай дисперсия нурларни турли хил йўлларда ҳаракатланиши ҳисобига ҳосил бўлиб, улар ўз навбатида толанинг охири уч томонига турли хил вақтда етиб борадилар. Модалар дисперсиясини пайдо бўлиши асосан тўлқинларни ҳаракатланиш тезликлари муҳитнинг синдириш кўрсаткичларини тўлқин узунлигига боғлиқлиги ҳисобига бўлиб ўтади. Тола ичида тўлқиннинг маълум бир қисми тола ўзаги бўйлаб ва маълум бир қисми кварцдан тайёрланган қобик каби иккита муҳит бўйлаб ҳаракатланади ва улар учун синдириш кўрсаткичлари тола ўзагининг ва тола қобигининг ўртача синдириш кўрсаткичлари асосий ролни ўйнайди (2.40-расм).



2.40-расм. Модалар дисперсияси тўлқин узунлигини ўзгаришини ўртача модалар диаметрининг синдириш кўрсаткичи ҳисобига бўлиб ўтади.

Бундай ўртача синдириш кўрсаткичинини ўзгариши иккита сабаб бўйича бўлиб ўтади, биринчидан, тола ўзак ва тола қобик синдириш кўрсаткичлари тўлқин узунлигига боғлиқдир, иккинчидан эса, тўлқин узунлигини ўзгариши ҳисобига майдонни кварцдан тайёрланган қобик ичига кириб бориши ўзгариб боради ва у ўз навбатида ўртача синдириш кўрсаткичларини ўзгаришга олиб келади. Бундай ҳолат модалараро эффектнинг ўзи бўлгани учун унинг ҳисобига дисперсия ҳосил бўлади ва у модалар дисперсияси деб аталади.

***Модалар дисперсиясини ҳисобга олиш усули ёрдамида камайтириш мумкин:***

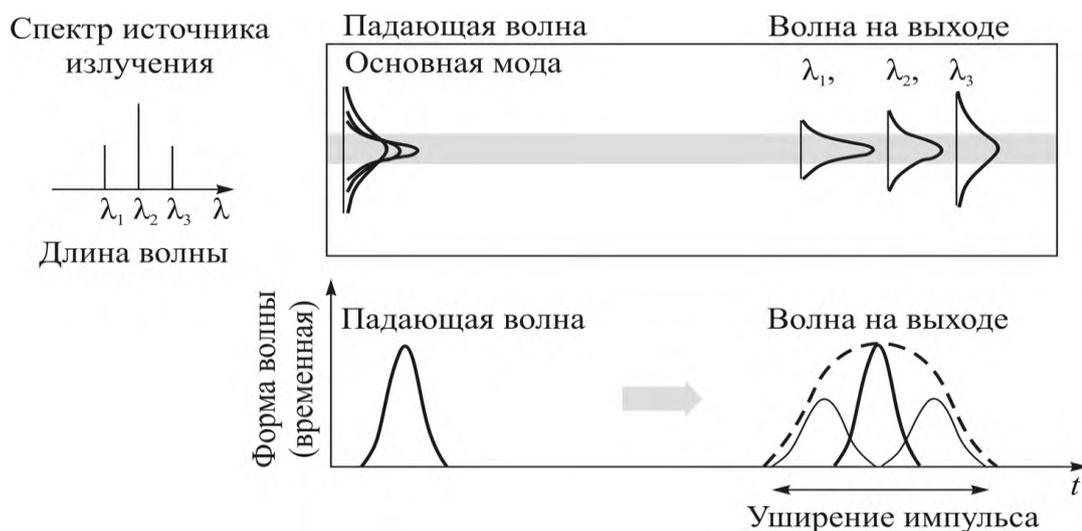
1. кичик диаметрга эга бўлган ўзакни қўллаш ҳисобига бўлиб, унда камроқ модалар ҳаракатланади. Тола ўзак диаметри 100 мкм бўлганда ўзак диаметри 200 мкмга қараганда камроқ модалар ҳаракатланади;
2. синдириш кўрсаткичи секин-асталик билан текисланиб боровчи толаларни қўллаганда ва унда ёруғлик нурлари жуда ҳам катта бўлган траектория бўйлаб ҳаракатланганда уларнинг тезликлари ўртача тезликдан ошиб боради ҳамда у толанинг охири уч томонига кичик траектория бўйлаб ҳаракатланувчи нурлар тезлигида бўлиб ўтади;
3. модалар дисперсиясидан ҳалос этиш мақсадида бир модалар толалардан фойдаланиш талаб этилади.

**Материал дисперсия** асосан оптик сигнал спектри кенглиги маълум бир охир қийматга эга бўлгани ҳамда сигнал ташкил этувчилари турли тезликларда ҳаракатланиши ҳисобига ҳосил бўлади(1.5-расм). Натижада ёруғлик кўринишидаги импульс дисперсион муҳит орқали ўтиб борганидан сўнгра кенгайиб боради. Бундай ҳолат битта мода ичида турли хил тўлқин узунликларга эга бўлган ёруғлик нур кўринишидаги нурлар турли хил тезликлар ҳисобига бўлиб ўтади. Одатда синдириш кўрсаткичининг қиймати  $n = c/v$  бўлиб, унда  $c$  - ёруғлик нурни вакуумдаги тезлиги;  $v$  - муҳит ичидаги тўлқин узунлигига тўғри келувчи тезлик.

Ҳар бир тўлқин узунлик турли хил тезликда ҳаракатлангани учун, унда  $v$  - тезлик қиймати ҳар бир тўлқин узунлигига боғлиқ ҳолда ўзгариб боради. Шундай қилиб, синдириш кўрсаткич қиймати тўлқин узунлигига боғлиқ ҳолда ўзгариб боради, демак бу ҳолат билан боғлиқ бўлган дисперсия молекуляр дисперсия деб аталади чунки у тола махсулотининг физик хусусиятига боғлиқдир. Дисперсия даражаси иккита омилни аниқлаб беради:

- тола ичига киритилувчи ёруғлик нур манбаининг тўлқин узунлик диапозонини. Қоида бўйича ёруғлик нур манбаи битта тўлқин узунликни нурлантириб бера олмайди ва у бир нечта ёруғлик нурларни нурлантириб беради. Одатда тўлқин узунлик диапозони нанометрда ифодаланади ва у ёруғлик нур манбаининг спектрал кенглиги деб аталади. Оптик толали узатиш тизимлари учун ёруғлик нурлантирувчи диодлар ва лазерлар қўлланади. Ёруғлик нурлантирувчи диодларнинг спектрал кенглиги 30 ...50 нм бўлса, ёруғлик нурлантирувчи лазерларнинг спектр кенглиги 2 ... 3 нмни ташкил этади. Бугунги кунда тармоқларда қўлланувчи узатиш тизимларида 0,1 ... 0,5 нм спектр кенглигига эга бўлган лазерлар қўлланмоқда;

- ёруғлик нур нурлантирувчи манбаининг марказий ишчи тўлқин узунлиги. Бизга маълумки, 850 нм тўлқин узунлигига эга бўлган худудда қизил рангли бир мунча катта тўлқинлар яшил рангли бир мунча кичик тўлқинларга қараганда анча катта тезликда ҳаракатланади, кварц шишадан тайёрланган оптик тола ичида ҳаракатланувчи 860 нм тўлқин узунлигига эга бўлган тўлқинлар 850 нм тўлқин узунлигига эга бўлган тўлқинларга қараганда катта тезликда ҳаракатланади. 1550 нм тўлқин узунлик худудида эса бир мунча кичик тўлқин узунликлар бир мунча катта бўлган тўлқин узунликларга қараганда катта тезликда ҳаракатланади, 1560 нм тўлқин узунлик 1540 нм тўлқин узунлигига қараганда кичик тезликда ҳаракатланади. Спектрнинг маълум бир нуқталарида айниқса ҳаво рангли ва қизил рангдан катта бўлган тўлқин узунликлар бир хил тезликда ҳаракатланадилар. Бундай ҳолат, айниқса 1300 нм тўлқин узунлик худудида бўлиб ўтганлиги учун бундай тўлқин узунлик дисперсияси ноль бўлган тўлқин узунлик деб аталади.



2.41-расм. Толанинг материал дисперсияси

Материал дисперсия бир модали тизимларда асосий кўринишдаги дисперсия бўлиб хисобланади, кўп модали тизимларда эса асосий ролни мода дисперсияси ўйнайдиган бўлса ҳам материал дисперсияни эътиборга олмаса ҳам бўлади. Кўпчилик ҳолларда мода дисперсияси оптик толали тизимларни яратишда ҳеч қандай рол ўйнамайди, чунки уларда узатув тезлиги кичик ёки оралиқ масофа унчалик катта эмас.

Одатда ёруғлик нурунинг 820дан то 850 нмгача бўлган тўлқин узунлик диапазолини кўплаб оптик толали тизимларда қўлланади ва ушбу тўлқин узунлик диапазолида материал дисперсия 0,1 нс/км бўлган спектр кенглиги қийматини ташкил этади.

**Тўлқин ўтказгичли дисперсия** бир модали оптик тизимларда асосий кўринишдаги дисперсия бўлиб хисобланади ва у оптик энергияни толанинг ўзаги ва толанинг қобиғи бўйлаб ҳаракатланиши ҳисобига ҳосил бўлади. Оптик толанинг ўзак ва қобиқ синдириш кўрсаткичлари турли хил қийматларга эга бўлгани учун тола ичига нурлангириб киритилган нур толанинг ўзаги ва толанинг қобиғи бўйлаб бир-биридан фарқланувчи тезликда ҳаракатланиб боради. Оптик толанинг ички тузилмасини ўзгариши тўлқин ўтказгичли дисперсияга бир мунча таъсир кўрсатиши мумкин ва у ўз навбатида толанинг умумий ташкил этувчи дисперсияни ўзгаришига олиб келади. Бу эса ўз навбатида келажакда бир модали тизимларни ишлаб чиқариш йўлларида бўлиб хисобланади.

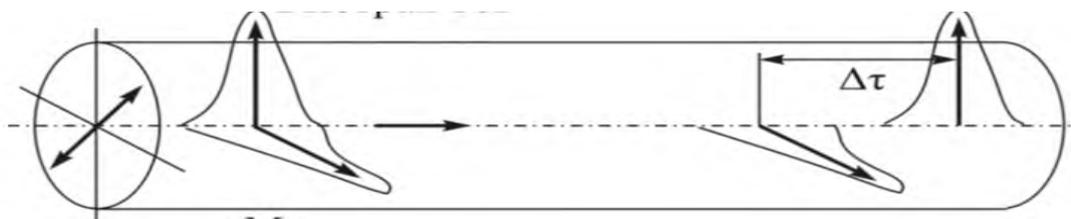
Тўлқин ўтказгичли дисперсия бир модали толаларда ёруғлик нурларини кутбланишидан ва икки нур синишларида ҳосил бўлиши мумкин ва у тола тайёрланиш жараёнида думалоқ кўринишда тайёрланиб тола ўзагини унчалик катта бўлмаган эллиптик бўлмаслиги учун ва ички кучланганлик бўлмаслиги учун аксил симметрияни келтирмаслиги учун олдиндан тайёрланади (2.41-расм). Толага таъсир этувчи кучланганлик маълум бир йўналишда бўлмаганлиги учун икки нурни синиш азимути ва қиймати бутун толанинг ўқи бўйлаб тасодифий равишда ўзгариб боради.



2.42-расм. Оптик толада кутбланишни(икки нур синиши) ҳосил бўлиш сабаблари

Агар бир модали толада ҳаракатланувчи ёруғлик нурини иккита ортогонал кутбланган мода суммаси кўринишида тасаввур қиладиган бўлсак, унда тезда кўзғатилувчи ва секин-асталик билан кутбланувчи модалар бутун тола бўйлаб ўзининг қувватини ўзгартирмаган ҳолда ҳаракатланиб борадиган бўлса, у ҳолда 2.43-расмда кўрсатиб ўтилганидек кутбланувчи модаларнинг  $\Delta\tau$  кечикувчи фазалар фарқини ҳосил қилади ва у ўз навбатида импульснинг кенгайишга олиб келади.

### Тезкор ўқ



### Секинлашган ўқ

2.43-расм.Кутбланган толада импульсларнинг кенгайиши

**Сўниш (сочилиш, ютилиш ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик)** деб аталади ва у оптик тола бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нури кўринишидаги оптик энергиянинг йўқотувчанлиги деб аталади. Бир километр узунликдаги толанинг сўниш қиймати децибелда - дБ/км ўлчов бирлигида ўлчанади. Агар  $L$  узунликдаги линиянинг бош томон учига  $P_0$  қувватига эга бўлган оптик сигнал киритиладиган бўлса, ҳамда оптик толанинг қарама-қарши охири томон учигадаги оптик сигнал қуввати  $P_1$  бўладиган бўлса, у ҳолда толанинг бир километрдаги оптик сўниш қиймати куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\alpha = (10 L) \lg (P_0 P_1). \quad (1.1)$$

Толанинг сўниши пластикли тола учун 300 дБ/км қийматида бўлса, бир модали оптик толанинг сўниш қиймати 0,19 дБ/кмга қадар боради.

Одатда толанинг сўниш қиймати ёруғлик нур тўлқин узунлигига боғлиқдир. Оптик тола учун тўлқин узунликларнинг учта шавффофлик дарчалари мавжуд бўлиб, унда тола бўйлаб ҳаракатланувчи нур энг кичик йўқотувчанликга эга бўлган дарчалари ҳисобга олинган. Оптик тола

Ўзининг ривожланиш жараёнида асосан 820 дан то 850 нм бўлган тўлқин узунлигида ишлаган бўлиб, у биринчи шавффофлик дарчаси деб аталиб келинган, кейинчалик иккинчи шавффофлик дарчасида дисперсия қиймати ноль бўлган худуд 1300 нм тўлқин узунликда бўлган ва 1550 нм тўлқин узунлик худуди учинчи шавффофлик дарчаси деб ном олган. Бугунги кунга келиб учта шавффофлик дарчалари асосида тўртинчи ва бешинчи шавффофлик дарчалари яратилган. Намунавий синдириш кўрсаткичи структурага эга бўлган 50/125 кўп модали толанинг сўниш қиймати 850 нм тўлқин узунликда 4 дБ/км бўлса, 1300 нм тўлқин узунликда 2,5 дБ/км қийматда бўлиб, унинг узатув самарадорлиги 30% қадар оширилган.

Оптик толанинг энг юқори йўқотувчанлиги 730, 950, 1250 ва 1380 нм тўлқин узунлик худудига тўғри келади, шунинг учун ушбу тўлқин узунликликларда ишлатишдан холис бўлиш керак. Оптик толанинг йўқотувчанлигини созлаш учун узатув учун керак бўладиган тўлқин узунликни танлаш керак бўлади.

Оптик тола йўқотувчанлигини камайтириш учун жуда ҳам кичик йўқотувчанликга эга бўлган тўлқин узунликда ишлайдиган ёруғлик нурлантирувчи манба танланиши керак. Пластикли толалар асосан 650 нмга эга бўлган кўринувчи диапазонда ишлайди.

Оптик тола йўқотувчанлигининг асосий омилларидан бири ўтказиш полосаси ичида модуляция частотасига боғлиқ бўлмаслиги керак. Мис симлардан тайёрланган ток ўтказгичли алоқа кабелларининг йўқотувчанлиги кабел бўйлаб узатилаётган сигнал частотаси ошиб борган сари ошиб боради, демак узатилаётган сигнал частотаси қанчалик катта бўладиган бўлса, сигналнинг йўқотувчанлиги шунчалик ошиб боради ва охир натижада сигнал частотаси узатилувчи сигнал масофасини анча камайтириб беради. Узатилувчи сигналнинг узатув масофасини ошириш учун линияда регенератор талаб этилиб, у ўз навбатида узатилувчи сигнални регенерация қилиб беради, оптик тола бўйлаб узатилаётган сигнал частота ошган сари маълум бир сўниш қийматига эга бўлади.

Оптик толанинг сўниш қиймати иккита эффект ёрдамида аниқланади, булар сочилиш ва ютилиш ҳолатларидир.

**Сочилиш** ҳолати асосан оптик толанинг бир таркибли ва толанинг геометрик тузилмаси ҳисобига ҳосил бўлади. Бир таркибли бўлмаслиги ҳисобига ҳосил бўлувчи сочилиш бутун тола йўналиши бўйича бўлиб ўтади ва унда ёруғлик нури йўналтирилган бўлмайди. Тўғри йўналишда жойлашган оптик толаларнинг ўлчамлари тўлқин узунликдан кичик бўлган (рэлеев сочилиши) бир таркибли бўлмаган жойларидаги сочилиши тахминан  $\lambda^{-4}$  миқдорга қадар камайиб боради, мисол учун,  $\lambda = 1550$  нм тўлқин узунликдаги йўқотувчанлик  $\lambda = 1310$  нм тўлқин узунликга қараганда анча кам бўлади. Рэлеев сочилишлари асосан тола тайёрлаш жараёнида толанинг таркиб аралашмалари ва тола зичлиги билан боғлиқдир.

Тола ичидаги сочилиш интенсивлиги тўлқин узунлигининг тўртинчи даражасига қарама-қарши пропорционал бўлгани учун у тўлқин узунлик

ошиб борган сари тезда камайиб боради. Сочилиш 820 нм тўлқин узунликда 1,7 дБ/км, 1300 нм тўлқин узунликда 0,26 дБ/км ва 1550 нм тўлқин узунликда 0,13 дБ/км бўлган теоретик минимал йўқотувчанликни аниқлаб беради

**Ютилиш** деб оптик энергияни тола материали ичида ютилиб иссиқлик кўринишига ўтиш жараёни тушунилади ва унда нурлантирилган ёруғлик нурининг харакатланиш интенсивлиги камайиб боради. Нур ўтказгич материалнинг шахсий ютилиши (шиша панжара дефектларидаги ютилиш) ва фон ютилишлари билан боғлиқ бўлгани учун 1550 нм тўлқин узунликда 0,03дБ/км қийматидан ошиқ бўлмайди. Шунингдек ёруғлик нурининг ютилиши тола тайёрланувчи шишани лозим бўлмаган ҳолда қуритиш хисобига ҳосил бўлади.

Бундан ташқари ютилиш жараёни ифлосланган аралашмалардан темир, мис, кобальт, ванадий ва хром каби ионлари билан ҳам боғланган бўлиши мумкин. Тола ишлаб чиқарувчилари тола ишлаб чиқарилиш жараёнида йўқотувчанликни камайтриш мақсадида юқорида кўрсатиб ўтилган ионлар концентрациясини миллиардан бир даражада сақлаган ҳолда ушлаб турадилар. Хозирги замон оптик тола ишлаб чиқарилиш технологияси тола ишлаб чиқариш жараёнида ўраб турувчи муҳитни ўта тоза ҳолда назоратлаган ҳолда таъминлаб берганлар.

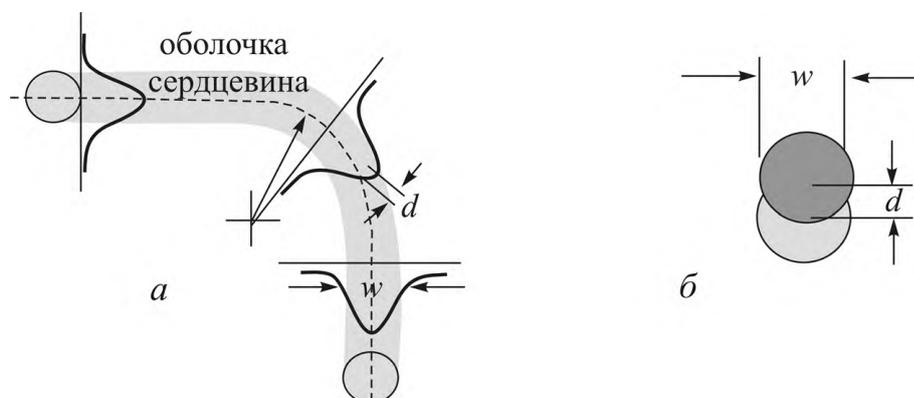
**Микроэгилиш хисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик.** Ушбу йўқотувчанлик кўриниши оптик “тола - ўзак” чегарасидаги унчалик катта бўлмаган профил вариантлари билан боғлиқдир. Ушбу чегарани ўзгартириш вариантлар юқори тартибли модаларни акс қайтув бурчагини ва кейинчалик акс қайтув бўлмаслигини таъминлаб беради ва унда ёруғлик нури толани тарк этади.

Микро бир таркибли бўлмаслик чегаралари тола ишлаб чиқариш жараёнида бўлиб ўтиши мумкин, шунинг учун тола ишлаб чиқариш технологияни кескин равишда ривожланиб бориши ушбу микро бир таркибли бўлмасликга каттиқ эътибор берадилар.

Эгилган ва тўғри ётқизилган ҳолда бўлган толаларда йўқотувчанлик спектри бир-биридан фарқ қилиши мумкин. Тўғри йўналишдаги толалардаги йўқотувчанлик асосан рэлеев сочилишлари билан чегараланади ва унинг қиймати тўлқин узунлик ошиб борган сари камайиб боради. Шу вақтнинг ўзида эгилган ҳолдаги толаларда йўқотувчанлик қиймати аксинча тўлқин узунлик ошиб борган сари ошиб боради. Толаларнинг кўплаб маротаба эгилишлари ва турли хил бўлиниш текисликлар чегарасида тола ичидаги нурланувчи мода тола ташқарисига чиқиб кетиш ҳолатига олиб келади.

Толани эгилиш хисобига йўқотувчанликни пайдо бўлишига иккита сабаб бўлади, биринчидан толани бир-бири билан тўғри ва эгилган толаларни уланган жойларида ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик, бунга сабаб эгилган толанинг мода майдрн маркази уланувчи толанинг ўқиға нисбатан  $d$  қийматға қадар силжиши эгилган толанинг радиусига боғлиқдир (2.43-расм). Натижада тўғри ва эгилган толаларни бир-бири билан уланган жойларидаги мода майдонлари  $d$  қийматға қадар бир-бирига нисбатан

силжигандир, шунинг учун "тўғри" ҳолдаги  $w$  диаметрига эга бўлган мода кувватининг маълум бир қисми эгилган толага модаси узатилади, қолган қисми эса қобик модаларига ўзгариб кетиб йўқолиб кетади.



2.44-расм. Тўғри ва эгилган ҳолдаги толаларни бир-бири билан уланган жойларида йўқотувчанликнинг юзага келиш сабаблари:

а – эгилган толада мода майдон маркази тўғри уланувчи тола ўқиға нисбатан  $d$  қийматга силжиган ҳолати; б - “тўғри” ва эгилган тола мода майдонлари бир –бирига нисбатан  $d$  қийматга қадар ўзгарган ҳолат

Иккинчидан эса тола бўйлаб узатилган сигнал куввати тўғридан-тўғри равишда толанинг эгилган жойининг ўзида йўқотилиши мумкин. Бундай ҳолат айниқса толанинг эгилган жойларида харакатланувчи тола ўзагидан узоқ масофасидаги модаларнинг маълум бир қисми ташқи муҳит бўлмиш тола қобиғи бўйлаб харакатланувчи ёруғлик нур тезлигидан катта бўлган ҳолда харакатланади, моданинг бундай қисми тола қобиғи ичига қараб ютилиб кетади ва натижада йўқолиб кетади (2.45-расм). Бундай йўқотувчанлик қиймати толанинг ўрам сонидан катта бўлади ва толанинг эгилиш радиусидан кичик бўлади. Юлдуз кўринишидаги белги муҳит бўйлаб фаза фронти тарқалиш тезлигини ёруғлик нурининг тезлигидан ошиб кетиш нуқтаси бўлади.



2.45-расм. Толанинг эгилган жойида йўқотувчанликни пайдо бўлиши.

**Сонли апертура (Numeric aperture – NA)** деб, тола ичида нурларни йиғиш ҳолати тушунилади. Бизга маълумки, толанинг кириш томонига

критик бурчакдан катта бўлган нурлар йиғилиб тола бўйлаб ҳаракатланиши мумкин. Апертура ўлчов бирлигига эга бўлмаган қиймат бўлиб, у толанинг материал хусусиятига боғлиқ, у тола ўзаги ва тола қобик синдириш кўрсаткичлари бўйича аниқланади

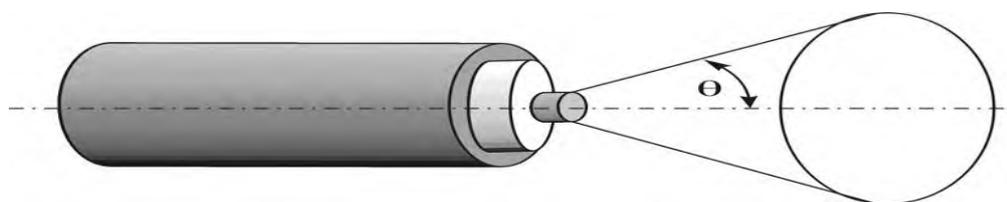
$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.2)$$

Шунингдек тола бўйлаб ёруғлик нурларини тарқалиб ҳаракатланиш бурчак қийматларини аниқлаш мумкин ва бу бурчаклар конусни ҳосил қилиб, у кириш конуси деб аталади ҳамда унинг ёрдамида бурчак фарқи толага киритилувчи ёруғлик нурнинг максимал бурчагини аниқлаб беради. Киритилувчи конус апертура  $NA$  билан қуйидагича боғлиқдир:

$$\theta = \arcsin ( NA ), NA = \sin\theta \quad (1.3)$$

бу ерда:  $\theta$  – толага киритилувчи нур бурчагининг ярми.

$NA$  деб аталувчи апертура тола учун асосий тавсилотлардан бўлиб ҳисобланади, чунки у толага нур тўлиқ равишда киритилиб тола бўйлаб тўлиқ равишда ҳаракатланиш ҳолатидир. Катта апертура  $NA$  қийматига эга бўлган ҳолда нур тўлиқ равишда толага кириб боради, кичик қийматга эга бўлган апертурада  $NA$  эса кичик йўналтирилган ёруғлик нур боғламини киритиш мумкин.



2.46-расм. Сонли апертура

Қоида бўйича кенг ўтказиш полосасига эга бўлган тола кичик қийматли апертурага –  $NA$  эга, шунинг учун тола жуда ҳам кам бўлган модаларни ўтказа олади ва у ўз навбатида кичик дисперсияга ва жуда ҳам кенг бўлган ўтказиш полосасини ташкил этади. Одатда  $NA$  – апертура қиймати каварц шишадан тайёрланган толаларда 0,5 қийматидан бошлаб ва пластикли толаларда ва синдириш кўрсаткич профили секин-аста ўзгарувчан толаларда эса 0,2 қийматига қадар ўзгариб боради.

Катта қийматга эга бўлган апертура -  $NA$  деганда мода дисперсияси тушунилади ва унинг ҳисобига ёруғлик нур траекториялари бўлиши тушунилади.

Бир модали толада ёруғлик нури акс қайтув ёки синиш ҳолатларида бўлмайди, чунки у тола чегарасига қадар бурчак остида ҳаракатланмайди. Ҳудди шундай ҳолат бўлгани учун бир модали толага ёруғлик нури тўлиқ ички ҳолатида бўлтиш учун кириш конусига бурчак остида киритилмайди, шунинг учун бир модали толада  $NA$  –апертура қийматини аниқлаш талаб этилмайди ва бу қиймат амалиётда унчалик аҳамиятга эга эмас.

Узаткич сифатида қўлланувчи ёруғлик нур манбалари ва қабул қилгич ҳам ўзининг апертурасига эга, нурлантиргич манбанинг апертураси –  $NA$  чиқувчи нурнинг апертура бурчагини аниқлаб беради. Детекторнинг апертураси –  $NA$  қабул қилгич учун ишчи бурчак диапозонини аниқлаб беради. Нурлантиргич манба учун  $NA$  апертурани тола билан келишилган ҳолда билмоқ керак бўлади, чунки нурлантиргич манба томонидан нурлантирилган нур тўлиқ равишда толага киритилиб унинг ичида тўлиқ равишда ҳаракатланиши керак. Келишилмаган апертура эса ёруғлик нурни узатуви пайтида қўшимча йўқотувчанликга олиб келади.

**Мода** тушунчаси математик ва физик тушунчага эга бўлиб, у электромагнит тўлқинларни муҳит бўйлаб тарқалиш жараёни билан боғлиқдир. Математик нуқтаи-назардан, мода назарияси Максвелл тенгламасига асосланган. Джеймс Клерк Максвелл ўтган XVIII асрда яшаб ўтган шотландиялик физик бўлиб, у биринчилардан бўлиб электр ва магнит энергия орасида математик нисбийлик қийматини исботлаб берган. У электр ва магнит энергиялар электромагнит энергиянинг битта кўринишдаги турли шаклдалигини ҳамда улар турли хил энергия эмаслигини кўрсатиб берди. У ушбу кўринишдаги нурланиб тарқалиши қаттиқ қоидага бўйсунганини кўрсатиб берган тенгламада кўришимиз мумкин, шунинг учун Максвелл тенгламаси электромагнит назария асоси бўлиб хисобланади.

Мода Максвелл тенгламасининг маълум бир ечими кўринишига эга.

### **МОДА НИМА?**

**МОДА** деганда ёруғлик нурининг ҳаракатланувчи траектория кўриниши тушунилади. Оптик тола ичида ҳаракатланувчи модалар сони 1 тадан то 100 000 гача бўлиши мумкин. **модалар сони толанинг ўлчамлари ва тола хусусиятига боғлиқдир.**

**Ионлаштирувчи нурланиш таъсири.** Радиацион мустаҳкамлик қурилмани ядрели таъсир эффе́ктларига бўлган хусусияти тушунилади. Оптик толани электр ток ўтказгичларидан фарқи шундаки оптик тола радиация таъсири остида статистик зарядларни ўз атрофига йиғмаслигидан иборатдир.

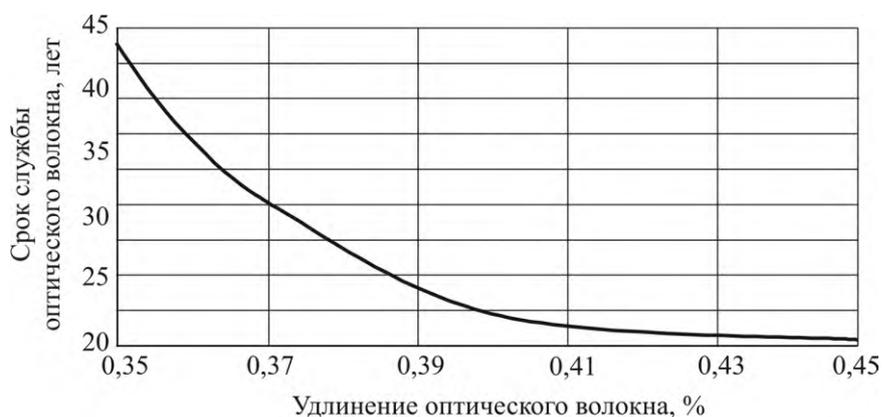
Толаларнинг юқори интенсивликга эга бўлган доимий радиоактив нурланиши шароитида ҳам йўқотувчанлиги ошмайди, радиацион нурланиш толанинг бир таркибли бўлмаган жойларида ютилишни ошириб беради, шунинг учун толанинг сўниш қийматини ошиб бориши нурланиш интенсивлиги ва йиғилиб борган доза қийматига боғлиқдир.

**Оптик толанинг механик мустаҳкамлилиги ва хизмат кўрсатиш муддати.** Оптик толанинг физик ва механик хусусиятлари тола тайёрланувчи материал хусусиятидан бир мунча фарқланади, айниқса бу ҳолат оптик толанинг механик мустаҳкамлилиги тола тайёрланувчи шиша материал мустаҳкамлигидан анча каттадир. Одатда шишани анча қаттиқ ва

синувчи деб биламиз, айниқса дераза учун қўлланувчи ойна учун қўлланувчи шиша ҳақиқатдан ҳам эгилмайди, аммо шишадан тайёрланган оптик толани унчалик катта бўлмаган диаметрда бураб ўраш мумкин ёки бемалол равишда тугун қилиб боғлаш мумкин. Толанинг мустахкамлилик чегараси толани ёки симни чўзилишга бўлган мустахкамлиги ёки уни эгиб букишда ҳеч қандай шикастланишлар бўлмайдиган мустахкамлилик тушунилади. Агар шишанинг чўзилишга бўлган мустахкамлиги  $(3,9 \dots 9,8) \times 10^7$  Па бўладиган бўлса, диаметри 3 ... 9 мкм бўлган оптик тола ҳудди шундай шишадан тайёрланган бўлса, у ҳолда унинг мустахкамлиги  $(1,47 \dots 1,9) \times 10^9$  Па бўлган қийматга эгадир. Оптик толанинг чўзилиб узилишга бўлган мустахкамлилик чегараси ушбу ўлчамдаги пўлат сим чўзилиб узилиш мустахкамлигидан анча ошиқдир. Бундан ташқари мисдан тайёрланган ток ўтказгич сим диаметри икки марта катта бўлган диаметрга эга бўлиб, у ўз навбатида тола сингари мустахкамлилик чегарасини таъминлаб бериши керак.

Толанинг тезда синувчанлигига асосий сабаб толанинг ташқи юзасида микроёриқларни бўлишлиги ва ички томонида дефектлар бўлишлигидир, шунинг хисобига толанинг ташқи юза томонларидаги ёриқларни бир мунча кўплигидир. Ташқи юза дефектлари асосан толани чўзилиш юкламаси таъсири хисобига ошиб бориши, асосан оптик кабелларни ётқизиш жараёнида бўлиб ўтади. Хароратнинг ўзгариш ҳолатлари, механик ва кимёвий таъсирлар ва эскириш ҳолатлари ҳам дефектларни пайдо бўлишга олиб келади.

Оптик толали алоқа линияларнинг асосий афзалликларидан бири уларнинг потенциал узоқ муддатлиги хисобланади, бу дегани оптик тола кварц шишадан тайёрланганлиги бўлиб, у юз йиллар давомида сақланиб қолишлигидан иборатдир. Узоқ йиллар мобайнида ишловчанликни таъминлаш учун лозим бўлган шароит талаб этилади ва асосан механик кучланганлик таъсир этмаслиги керак, демак оптик толанинг хизмат кўрсатиш муддати толадаги микроскопик ёриқларни ўсиб бориш жараёни бўйича аниқланади. Бундай ёриқларни ошиб бориш маркази асосан толанинг ташқи юзасида бўлади ва у доимо ўсиб бормаслиги ҳам бўлиши мумкин. Аммо оптик тола тортилган бўладиган бўлса, у ҳолда толанинг ёриғи тезда лава кўринишда ўсиб боради ва тола тезда узилади. Толанинг хизмат кўрсатиш муддати унинг чўзилиш характериға боғлиқ бўлиб, унинг кўриниши 2.46-расмда келтирилган, чўзилиш қиймати бутун узунлик бўйича чўзилиш ўлчов бирлигида кўрсатилган. Ушбу расмда кўрсатиб ўтилган маълумотлар Япониянинг FUJIKURA компанияси томонидан ишлаб чиқарилувчи намунавий стандарт телекоммуникацион бир модали оптик тола маълумотлари асосида тайёрланган.



2.47-расм. Оптик толанинг хизмат кўрсатиш муддатини чўзилишга бўлган ҳолатига боғлиқлиги

Агар келтирилган маълумотларга назар соладиган бўлсак, унда толанинг микро шикастланиш ёки намликнинг таъсири каби бир қанча омилар эътиборга олинмаган, лекин толанинг бир мунча чўзилишининг ошиб бориши кўплаб маротаба толанинг хизмат кўрсатиш муддатини камайишга олиб келади. Шунинг учун, оптик толали алоқа линиялари ҳолатини баҳолашда кабел ичидаги оптик толанинг чўзилиши ҳақидаги маълумотларга эга бўлмасдан уни баҳолай бўлмайди. Бундай масаланинг долзарблиги тола ичидаги жуда ҳам кичик бўлган оптик эффектларни тадқиқот қилмасдан аниқлаб бўлмайди, шуни ҳисобига нима сабабдан бриллюэн рефлектометрияни ҳосил бўлиш сабабларини билиб бўлмайди. Бизга маълумки, фойдаланувчилар томонидан оптик толали алоқа линиянинг хизмат кўрсатиш муддати 25 йил қилиниб, у ўз навбатида 0,36% дан кам бўлмаган чўзилиш қийматини таъминлаб бериши билан бирга локал механик чўзилиш юклама қиймати 3 Н бўлган чегарада аниқлаб беради. Оптик тола тайёрланувчи шишанинг бузилиш жараёнига асосан ўраб турувчи муҳитнинг физика-кимёвий хусуситлар, биринчи навбатда тола таркибида сув парларини бўлиши кўпроқ таъсир қилади. Оптик толанинг мухофазаловчи қоплами нур ўтказгич толани ўраб турувчи муҳит билан ўзаро таъсирлардан ҳимоялайди. Бундай қарайдиган бўлсак, полимерли қоплам оптик толали нур ўтказгич ташқи юзасига сув молекулаларини тўлиқ равишда кириб боришидан ҳимоя қила олмайди, аммо у сув молекулаларини кириб боришини қийинлаштиради.

### Оптик тола тоифалари

Кўп модали толаларнинг стандартига асосан улар  $g$  параметрига боғлиқ равишда туркумланади ва толанинг синдириш кўрсаткич профилини тавсифлайди. Тола тоифаси  $g$  параметри орқали аниқланади, улар асосан 2.2- жадвалда кўрсатиб ўтилган тоифа таркибига кирувчи энг яхши нормаллаштирилган синдириш кўрсаткич профилига тўғри келиши керак.

Кўп модали толаларнинг тоифалари

2.2-жадвал

Тоифа	Тола материали	Тури	Диапазони
A1	Шиша ўзак, шиша қобик	Градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$1 \leq g \leq 3$
A2.1	Шиша ўзак, шиша қобик	* Квази поғонали синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$3 \leq g \leq 10$
A2.2	Шиша ўзак, шиша қобик	*Поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$10 \leq g \leq \infty$
A3	Шиша ўзак, шиша қобик	*Поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$10 \leq g \leq \infty$
A4	Полимерли тола	-	

\* Баъзи бир ҳудудларда  $g$  қўлланилиши  $x$  функцияси бўлиши мумкин.

Ҳозирги пайтда қўлланувчи бир модали толаларнинг тофалари ҳақидаги маълумотлар 2.3-жадвалда келтирилган.

### 2.3-жадвал

Тоифа	Материал	Дисперсияси ноль бўлган номинал тўлқин узунлик, нм	Нормаллаштирилган номинал тўлқин узунлик, нм
B1.1	Шиша ўзак, шиша қобик	1300	1300
B1.2	Шиша ўзак, шиша қобик	1300	1550
B2	Шиша ўзак, шиша қобик	1550	1550
B3	Шиша ўзак, шиша қобик	1300 ва 1550	1300 ва 1550

Бир модали оптик толаларнинг эксплуатацион тафсилотлари фақатгина оптик толанинг конструктив тузилишига боғлиқ бўлмасдан, толанинг асосий параметрлари ва тизимнинг асосий параметрлари бўлмиш, мода майдонига боғлиқ бўлади.

**Кесувчи тўлқин** узунлик деганда, умумий қувват орасидаги нисбийликдан катта бўлган тўлқин узунлик тушунилади ва у ўз ичига юқори тартибдаги нурланувчи модаларни олади ҳамда унда асосий мода қувват қиймати ўрнатилган қийматга қадар камайиб боради, шунингдек унда модалар бир текисда кўзғатилади. Ўрнатилган қиймат бўйича икки метр узунликда тўғри равишда ётган тола бўлаги учун ҳамда 140 мм радиусда битта ўралган ўрам учун 0,1 дБ қиймат деб олинган.

Умумий дисперсия деганда тарқалиш параметрини тўлқин узунлигига боғлиқлиги тушунилади. Агар нурлантирувчи манба линиянинг спектрал кенглигига тенг бўладиган бўлса, у ҳолда дисперсия сигналнинг бузилиб ёйилиб кетишига сабаб бўлади. Умумий дисперсия нур ўтказгичнинг материал ва тўлқин ўтказгич дисперсияси натижасида ҳосил бўлади.

## ХУЛОСА

- Уч хил кўринишдаги оптик толалар мавжуд: поғонасимон ва секин-асталик билан ўзгарувчан бўлган градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган кўп модали ҳамда бир модали оптик тола;
- Толанинг ўзак диаметри тола сифатини аниқ бўлмаган ҳолда баҳолай беради: тола ўзак диаметри қанчалик кичик бўладиган бўлса, толанинг ўтказиш полосаси шунчалик катта бўлади ва толанинг сўниш қиймати шунчалик кичик бўлади;
- Турли сифатга эга бўлган оптик толалар турли хил техник ҳудудларда қўлланмоқда;
- Дисперсия - оптик толанинг сифатини бир мунча чегараловчи омиллардан бири бўлиб ҳисобланади. Дисперсияни камайтириш учун секин-аста текисланиб ўзгарувчан профилли ёки бир модали тола қўлланади;
- Дисперсия асосан бутун оптик тола бўйлаб ёруғлик нурининг тарқалиши жараёнида нур импульсининг ёйилиб кетиш асосида ётади;
- Уч хил кўринишидаги дисперсия мавжуд: мода дисперсияси, материал дисперсия ва тўлқин ўтказгичли дисперсия;
- Дисперсия ўтказиш полоса кенглигини анча чегаралайди:
- кўп модали оптик толаларда модали ва молекуляр дисперсияси мавжуд;
- бир модали оптик толаларда тўлқин ўтказгичли ва материал дисперсия мавжуд;
- Сўниш деганда оптик сигнал қувватининг йўқотувчанлиги ҳисобига ҳосил бўлади;
- Сўниш қиймати ёруғлик нур частотасининг ўзгариши ҳисобига ўзгаради;
- Сўниш қиймати тола бўйлаб ҳаракатланувчи сигналнинг тезлигига боғлиқ эмас;
- Сонли апертура толада ёруғлик нурларини бир жойга жамланиб йиғилишини аниқлаб беради ва у толага ёруғлик нурини тола ичига киритилиб тола бўйлаб ҳаракатланувчи ёруғлик нур бурчак қийматини аниқлаб беради;
- Оптик тола мис симли ток ўтказгичга қараганда бир мунча катта мустаҳкамлилиқ чегарасига эга.

## Назорат сақоллари

1. Оптик толанинг асосий тафсилотлари
2. Оптик толанинг асосий тузилмаси
3. Оптик тола туркумлари
4. Оптик тола бўйлаб ёруғлик нурининг тарқалиш назарияси.
5. Бурчак апертураси
6. Оптик тола турлари ва уларнинг тавсифлари
7. Оптик толанинг асосий параметрлари. Сўниш

### **3.ОПТИК КАБЕЛЛИ АЛОҶА ЛИНИЯЛАРИ.**

#### **3.1. Оптик толали алоқа линиялари бўйлаб сигналларни узатиш**

Бугунги кунда Республикамизнинг телекоммуникация тармоқларидан ташқари бошқа соҳаларда ҳам кенг равишда оптик толали алоқа линияларини қўлланилиши асосан уларнинг нарҳини кичиклиги ва жуда ҳам юқори ишончилиги хисобига бўлиб ўтмоқда.

Оптик толали нур ўтказгичлар бўйлаб электр сигналларни узатиш учун оптик узатиш тизимлари қўлланмоқда, уларнинг асосий ташкил этувчилари сифатида линиянинг бош томонида ёруғлик нури кўринишидаги сигналларни узатувчи қурилма сифатида электрон-оптик ўзгартиргич, оптик толали линия ва охири қурилма сифатида қўлланувчи ёруғлик нури кўринишидаги сигналларни қабул қилгич қурилмаси сифатида қўлланувчи опто-электрон ўзгартиргичдан иборат бўлган қабул қилгич қурилмалар қўлланмоқда. Металли ток ўтказгич тизимларидагидек линиянинг бош томонида ва линиянинг охири уч томонида охириги қурилмалар қўлланилади. Бундай охириги қурилмалар орасида аналогли узатувлар учун кучайтиргичлар қўлланса, рақамли узатув тизимларида регенераторлар қўлланади.

Оптик ва электр узатув тизимлари бир хил электр бирлаштирувчи қурилмаларга эга, бу дегани оптик толали технологияни қўллашда аввалдан хизмат кўрсатиб турган тармоқни тезда кенгайтириб бориш имконини беради.

Оптик толали нур ўтказгичлар бўйлаб узатувни ташкил этиш учун асосан рақамли технология талаб этилади, чунки у телефон тармоқлари, маълумотлар узатув тармоқлари ва шунга ўхшаш бўлган турли хилдаги узатув тезликларини маълумотлар манбаидан битлар кўринишида узатувни таъминлаб беради. Оптик толали технологияни кенг равишда ривожланиб бориши ўз навбатида аналогли технология ўз ўрнини рақамли технологияга тезда бўшатиб бермоқда.

Рақамли узатув технологиясида асосий функцияни аналог-рақамли ўзгартиргичлар яъни товуш кўринишидаги сигналларни рақамли сигнал кўринишига ўзгартириб беради, мультиплексорлаштириш (бирлаштириш) эса рақамли сигналларни бирлаштириш ва рақамли сигналларни оптик толали нур ўтказгичлар бўйлаб узатиш учун ишлатилади. Рақамли технологияни кенг равишда қўлланилиши телефон алоқа, маълумотлар узатуви, телевидение дастурларин узатиш каби турли хизматларни бирлаштиришдан иборатдир. Бу мақсадларни амалга ошириш учун ХЭАИ-Т(Халқаро электр алоқ итфоқининг телекоммуникация) сектори томонидан маълум бир узатув тезликлари учун узатиш тизим стандартлари ишлаб чиқилган(3.1-жадвал).

Оптик толали алоқа кабелларнинг конструктив тузилишида қўлланувчи оптик ва полимер толаларнинг асосий авзалликлари тола бўйлаб узатилувчи электромагнит тўлқин узунликлари ва частотасига боғлиқдир (3.1-расм).

## Узатиш тизим стандартлари

3.1-жадвал

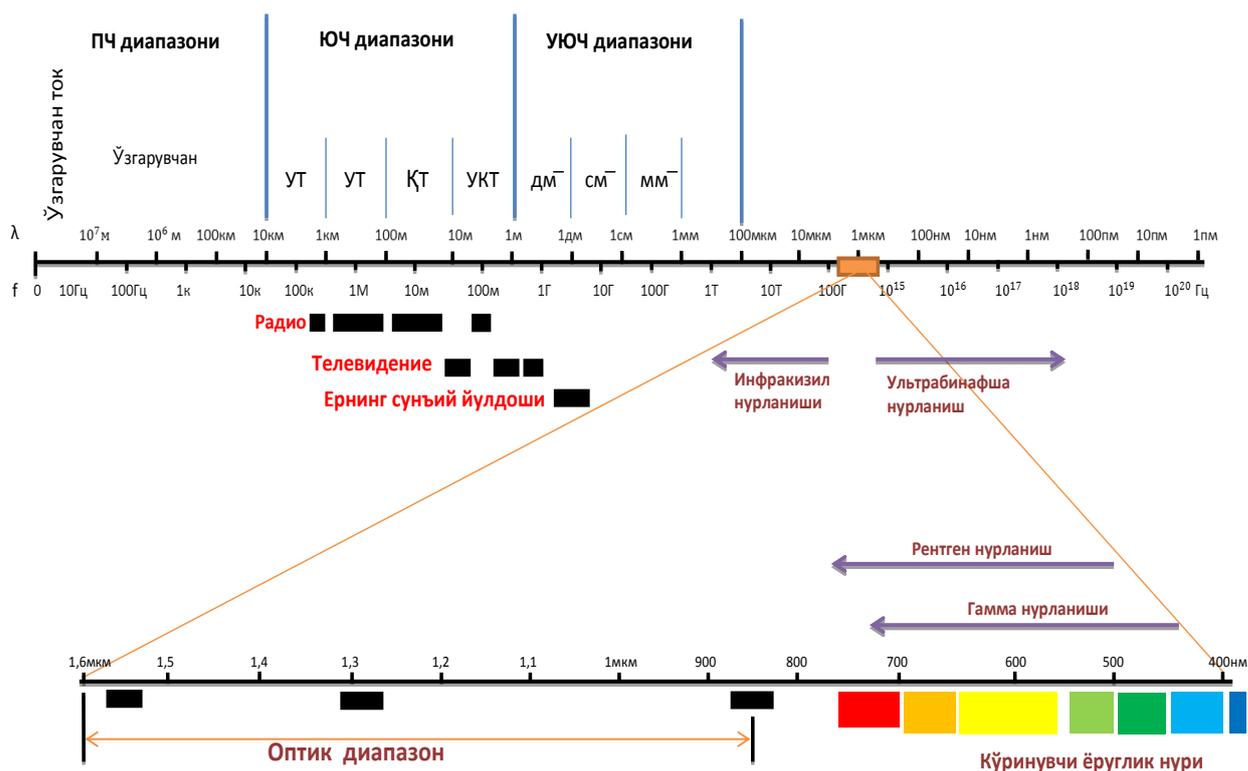
Плезиохрон рақамли иерархия						
64Кбит/с тезлигидаги каналлар сони	узатиш	30	120	480	1920	7680
Узатиш тезлиги, Мбит/с		2	8	34	140	565 <sup>1</sup>
Синхрон рақамли иерархия						
Синхрон транспорт модули сатхи		STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	STM-256
Узатиш тезликлари, Мбит/с		155	622	2488	10000	40000
<sup>1)</sup> ХЭАИ-Т томонидан ушбу сатҳ қабул қилинмаган						

Оптик толали алоқа кабелларининг бошқа турдаги узатиш тизим кабелларига бўлган афзалликлари қуйидагилардан иборат:

- турли хил халақитларга чидамли бўлишлиги, ташқи электромагнит майдонларга чидамли ҳамда бир жойда бир қанча кабеллар ётқизилганда толалар орасида ўзаро таъсирлар умуман бўлмаслиги
- толанинг ўтказиш полосасининг кенг бўлишлиги;
- масса ва габарит ўлчамларининг кичикли бу дегани бугунги кунда қўлланивчи электр алоқа кабеллари ёрдамида бир хил каналлар сонига эга бўлган узатув тизимларидан тахминан 10 марта ва ундан ҳам кичик бўлишлигидан иборат, бу эса ўз навбатида оптик кабелларни нархини камайишига ва қурилиш ишлари учун сарф бўладиган вақтни камайишига олиб келади;
- тизимга кириш ва тизимдан чиқиш томонлари орасида электр томондан изоляциялангани ҳисобига узаткич ва қабул қилгични умумий ер билан улаш ишлари талаб этилмайди, бу билан узатув-қабул қилгич қурилмаларни ўчирмаган ҳолда оптик кабелни таъмирлаш ишларини олиб бориш мумкин бўлади;
- оптик толали кабел ичидаги нур ўтказгичлар орасида қисқа туташувлар бўлмагани учун оптик толали алоқа линияларни турли хил ҳавфли кесишувлар бўлган жойларда ҳам қўллаш имкони бор, чунки толаларда қисқа туташув ҳисобига ҳавф туғдирувчи ва ёнғинга сабаб бўлмаслиги учун тезда аланга бўлиб ёниб кетувчи муҳитларда қўллаш имкони бор;
- потенциал томондан нархининг кичик бўлишлиги, чунки оптик толалар асосан ўта тоза бўлган шишадан тайёрланади ва унинг таркибида миллиондан бир қанча кичик заррачали аралашмалар бўлса ҳам, кўплаб равишда оптик тола ишлаб чиқарилиш жараёнида уларнинг нархи анча кичик

бўлади. Бундан ташқари оптик толаларни ишлаб чиқаришда қиммат баҳо ва камёб бўлган мис ва кўрғошин каби рангли металллар қўлланмайди. Электр алоқа кабелли линиялардан симметрик, коаксиал ва тўлқин ўтказгичли узатиш тизимларининг нархи ортиб борса ҳам ҳеч қамайиб бормайди, чунки мис ва электр алоқа кабеллари учун қўлланувчи кўплаб рангли металллар камёб бўлиб уларнинг энергетик захиралари ер юзасида анча қамайиб бормоқда.

Оптик толали тизимлар ўзининг афзалликлари билан бирга камчиликларга ҳам эга, булар монтаж ишлари учун қўлланувчи прецензион яъни аниқ равишда ишловчи қурилмаларнинг нархини анча баланд бўлишлиги билан бирга лазерли нурлантирувчи манбаларнинг нархини анча баланд бўлишлиги ва оптик толаларни ҳимоялаш учун қўйиладиган махсус талабларни юқори бўлишлигидир. аммо оптик толали алоқа тизимларини қўлланилиши ҳисобига уларнинг афзалликлари анча юқоридир ва келажакда ушбу тизимлар кенг қўламда ривожланиб боради.



3.1-расм. Частота ва тўлқин узунлик спектр кенглиги

1996-йили ХЭАИ-Т сектори томонидан ишлаб чиқилган тавсияга асосан *пассив оптик ташкил этувчиларга* қуйидагилар киради:

- \* - мультиплексорлар ва демультимплексорлар, шу жумладан WDM қурилмалари;
- \* - тармоқлагичлар, (сплиттерлар);
- \* - аттенюаторлар;
- \* - изоляторлар;
- \* - қайта улагичлар, коммутаторлар;
- \* - дисперсияни компенсацияловчи пассив қурилмалар;
- \* - коннекторлар ва бошқа улагичлар;
- \* - акс қайтувни йўқотиш учун қўлланувчи охириги қурилмалар;
- \* - адаптерлар;
- \* - оптик толали циркуляторлар;
- \* - оптик муфталар;
- \* - таъмирлаш учун қўлланувчи вақтинча улагичлар.

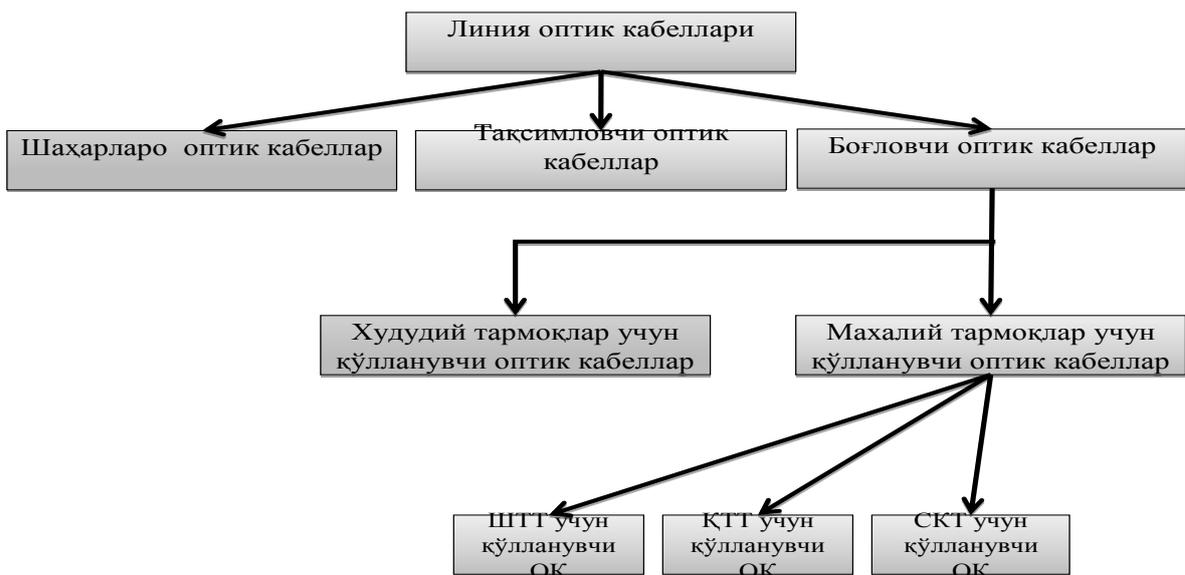
Тармоқнинг ҳар қандай тури юқорида кўрсатиб ўтилган умумий ва махсус қурилмалардан фойдаланишни талаб этади. Бундан ташқари ёруғлик нуруни узатиш схемасида қўлланувчи кўрсатиб ўтилган ҳар қандай қурилма ўз навбатида маълум бир йўқотувчанлик беради ва акс қайтув манбаи бўлади бўлиб акс қайтув йўқотувчанликни тавсилаб беради ва бу йўқотувлар одатда децибелл ўлчов бирлигида ўлчанади.

### **3.2. Оптик алоқа кабелларининг туркумланиши**

Турли хил тармоқларда қўлланувчи оптик алоқа кабеллари ҳаво алоқа линияларининг симёғочларига, темир йўллarning контакт тармоқ симёғочларига, электр узатиш линия симёғочларига, электр узатиш линия кабеллари орасида, телефон кабел канализацияси ва сув узатиб берувчи қувурлари ичида, дарё ва турли хил сув кечувлари ҳамда дарё туби остида ҳамда автомобил йўллари ёқасида ётқизилиб эксплуатация қилинади.

ХЭАИ-Т секторининг тавсияларига асосан оптик кабелларни бино ичида ва бино ташқарисида ётқизилувчи кабелларга бўлиш мумкин. Бино ташқарисида ётқизилувчи кабеллар ёки улар линия кабеллари деб юритилиб, уларнинг туркумлари 3.2-расмда келтирилган.

Оптик толали алоқа линияларини лойихалаштириш жараёнининг кабел танловида иложи борича оптик кабел ичида жойлашган оптик толаларни қўшимча йўқотувчанлик бермаслиги учун ҳимояланган бўлиши билан бирга турли хил эксплуатация шароитларида оптик кабелнинг узатиш параметрларига таъсир этувчи омилларга, жуда ҳам кучли механик деформациялардан ҳимоя ишлари талаб этилиши ва кабелнинг турли хил геометрик ўзгаришлари эътиборга олиниши керак.



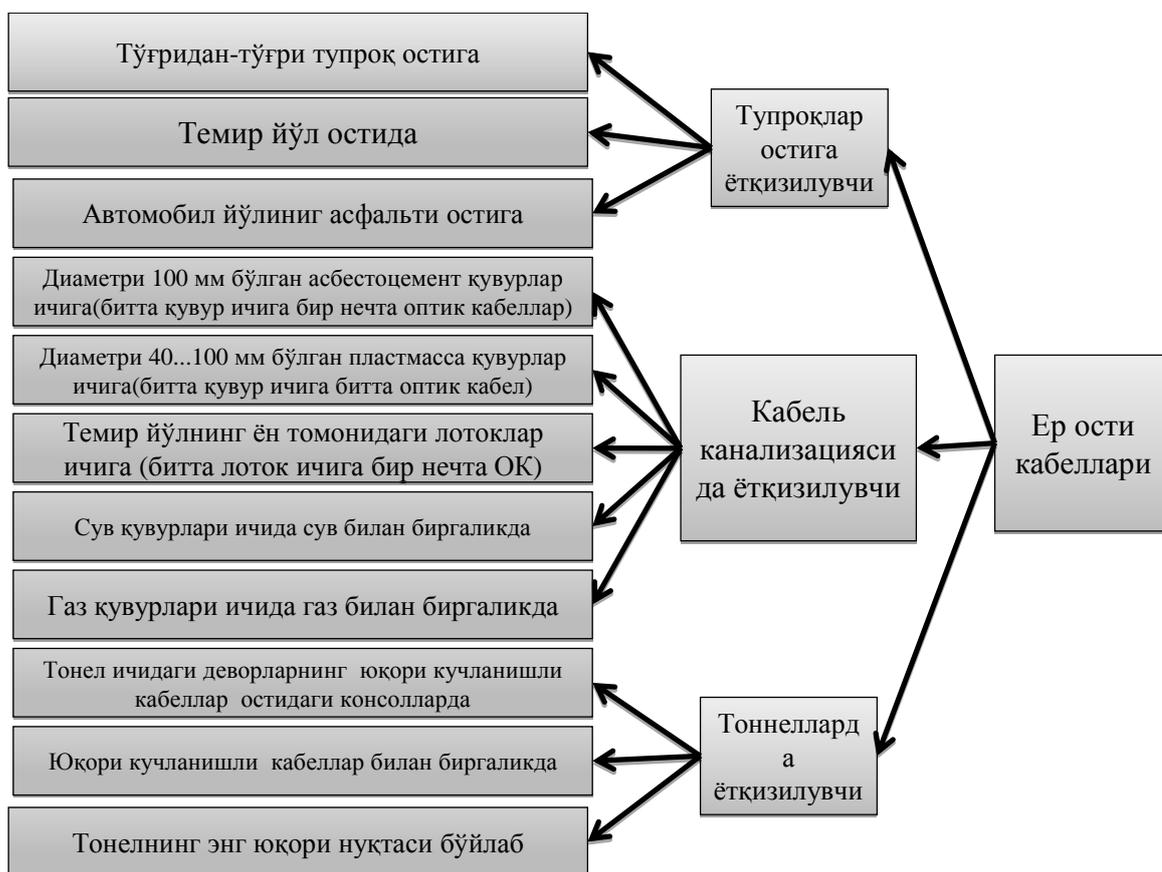
Бино ташқарисида ётқизилувчи оптик кабелларнинг туркумлари

Бино ичкарасида ётқизилувчи оптик кабелларнинг туркумлари қуйидаги расмда келтирилган.



Бино ташқарисида ётқизилувчи оптик кабелларнинг туркумлари

Оптик кабелларнинг қўлланилиш шароити бўйича осма, ер остига ётқизилувчи ва сув остига ётқизилувчи оптик кабелларга бўлинади. Булар ичида кенг равишда қўлланувчи оптик кабелларнинг туркумлари ер остига ётқизилувчи оптик кабеллар хисобланади (3.2-расм).



3.2-расм. Ер остига ётқизилувчи оптик кабелларнинг туркумлари

Осма ётқизилувчи ва сув остига ётқизилувчи оптик кабелларнинг туркумлари 3.3 ва 3.4-расмларда келтирилган.

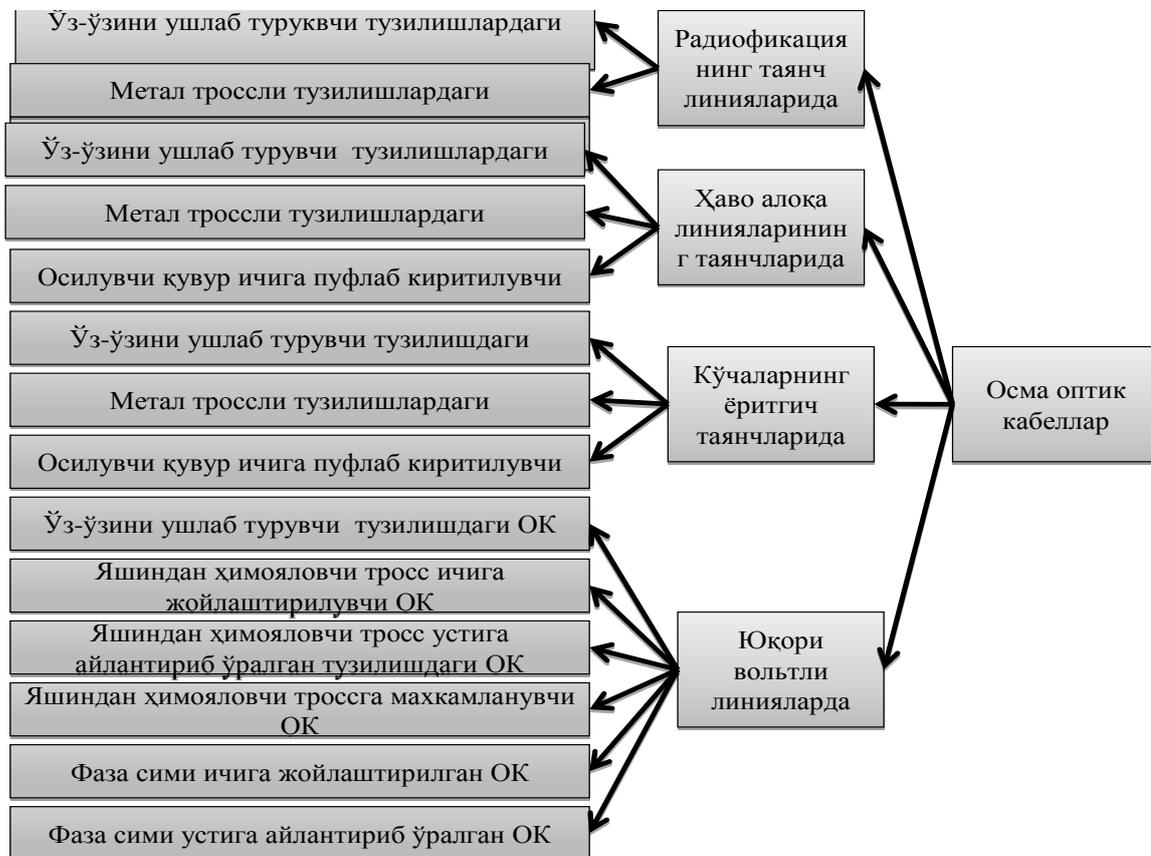
Бундан ташқари оптик толаларни ётқизиш ишлари осон бўлиши билан бирга оптик кабел муфталари ичида оптик толаларни пайвандлаб улаш ишлари ёки оптик толаларни стойкаларга киритиш ва уларнинг охир учларини жихозлаш ишлари билан боғлиқ бўлган ишлари осон бўлишига катта эътибор этилади.

Агар оптик толали алоқа кабелларини оддий мис симли электр алоқа кабеллари билан солиштириладиган бўлса, оптик кабеллар кўплаб афзалликларга эга:

- масса ва ўлчамларини кичик бўлишлиги;
- каттадан-катта масофаларга ётқизиш мумкинлиги;
- йўқотувларнинг кичиклиги;
- ўзаро таъсирларни бўлмаслиги;
- ўтказиш полосасини катта бўлишлиги;
- электромагнит таъсирларни бўлмаслиги.

Бино ташқарисида ётқизилувчи оптик кабеллар турли хил шароитларда ётқизилганда улар турли хил кучли табиий таъсирлар остида бўлиши

мумкин, шунинг учун кабел танловида турли хил ўраб турувчи мухит таъсирларига катта эътибор бериш керак бўлади.



3.3-расм. Осма оптик кабелларнинг туркумлари.



3.4-расм. Сув остига ётқизилувчи оптик кабелларнинг туркумлари.

Кўрсатиб ўтилган оптик кабеллар ичида келажаги порлоқ кабеллардан тўлиқ диэлектрик алоқа кабеллари ҳисобланади, чунки бундай кабеллар жуда ҳам кучли электромагнит таъсирларга ҳам чидамбардошдир, аммо бундай тўлиқ диэлектрик оптик кабелларни қўлланилишида оптик кабелни ва айниқса оптик кабел ичида жойлашган оптик толаларни зилзила, музликлар, ер ости кўчкилари, тоғлик ерларда тош кўчкилари ва сув тошқинларини ҳосил қилувчи селлар каби табиий ҳолатлар ҳисобига ҳосил бўлувчи механик таъсирлардан, кабел ўзаги ичига турли ҳил аралашмага эга бўлган сув парларидан, водород атомлари каби манбалардан, ер ости кемирувчилардан, хизмат талаб этилмайдиган регенерация пунктлари учун электр манба билан таъминлашда, теле назорат, теле механика ва хизмат алоқасини ташкил этиш учун қўлланувчи мис симли ток ўтқагичларни ҳамда ер остида жойлашган алоқа кабелларини ва оптик кабеллани шикастланган жойларини аниқлаш ишларини бажариш учун ҳимояланиш талаб этилади.

Бугунги кунда таркибида метал элементлар бўлган оптик кабеллар кенг равишда ер остига ётқизишда, кабелларни осиб ётқизишда ва сув остига ётқизилувчи оптик кабеллар магистрал, ҳудудий ва маҳаллий тармоқларда, кучли зилзилалар бўладиган ҳудудларда, кўплаб ер ости кемирувчилари бўлган жойларда ҳамда кучли селлар ҳисобига ер кўчкилари бўлувчи жойларда қўлланмоқда.

Таркибида метал элементлар бўлган оптик кабелларни туркумлашда 3.5-расмда кўрсатиб ўтилганидек диэлектрик ва таркибида металл элементлар бўлган иккита катта гуруҳга ва учта кичик гуруҳчаларга бўлиш мумкин:

- оптик кабелнинг ўзак марказида жойлашган диэлектрик ва металл кучлантирувчи элементларга эга бўлган оптик кабеллар;
- оптик кабелнинг ўзак марказидан олисда ва ташқи қобик орасида жойлашган кучлантирувчи элементларга эга бўлган оптик кабеллар;
- кучлантирувчи элементлари кабел ўзагининг марказида ва марказ ташқарисидаги олис томонида жойлашган оптик кабеллар.

Бундан ташқари таркибида металл элементлар жойлашган оптик кабеллар иккита гуруҳчага бўлинади, булар:

1. пассив металл элементли;
2. пассив ва актив металл элементли.

Кўпчилик оптик кабеллар ўзининг конструктив тузилиши бўйича металл элементли оптик кабелларга бўлинади:

-  оптик кабел ўзагини механик муҳофазаловчи кўринишидаги ташқи металл элементли;
-  марказда жойлашган металл элементли;

✚ металл элементи ташқарида жойлашган ва дистанцион манбани узатиш учун мис симли.

Шунингдек оптик кабел ичида жойлашган оптик толаларни хизмат кўрсатиш муддаини ошириш мақсадида металлштирилган оптик толалар қўлланади. Тўлиқ диэлектрик конструктив тузилига эга бўлган оптик кабелларни тўғридан-тўғри равишда ер остига ётқизиш учун ва бугунги кунда қўлланувчи симёғоч ва таянчларга осиб ётқизиш мумкин(1.9-расм).

Оптик кабелларни тўғридан-тўғри равишда ер остига юқори вольтли кучланишга эга бўлган электр кабеллар билан биргаликда ҳамда юқори вольтли кабелнинг ўзаги ичида оптик кабеллар жойлаган ҳолда ва туннеллар ичида ҳамда юқори вольтли электр узатиш линиялар билан кесишган ҳолда ҳам ётқизиш мумкин. Бундай ҳолатларда оптик кабелнинг полимер элементларининг харорати ошиб кетиши ва вақт ўтиши билан охири оқибатда полимерларнинг механик хусусиятларини йўқотувига олиб келади ва ишлатилувчи оптик кабелнинг хизмат кўрсатиш муддатини камайишга бўлади.

Оптик толанинг хусусиятларини эътиборга олган ҳолда оптик толали алоқа линияларини юқори вольтли линия ва ёриткич тармоқ линия, темир йўл, трамвай ва троллейбус линия симёғочларига осиб ётқизиш мумкин. Бундай ҳолатларда юқори вольтли линияларнинг жуда ҳам катта кучланишга эга бўлган юқори сатхларда доимо ҳавфли таъсир этувчи электр майдонлар таъсири пайтининг ёғингарчилик, атмосферанинг кучли ифлосланишлари каби маълум бир шароитларида кенг полосали ёй ҳосил бўлишга олиб келади, бу эса ўз навбатида осма оптик кабелнинг бузилиб шикастланишга олиб келади. Бир вақтнинг ўзида жуда ҳам катта кучланишга эга бўлган кучланганлик майдони оптик толанинг синдириш кўрсаткичини ўзгаришига олиб келади ва бу ҳолат сўниш қиймати ва дисперсияни ошиб кетиши Кэрри эффектига сабаб бўлиши ўз навбатида узоқ муддатли халақит берувчи таъсирга сабаб бўлади(1.10-расм).

Яшин пайтидаги разрядларда Кэрри ва Фарадей каби қисқа вақтлик эффектлар ҳосил бўлиб, улар халақит берувчи таъсирларга сабаб бўладива улар метал элементли оптик кабелларга таъсир этиб оптик кабелларга кескин таъсир этувчи ҳолатлар асосан оптик кабелларни ер остига ва оптик кабелларни осиб ётқизиш жараёнида бўлиб ўтади.

Оптик кабелнинг конструктив тузилишига асосий сабаб оптик толага ҳавфли яшин таъсирлари, юқори вольтли линия, электрлаштирилган темир йўл линияларининг авария ва қисқа туташув иш режимларида бўлиб ўтади. Яшин уришлари ва юқори вольтли линияларнинг қисқа туташув ҳолатларида оптик кабелнинг шикастланиши мумкин, чунки бундай ҳолатларда кучли токнинг оқиб ўтиши пайтида иссиқлик таъсири полимер материалларнинг бузилиб шикастланишига ёки хизмат кўрсатиш муддатини қисқаришга олиб келади. Халақит берувчи таъсирлар асосан Кэрри ва Фарадей эффектлари хисобига ҳосил бўлади.

Оптик кабелнинг диэлектрик, металл, металлодиэлектрик каби қобик турини танлашда электромагнит таъсирлардан ташқари қуйидаги ва бошқа таъсирларни эътиборга олиш керак бўлади:

- водород атомининг генерациясини;
- иқлим шароитини;
- кабел ўзаги ичига ҳавони кириб боришини;
- кабел таркибига кириб борувчи аралашмалар қаршилигини;
- механик стабилликни;
- кимёвий қаршилиқни;
- кабел диаметрини;
- кабел массасини;
- турли хароратларга ва ёнғинга чидамбардошлигини;
- ер ости кемирувчилари ва турли хашоратларга бўлган қаршилиқни;
- қурилиш узунликларидаги кабел қобикларини бир-бири билан улашиш усулларини.

Актив ва пасив элементларга эга бўлган оптик кабеллар учун кучли электромагнит майдонлар шароитида электромагнит мослашувчанлик асосий омил бўлиб ҳисобланади.

Бино ичида ётқизилувчи оптик кабелларга абонент, ички станцион боғловчи каби кабеллар киради.

Оптик толали алоқа кабелларини лойихалаштирувчи омиллар қуйидагилардан иборат:

- механик тафсилотлар ва ўраб турувчи муҳит тафсилоти;
- узоқ муддатли ишонччилик;
- кабелларни ётқизиш ва кабелларни бир-бири билан улаш ишларини осон бўлишлиги;
- турли тармоқларда қўллаш имкони бўлиши керак.

Ўраб турувчи муҳит шароити оптик кабелларни ётқизиш турига боғлиқ ҳолда кўриб чиқилади. Шунинг учун оптик кабелларни ётқизиш ишлари қуйидагича бўлади:

- ✚ ҳавода осиб ётқизиш;
- ✚ тўғридан-тўғри ер остига ётқизиш;
- ✚ телефон кабел канализациясига ётқизиш;
- ✚ туннеллар ичига ётқизиш;
- ✚ бино ичида ётқизиш;
- ✚ сув остига ётқизиш.

Бино ташқарисида ётқизилувчи оптик кабелларни турли хил кўринишдаги ўраб турувчи шароитларда ётқизиш мумкин ва охир оқибатда ётқизилувчи оптик кабеллар кучли табиат таъсирлари остида бўлади. Ўраб турувчи муҳит диапозони иложи борича ўта ўрганган ҳолда кўриб чиқилиб, унда иложи борича қандай конструктив тузилишдаги оптик кабел танланиши керак бўлиб, у узоқ вақт давомида ўзининг лозим бўлган тавсилотларини

алабларига жавоб берувчи ва оптик кабелларни ётқизиш ҳамда кабелларни эксплуатация жараёнида бўладиган механик шароитларидан ҳимоялаш талабларига жавоб берувчи ҳолда оптик кабел қобиғи қопланиши керак. Бундай қобиқ жуда ҳам мураккаб бўлган конструктив тузилишга эга бўлиши билан бирга конкрет ўраб турувчи муҳит шароитларида қониқарли бўлган кучлантирувчи элементлар ва муҳофазаловчи зирх қатламига эга бўлиши керак.

***Оптик кабелнинг асосий конструктив элементлари қуйидагилардан иборат:***

- оптик тола;
- оптик модул;
- оптик кабелнинг ўзаги;
- қаттиқловчи элементлар;
- гидрофоб материаллар;
- зирх қатлами;
- кабел қобиғи.

Оптик кабелларни ишлатиш жойига ҳамда қўлланиш шароитига қараб бир қанча элементлари кабел ўзаги ичида бўлмаслиги мумкин.

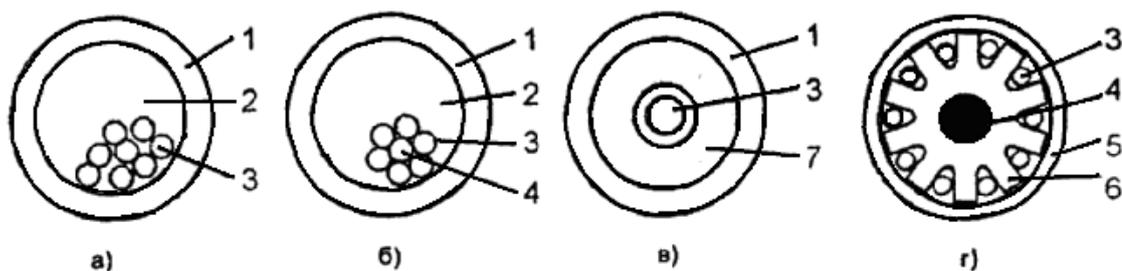
***Оптик тола*** – оптик кабелнинг асосий элементи бўлиб, у ўз навбатида йўналтирувчи узатув муҳити вазифасини бажаради. Оптик толаларнинг турлари ва уларнинг техник параметрлари 2 – бўлимда келтирилади.

***Оптик модул*** – оптик кабелнинг (муस्ताқил равишдаги) маълум бир конструктив элементи бўлиб, унинг ичида битта ёки бир нечта оптик толалар жойланиши мумкин. У ўз навбатида толани муҳофазаловчи элементи вазифасини бажариши билан бирга оптик толани узилиш ҳолатини бир мунча камайтиради, ҳамда муҳофазаланган ҳолда толага кўндаланг ва узунасига тушувчи турли хил кучлардан муҳофазалайди ва уларни бир мунча стабил равишда ишлашини таъминлаб беради.

***Оптик модуллар қуйидаги турлардан иборат:***

-  найчасимон;
-  профилланган яъни кўндаланг кучланганликга эга бўлган ўзакдан иборат;
-  тасмали.

Найчасимон турдаги оптик модул ичида жойлашган оптик толалар бемалол равишда ўрамсиз ҳолатда ( 3.6.а – расм ) ёки марказий қаттиқловчи элемент атрофида ўралган ҳолда ( 3.6.б – расм ) ёхуд муस्ताқкам қаттиқ ҳолдаги буфер кўринишдаги қоплам орасида ( 3.6.в – расм ) жойланиши мумкин.



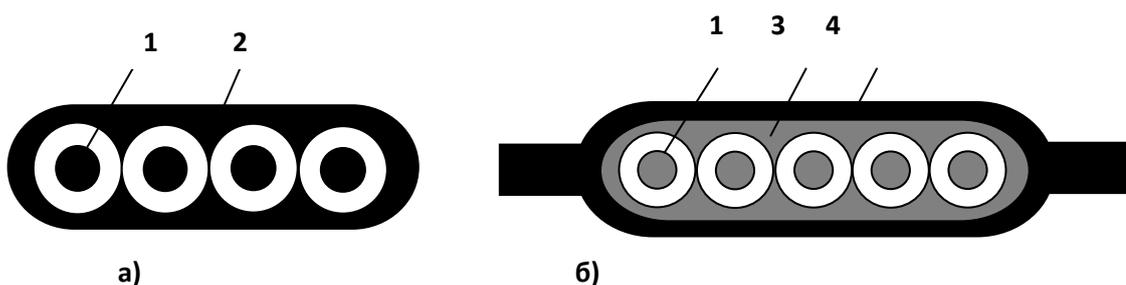
3.6–расм. Оптик модул тузилишига мисоллар:

а), б) ва в)–найчасимон; г)–профилланган

1–найча; 2–хаво ёки гидрофоб компаунд; 3–муҳофазаланган қоплам орасидаги оптик тола; 4–марказий қаттиқловчи элемент; 5–тасма; 6– профилланган ўзак V–кўринишдаги; 7–зич равишдаги буфер қатлам

Тасмали кўринишдаги оптик модул ичида жойлашган оптик толалар сони иккитадан бир нечтаси линия кўринишида бир – бири яқинида жойлашиб линия элементини ташкил этади. Линия элементида жойлаштирилган оптик толалар бутун узунлик бўйича полимер материал ёрдамида маҳкамланади. Бундай ҳолатда оптик толаларни маҳкамланиши ўз навбатида иккиламчи муҳофазаловчи қатлам вазифасини бажаради (3.7а – расм ) ёки у адгезив қатлами деб аталади, чунки у полимер синтетик тасмалардан иборатдир (3.7 – расм ).

Тасма туридаги оптик модул ичида жойлаштирилган толалар ёрдамида бирламчи блокни ташкил этиш мумкин ва матрица деб юритилади. Бундай матрица ичида маълум бир сонли қийматга эга бўлган оптик толалар полимер найча ичида ёки спирал кўринишдаги профилланган элемент ва бир қатор ўралган оралиқлар ичига жойлаштирилади



3.7–расм. Оптик модулларнинг тасмасимон кўринишига мисоллар:

а) полимерли муҳофазаловчи материал билан; б) адгезив қатлам ва синтетик тасмалар ёрдамида қўшимча муҳофазаловчи қоплам билан; 1-муҳофазаловчи қоплам орасидаги оптик тола; 2–полимер материал; 3–адгезив қатлам; 4–синтетик тасма.

Оптик кабелнинг ўзаги одатда марказда жойлаштирилган бир дона оптик модулдан ёки бир нечта оптик модуллардан ёхуд бир – бири билан

боғламли ўрам тури кўринишида ўралган оптик модуллар боғламидан иборат бўлиб, қоида бўйича улар марказий қаттиқловчи элемент атрофида ўралган бўлади. Агар марказий қаттиқловчи элемент атрофида бир дона модуль ўралган бўлса, у бир модуль кўринишдаги оптик ўзак деб юритилса бир қанча модуллар ўрами эса кўп модулли конструктив элементга эга бўлган оптик ўзак деб юритилади.

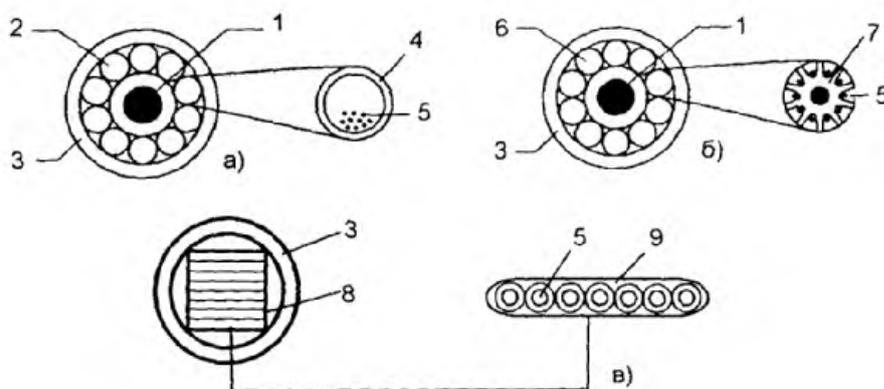
Одатда оптик ўзак оптик толали – кабел ичида жойлашиб улар оптик толаларни турли хил эгилишлардан, чўзилиш бўйича турли юктамалардан ва эзилишлардан иборат бўлган механик мустахкамлигини оширади. Ҳамда бундай механик таъсирлардан муҳофазалайди. Марказий қаттиқловчи элемент асосан узатиш параметрларини муҳофазалайди ва кабелга тушувчи функционал юклама вазифасини бажаради.

Ўз навбатида кабел ўзаги қуйида келтирилган қўшимча элементларни ўз ичига олади:

- тўлдиргич элементлари;
- оптик толаларга эга бўлмаган элементлар яъни кордел тўлдиргичлар;
- мис симлар;
- жуфтлик ёки тўртлик ўрамидан иборат бўлган мис симлар ўрами.

Одатда оптик ўзак кабел ўзаги ичида жойлаштирилган элементлардан иборат бўлган қатлам ёрдамида ёки ёпишқоқ мустахкам синтетик тасма ёрдамида мустахкамланади. Оптик кабел ичига киритилган оптик толалар тури, уларнинг сифими ва ўзак ичида жойлашган мис симлардан иборат бўлган жуфтлик ёки тўртликлар сони, тўлдиргич элементлар тури каби оптик кабел элементларига эга бўлган конструкцияли оптик толали – кабелни қўллаш шароити ва ишлатилиш жойга эга бўлган функцияси орқали аниқланади.

Турли хил ерларда қўлланувчи бўлган яъни осийш учун ёки тўғридан – тўғри равишда ерга кўмиш учун ҳамда бино ичида ётқизиш учун қўлланувчи ва турли хил шароитларда ишлатиладиган турли хил оптик модулдан ташкил топган оптик кабел ўзагидаги конструктив тузилишга эга бўлган кабелларга мисоллар 3.8 – расмда кўрсатилган.



3.8–расм Турли хил оптик модулли ўзакдан иборат бўлган ер ости осилувчи оптик кабелларга мисоллар: а)найчасимон; б)профилланган; в)тасмали;

1—марказий қаттиқловчи элемент; 2—найчасимон турдаги оптик модул; 3—мухофазаловчи қоплам (найча, махкам ушлаб турувчи полимер тасма ва х.кз); 4—полимер найча; 5—мухофазаловчи қатлам орасидаги оптик тола; 6—профилланган турдаги оптик модул; 7—профилланган турдаги ўзак; 8—тасмасимон оптик модулнинг бирламчи блоки; 9—тасмасимон оптик модул

Сув остида ётқизилувчи оптик кабелни турли хил оптик ўзакга эга бўлган конструктив тузилишдаги оптик кабеллар мисоли 3.9. – расмда кўрсатилган.



3.9–расм Оптик сув ости кабелнинг ўзак тузилишига мисоллар

а) Fujitsu фирмасиники б) Alcatel фирмасиники.

1–рух қоплами билан қопланган пўлат симдан иборат бўлган марказий қаттиқловчи элемент; 2–оптик толалар; 3–ультрабинафша нурланиши билан тикилган полимер; 4–девор қалинлиги 0,2 мм ва ташқи диаметри 2,3 мм бўлган пўлат найча; 5–тиксотропик тўлдиргич

Оптик кабелнинг қаттиқловчи элементлари кабелнинг талаб этиладиган механик мустахкамлигини ва кабел ичидаги элементларни талаб этиладиган жараёндаги деформация қийматида бўлишини таъминлаб беради. Кабелнинг қаттиқловчи элементи материалларини танлашда қуйидаги асосий факторларга эътибор берилади: Юн модули, механик мустахкамлик ва массасининг нисбати, маълум бир вақт мобайнида параметрларини рухсат этиладиган хароратда ўзгариш чегараси бўлишлиги, коррозияга нисбатан чидамлик бўлиши, қайтадан ётқизиш ва монтаж қилиб бўлишлиги учун ва оптик кабелнинг ишлаш шароити каби параметрларини стабил равишда ишлашини таъминлаб беради.

Қаттиқловчи элемент материали сифатида пўлат, мис ва алюминий каби симлар, ҳамда араид иплари ва шиша пластик стерженли ўзаклар қўлланади, уларнинг параметрлари ҳақидаги маълумотлар 1.4. – жадвалда келтирилган. Жадвалда келтирилган  $n$  – қиймати қаттиқловчи элемент учун қўлланивчи материалнинг қўлланиш коэффициенти бўлиб у материалларнинг яхши ҳолатларда бўлишини таъминлаб беради.

**Кабел марказида жойлаштирилган** қаттиқловчи элементлар унинг эгилувчанлигини таъминлаб берса, кабел ўзагидан узоқроқда жойлаштирилган қаттиқловчи элементлар эса кабелни турли хил зарбаларга ва чўзилиш бўйича юклама каби кучли чидамбардошлигини таъминлаб беради. Гидрофоб материаллар оптик кабел ичига турли хил

намгарчиликларни ва сув парларини кириб кетишидан сақлайди ва бу билан бирга оптик толанинг ишлаш муддатини ошириб боради. Одатда тўлдиргич вазифасини махсус гидрофоб компунд бажариб, у сув тегиши билан шишиб кетувчи бўлади ҳамда сувни итарувчи тасма ёки уларнинг комбинациясидан иборат бўлган махсус тўлдиргичлар билан тўлдирилади қўлланади. Кабел ўзак ичи, модуллар ичи, профилланган ораликлар ораси ва қаттиқловчи элементлар орасидаги бўшлиқ жойлар ҳам гидрофоб тўлдиргичлар билан тўлдирилади.

**Оптик кабелнинг қобиги** – оптик кабелнинг ўзагини ташқи таъсирлардан ва механик шикастланишлардан муҳофазалайди. Оптик кабелнинг қобик тури кабелни турли хил эгилишлардан, турли хил буралиб кетишлардан, қўндаланг равишда сиқилишлардан ва шунга ўхшаш турли механик таъсирларга чидамлилигини ошириш билан бирга климатик ва химиявий таъсирларга, ёнғинга чидамбардошли ва ёнғин пайтида водород ажратиб чиқариш каби ташқи мухитдан муҳофазалашни чидамлилигини ошириш мақсадида, кабел қобигининг диаметри ва массаси каби материалнинг физик тавсилотини ошириш ҳамда монтаж жараёнини осон бўлиши учун қўлланади.

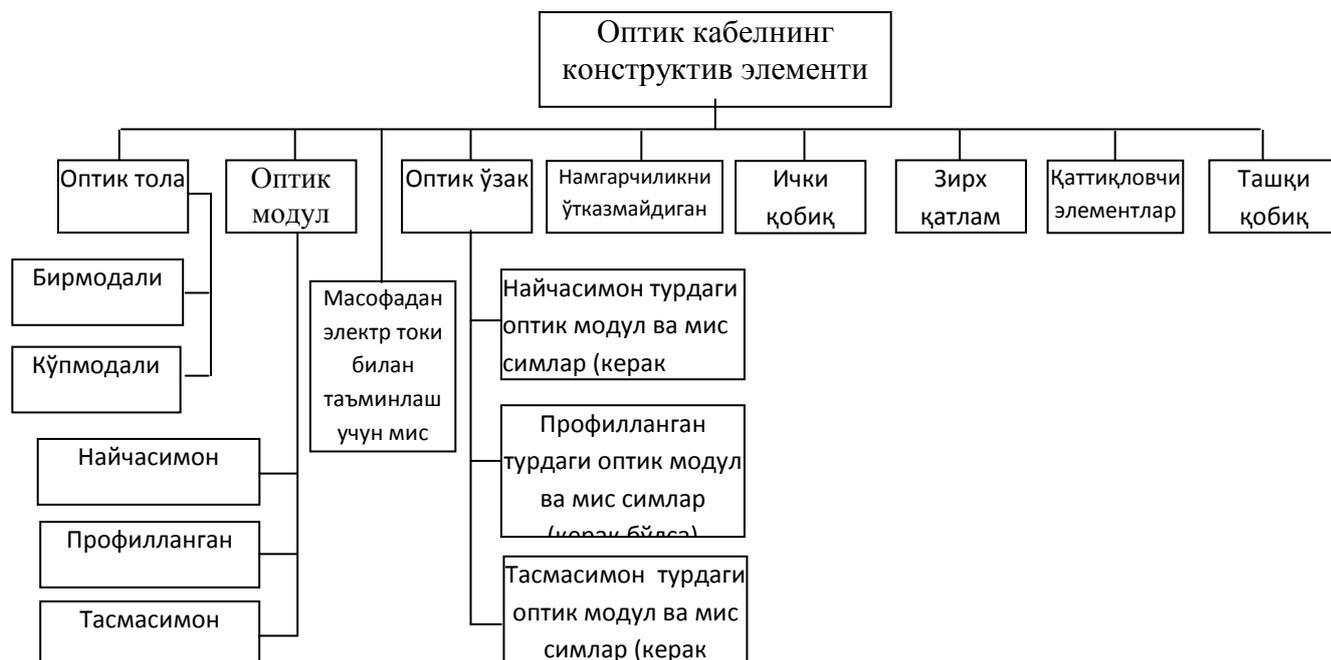
**Оптик кабелнинг зирх қатлами** – оптик кабелнинг механик хусусиятларини оширади ва кабелнинг муҳофазаловчи функцияларини яхшилади. Одатда оптик кабелнинг зирх қатлами учун рух қатлам билан қопланган тўлқинсимон пўлат тасма ёки зангламайдиган пўлат симлардан иборат бўлиб, улар бир ёки бир неча қатлам кўринишидаги ўрамлардан ташкил топади. Мисол учун уни чуқур бўлмаган дарёлар кечуви учун икки қатламли зирх қўлланса, денгиз қирғоқлари ва чуқур дарёлар кечуви учун эса жуда ҳам юқори кучланганликга эга бўлган пўлат симлардан иборат зирх қатлами қўлланади. Турли хил ер ости кемирувчиларидан кабелни муҳофаза этиш учун бутун кабел узунлиги бўйлаб ўралган тўлқинсимон пўлат тасмадан иборат бўлган зирх қатлами қўлланади. Диэлектрик оптик кабелларда зирх қатлами учун араמיד ип тўқималари, шиша пластик ўзакли стерженлар қўлланади.

### **3.3.Оптик кабелларга қўйиладиган техник талаблар.**

Телекоммуникация тармоқларида қўлланиш шароити бўйича оптик кабеллар 3.10 – расмда кўрсатилган асосий конструктив элементлардан ташкил топади.

Бизга маълумки оптик кабеллар бўйлаб ҳамма турдаги маълумотларни ҳозирги замон ҳамда келажакдаги оптик узатиш технологиялари асосида маълумотларни узатиш мухити бўлиб ҳисобланади. Қонун бўйича линияда қўлланувчи оптик кабелларнинг оптик ўзаги ичида металл элементлар бўлмаслиги керак, чунки бундай металл элементларни ташқи электромагнит таъсирлардан муҳофаза этиш учун қўшимча сарф – харажатлар керак бўлади.

Оптик кабелнинг конструкциясини ва техник эксплуатацияси учун мураккаблаштирмаслик ва унинг нархини оширмаслик учун улар ўзгармас хаво босими остига қўйилмасликлари лозим.



3.10–расм Оптик кабелнинг асосий конструктив элементлари

Оптик кабелларнинг қобиғи бутунлай ишлаш даври мобайнида герматик бўлган ҳолатини сақлаб туриши керак. Бундан ташқари оптик кабелларнинг қобиғи герматик бўлиши билан бирга улар намгарчиликни бутунлай ўтказмайдиган ва сингдирилмайдиган, электр томондан мустаҳкам, шўрхоқ тупроқлар таъсирига чидамли, қуёш нурларини нурланишига, гидростатик ўзгармас босимга, пастки ва юқори хароратларга чидамбардош бўлиб, ўз навбатида у бутунлай ёнмаслиги ва ёнғинга чидамбардош бўлиши ҳамда чўзилишга, эгилишга, турли зарбаларга ва турли эзилишлар каби механик хусусиятларга эга бўлиши керак.

**Оптик кабеллар учун қўлланувчи зирхнинг механик хусусияти** оптик кабелларни ётқизиш ва уларга техник хизмат кўрсатиш бўйича тўлиқ шартларни бажариш билан бирга бутунлай хизмат кўрсатиш даврида бу хусусиятларини сақлаган ҳолда турли кемирувчилардан муҳофаза эта билиши керак. Оптик кабеллар ўз навбатида сертификатга эга бўлиб бу сертификат ҳалқаро талаб ва нормаларга жавоб бермоғи лозим.

Оптик толаларнинг параметрлари ва уларга қўйиладиган талаблар иккинчи бўлимида келтирилган. Бу тавсифлар ҳамма талабга жавоб бериши билан бирга улар ёрдамида жуда ҳам катта узунликдаги регенерация участкалари ташкил этилиб улар бўйлаб каттадан – катта бўлган маълумотларни узатиш тезлигида толали – оптик узатиш тизимларини яратиш, қурилиш ва бундай тармоқларга хизмат кўрсатиш ҳамда келажақда бундай тармоқларни реконструкция қилиш учун кетадиган сарф –

харажатларни камайтириш керак. Оптик кабелдаги толаларнинг сўниш коэффициенти келтирилган.

Оптик кабелларни қўлланиш жойидан қабтий назар циклик хароратга чидамли бўлиши керак. Циклик харорат деганда энг пастки ва энг юқори ишчи харорат диапозони тушунилади.

**Осма оптик кабеллар** атмосферадан ҳосил бўлувчи турли ёғингарчиликларга, шўрхок туманларга, қуёш нурланиши каби таъсирларга чидамбардош бўлиши керак.

**Сув ости оптик кабеллари** денгиз қирғоқлари ва денгиз ости участкаларида ётқизилганда 70 МПа бўлган гидростатик ҳаво босимига ва унча чуқур бўлмаган дарё кечувларидан ўтган кабеллар 0,7 МПа қийматга эга бўлган гидростатик босимга чидамбардош бўлиши керак.

Оптик кабеллар ичига тўлдирилувчи гидрофоб тўлдиргич +70° С хароратга қадар оқиб кетувчи бўлмаслиги керак, ҳамда оптик кабел ичида жойлашган турли хил материаллар билан мослашган бўлмоғи лозим. Гидрофоб компаунд оптик толаларнинг параметрларига таъсир этмаслиги керак, шунингдек у монтаж жараёнида осон ажралувчи бўлиши билан бирга инсон ҳаётига ҳавф солмайдиган ва келажакда коррозия келтириб чиқмайдиган бўлиши керак. Бино ичида, тоннеллар ва коллекторлар ичида ётқизилувчи оптик кабелларнинг ташқи қобиғи ёнмайдиган материалдан тайёрланиши керак. Оптик кабелларнинг хизмат қилиш муддати 25 йилдан кам бўлмаслиги ҳамда, оптик кабелнинг конструктив тизимларида махсус ҳавфсизлик чораларини қўлланиши лозим бўлмаслиги керак.

### **3.4.Оптик тола. Оптик толаларнинг туркумлари**

Оптик толали алоқа кабелларининг асосий элементи бўлиб, оптик тола хисобланади ва у ўта тоза ва юқори сифатли кварц шишадан тайёрланиб, унинг асосий вазифаси ёруғлик нури кўринишидаги сигналларни бутун тола узунлиги бўйлаб тарқатишини таъминлаб беради.

Бугунги кунда асосан бир модали ва кўп модали градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган оптик толалар қўлланмоқда.

Турли хил телекоммуникация тармоқларида қўлланувчи оптик толаларнинг ўлчамлари ва турли хил тавсилотлари ХЭАИ-Тнинг тавсифларига жавоб бериши керак:

G.651 – ўлчамлари 50/125 мкм градиент синдириш кўрсаткич профилига эга бўлган кўп модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тафсилотлари;

G.652 – стандарт бир модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тафсилотлари;

G.653 – дисперсияси силжитилган бир модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тафсилотлари;

G.654 – 1550 нм тўлқин узунлигида сўниш қиймати минимизацияланган бир модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тафсилотлари;

G.655 – дисперсияси силжитилиб ноль бўлмаган, шу жумладан кичик дисперсия эгри чизиғига эга бўлган ҳамда жуда ҳам катта самарали мода майдонига эга бўлган бир модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тавсилотлари;

G.656 – дисперсияси 1625 нм тўлқин узунлигига қадар силжитилиб ноль бўлмаган кенг полосали бир модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тавсилотлари;

G.657 – эгилиш радиуси минималлаштирилган ҳамда абонент фойдалана оладиган тармоқлар учун қўлланувчи бир модали оптик тола ва шу асосда тайёрланган оптик кабел тавсилотлари.

Амалиётда эса иложи борича оптик толанинг максимал қисқа вақтли деформацияси 1% дан , узоқ вақтли деформация қиймати эса максимал деформация қийматидан унчалик катта бўлмаган (доля)қийматдан ошиқ бўлмаслиги керак. Шунингдек оптик толалар эгилишлар, хаво хароратини кескин ўзгариши ва водород таъсири ҳамда оптик алоқа кабелининг конструктив тузилиш элементлари таркибига кирувчи элементлар томонидан ажралиб чиқувчи водород каби таъсир этувчи омилларга жуда ҳам сезгирдир. Оптик толанинг бундай хусусиятлари оптик толали алоқа кабелларининг конструктив тузилишини турли хил муҳит шароитларида қўлланишини аниқлаб беради. Оптик толани стабил равишда ишлашини таъминлаш мақсадида ва оптик толаларни турли хил кўндаланг ва бутун узунлик бўйича узилишга бўлган таъсирлар олдини олиш мақсадида оптик толалар бирламчи ва иккиламчи мухофазаловчи қоплам билан химояланади. Бирламчи мухофазаловчи қоплам оптик толани тортиб олиш жараёнидан сўнгра оптик тола қобиғининг устига тўғридан-тўғри равишда тўлиқ қатламда қопланади ва у ўз навбатида тола ташқи юзасини турли хил шикастланишлардан химоялаб толага кўшимча равишда механик мустахкачилигини ошириб беради. Оптик толанинг иккиламчи мухофазаловчи қопламининг қуйидаги турлари қўлланади:

- ✚ - найча ёки бирламчи мухофазаловчи қопламга эга бўлган оптик толалар орасига бемалол жойланувчи ораликлар;
- ✚ тўлиқ полимерли қоплам;
- ✚ бирламчи мухофазаловчи қопламга эга бўлган оптик толалар линиявий матрицани ҳосил қилувчи тасмали элемент.

Найчасимон элемент (найча кўринишида) асосан иккиламчи мухофазаловчи қатлам вазифасини бажаради, бирламчи мухофазаловчи қопламга эга бўлган оптик толалар одатда ўрамсиз ҳолатда ёки марказий кучлантирувчи элемент атрофига айлангириб ўралган ҳолда бўлади.

Кўп модали оптик толаларда бир вақтнинг ўзида бир нечта тўлқинлар турли хил тушиш ва қайтиш бурчакларида тарқалиб ҳаракатланади, одатда тола бўйлаб ҳаракатланувчи тўлқинлар мода деб аталади. Турли модаларнинг ҳаракатланиши ҳисобига бирламчи сигналнинг формасини ёйилиб кетиш ҳолати рўй этади, бу эса ўз навбатида толанинг узатув жараёнини бир мунча чегаралаб қўяди. Кўп модали толаларни тайёрлаш ва

уларга ёруғлик нурларини киритиш осон ҳамда толаларни бир-бири билан улаш ишлари осондир. Ўз навбатида кўп модали толалар ўзининг синдириш кўрсаткич профилини тола ўзак марказидан кўндаланг юза бўйича ўзгариши бир-биридан фарқланади. Шунинг учун тола ўзагини тола қобиқ томонга кескин равишда яъни зинасимон ҳолда ўзгариши поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган кўп модали оптик тола деб юритилса, тола ўзагида тола қобиғи томон секин-асталик билан ўзгарувчан синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган кўп модали оптик тола деб аталади.

Градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган оптик толалар ичида биринчидан харакатланувчи модалар сони кам бўлса ҳам иккинчидан уларнинг тушиш ва қайтиш бурчаклари бир-биридан камроқ фарқ қилади, демак анча яхши шароитга эга бўлган узатув муҳити яратилади(2.1-расм).

Турли шаффофлик дарчаларидаги сўниш коэффициенти –  $\alpha$  турли қийматларга эга, айниқса кўп модали толаларда бу қиймат анча сезиларлидир. 3.2-жадвалда бир модали оптик толаларни кўп модали оптик толаларга бўлган авзалликлари кўзга ташланади, шунинг учун бир модали оптик толаларни ишлаб чиқариш хажми ва уларни қўлланилиши кўп модали оптик толаларга қараганда юқори.

Оптик толаларнинг ўртача сўниш қийматлари, дБ/км 3.2-жадвалда келтирилган.

3.2-жадвал

Тўлқин узунликлар нм	Градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган кўп модали тола	Бир модали тола
850	3,07	-
1310	1.03	0,4
1550	-	0,24

Оптик толалар ташқи таъсирлардан айниқса механик таъсирларга ва турли хил эгилишларга, хароратга, айниқса гидроксил парларга – ОН каби турли таъсирларга жуда ҳам сезгирдир, шунинг учун юқорида кўрсатиб ўтилган турли таъсирлардан ҳимоялаш учун оптик тола албатта иккиламчи мухофазаловчи қоплам билан қопланиши шарт, қоида бўйича бундай мухофазаланиш ишлари икки қатламли акрилат билан бажарилади. Бу ишларни бажариш учун бошқа материаллар ҳам қўлланилиши мумкин. Иккиламчи мухофазаловчи қопламнинг қалинлиги унчалик катта бўлмаган қалинликда, 60 мкм қалинликда қопланади.

Мухофазаловчи қопламга эга бўлган оптик тола оптик толали алоқа кабелининг асосий элементи бўлиб, у асосан тола бўйлаб ёруғлик нури

кўринишидаги оптик сигналларнинг узатув муҳити бўлиб хисобланади ва электр алоқа кабелининг изоляцияланган ток ўтказгич вазифаси сингари функцияни бажаради. Оптик толанинг умумий мухофазаловчи қатлам диаметри стандартлаштирилган бўлиб, у 245 мкмни ташкил этади.

Оптик толаларнинг монтаж ишларини осонлаштириш мақсадида толанинг мухофазаловчи қатлами устидан қалинлиги 3 ... 6 мкм бўлган турли хил рангдаги бўёқлар билан бўялади. Мухофазаловчи қоплам устига қопланган бўёқнинг ишончлилиги ультра бинавша нурлари ёрдамида интенсив равишда қопланиб назоратланади.

Бугунги кунда турли хил телекоммуникация тармоқларида кенг равишда қўлланувчи оптик толанинг дисперсияси нуқтаи назаридан қарайдиган бўлсак, уларни учта асосий турга бўлиш мумкин:

- дисперсияси силжитилмаган ёки поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган стандарт бир модали оптик тола – SF туридаги (2.5a-расм);
- дисперсияси силжитилган бир модали оптик тола DSF туридаги(2.5б-расм);
- дисперсияси силжитилиб ноль бўлмаган бир модали оптик тола -NZDSF туридаги.

Юқорида қайд этиб ўтилган ҳамма турдаги оптик толалар сўниш қиймати бўйича 1310 нм ва 1550 нм бўлган бир модали узатув дарчаларида бир-бирига яқин, аммо улар бир-биридан хроматик дисперсия тавсилотлари бўйича фарқланади, чунки дисперсия асосан максимал рухсат этиладиган регенерация участкалари масофасига таъсир кўрсатади. Шу мақсадда дисперсия қиймати жуда ҳам кичик бўлган қийматга эга бўлган оптик толани конкрет тўлқин узунлик учун қўллаш имкони бўлган масалани ечиш керак бўлади, булар ичида айниқса битта тўлқин узунликни узатиш учун бир каналли узатув тизимини танлаш керак бўлади. Кўп каналли мультиплексорлаштиришни (WDM) 1550 нм тўлқин узунлик дарчасида эса бошқа турдаги оптик толани танлаш талаб этилади. Олиб борилган кўплаб тадқиқот ишлари шуни кўрсатадики, агар дисперсия қиймати ноль бўлган тўлқин узунлик мультиплексорлаштирилувчи сигнал худудига тўғри келиб қоладиган бўлса, у ҳолда номуносиб бўлган интерферицион эффектларни ҳосил бўлишига олиб келиб, у ўз навбатида жуда ҳам катта бўлган сигналнинг деградациясига олиб келади.

**Стандарт SF туридаги оптик тола.** Ўтган асрнинг 80-йилларида оптик толани узатиш тизимларининг узаткичлари 1550 нм тўлқин узунликда жуда ҳам қимматбаҳо ва жуда ҳам кичик ишонччиликга эга бўлган, шунинг учун жаҳон бозорида 1300 нм тўлқин узунлигида ишлайдиган узаткичлар рақобатли бўла олмаган, шу мақсадда шу вақтда ишлаб чиқарилган стандарт поғонасимон- SF туридаги оптик тола(2.5a-расм) биринчилардан тижорат оптик толаси бўлган ва у телекоммуникация тармоқларида кенг равишда қўлланиб келинган. Бундай турдаги оптик тола асосан 1310 нм тўлқин узунлигида дисперсия бўйича ишлатилиш учун оптимизацияланган бўлса

хам 1550 нм тўлқин узунлик дарчасида жуда ҳам кичик сўниш қийматини таъминлаб бергани учун ХЭАИ-Тнинг G.652 тавсифига жавоб беради.

**DSF туридаги тола.** Алоқа узатиш воситаларининг ўзлаштирилиб хозирги замон талабларига яъни 1550 нм тўлқин узунликда ишлатилиш мақсадида дисперсия қиймати ноль бўлган бир модали оптик толани ишлаб чиқариш бошланди. Натижада ўтган асрнинг 80-йил ўрталарида дисперсияси силжитилган DSF туридаги оптик тола ишлаб чиқарила бошланди ва бундай тола тўлиқ равишда 1550 нм тўлқин узунликдаги шавффофлик дарчасида сўниш қиймати ва дисперсия қиймати бўйича оптимизациялаштирилди. Кўп йиллар давомида DSF туридаги оптик тола келажаги порлоқ толалардан бири бўлиб хисобланиб келди, янгидан-янги технологияларни кириб келиши ўз навбатида оптик сигналларни мультимплексорлаштириб узатиш тизимларига эрбий билан легирлаштирилган EDFA туридаги оптик кучайтиргичлар асосий роль ўйнай бошлади, чунки бундай оптик кучайтиргичлар кўп каналли сигналларни кучайтириб бериб узатиш имконига эгадир. Аммо 90-йилларнинг бошларида кўплаб олиб борилган тадқиқод ишлари дисперсияси ноль бўлган 1550 нм тўлқин узунлик эрбий билан легирлаштирилган кучайтиргичнинг ишчи диапозони ичига тўғри келиб, у ўз навбатида ночизикли эффектларнинг потенциал манбаи бўлиб, унинг хисобига тўрт тўлқинли силжиш хисобига кўп каналли сигнални тарқалишида кескин равишда кўплаб шовқинларни ҳосил бўлишига сабаб бўла бошлади. Дисперсияси силжитилган оптик толалар ХЭАИ-Т сетори томонидан G.653 тавсифига жавоб беради.

Кейинчалик аниқланишича DSF туридаги дисперсияси силжитилган бир модали оптик тола WDM тизимларини қўллаганда бир қанча камчиликга эга бўлганлигини кўришимиз мумкин. DSF туридаги дисперсияси силжитилган бир модали оптик толани WDM тизимлари учун қўллаганда ночизикли эффектлардан халос этилиш учун тола ичига киритилувчи оптик сигналнинг қувватини камайтирилиши ҳамда каналлар орасидаги масофани ошириш керак ва жуфтлик каналларни узатувини таъминлаш керак бўлмайди ( $\lambda_0$  нисбатан симметрик каналлар).

**Тўрт тўлқинли силжиш** деганда иккита тўлқинни сочилиши хисобига янгидан керак бўлмайдиган тўлқин узунликларни ҳосил бўлиш эффектидир. Янгидан ҳосил бўлган тўлқинлар тола бўйлаб тарқалувчи оптик сигнални деградацияга келтириб, у билан интерференцияланади ёки фойдали тўлқин каналидан қувватни тортиб сўриб олади. Тўрт тўлқинли силжиш эффекти хисобига янги турдаги оптик тола яратиш ва уни ишлаб чиқариш керак бўлиб, унда  $\lambda_0$  -симметрик каналнинг тўлқин узунлиги иложи борича тола бўйлаб узатилувчи ҳамма каналларнинг чап ёки ўнг томонида жойланиши керак.

**NZDSF туридаги тола.** Бундай турдаги оптик тола ўтган асрнинг 90-йиллар бошларида яратилиб, унда DSF туридаги оптик толанинг камчиликлари йўқотилиб, у  $\lambda$ - тўлқин узунлиги силжитирилган тола

сифатида қаъд этилди. Унинг асосий авзалликларидан бири дисперсия қиймати ноль бўлган тўлқин узунлик эрбий билан легирлаштирилган ўтказиш полосасидан ташқарига чиқарилганидир, бу эса ўз навбатида ночизиқли эффектларни камайтириб беради ва оптик толани DWDM узатиш воситаси ёрдамида ташкил этилган сигналларни узатишда тола тавсилотларини анча ошириб бергани учун у ХЭАИ-Т нинг G.655 тавсифига жавоб беради. Дисперсияси силжитилмаган оддий бир модали оптик тола 1310 нм тўлқин узунликда минимал дисперсияга эга бўлиб, унинг қиймати тахминан 17 пс/(нм х км) бўлгани учун дисперсияни компенсациялаш учун махсус толани қўшиш ҳисобига дисперсияни компенсациялаш ва кўплаб регенераторларни қўллаш учун кўшимча харажатлар талаб этади.

True Wave туридаги оптик толада махсус толанинг ўзак синдириш кўрсаткич профили қўлланади. Бундай турдаги оптик толанинг ўзак қобиғи турли хил синдириш кўрсаткичига эга бўлган синтетик кремний оксидан тайёрланган айланма қатламли кўринишидаги ҳолда ўраб турувчи бўлгани учун, EDFA ишчи диапозонида жуда ҳам кичик сўниш қийматига ва жуда ҳам кичик бўлган дисперсияси ноль бўлмаган қийматга эришилади. Шундай йўл тутиш орқали дисперсияни компенсациялаш учун кетадиган харажатлар анча камаяди ёки дисперсия умуман йўқотилади, бундан ташқари бундай турдаги оптик тола жуда ҳам кичик ва стабиллаштирилган модаси кутбланган дисперсияга (Polarization Mode Dispersion - PMD ) эришилади.

Келтирилган маълумотларга назар соладиган бўлсак, дисперсия тавсилотлари бўйича LEAF туридаги толанинг тавсилотлари True Wave туридаги тола тавсилотларига яқин бўлса ҳам, унинг асосий фарқланиши бошқа толаларга қараганда унинг самарали юзаси ёруғлик нур оқими учун анча катта ёки унинг мода майдон диаметри 1 мкм га ошган.

Тола таркибида бошқа молекулалар билан бирга сув молекуласи миллиардан бир қисмини ташкил этади. Янги технология эса бундай молекулаларни йўқота олади, натижада янги тола пайдо бўлиб, аввалги толалардан анча авзалликларга эга ва бу тола AllWave (ҳамма тўлқинлар учун)деб аталади. Бундай толанинг сўниш қийматини тўлқин узунликга боғлиқлик эгри чизиғида тўртта шавффофлик дарчаси битта дарчага бирлаштирилгани учун у шундай номга эга бўлди.

Оддий бир модали оптик толаларнинг ишчи тўлқин узунлик диапозони AllWave туридаги оптик толанинг ишчи тўлқин узунлик диапозони 10 нмга кенгдир. 1350 ... 1450 нм тўлқин узунликга эга бўлган бешинчи шавффофлик дарчасини кашф этилиб очилиши ҳисобига AllWave туридаги оптик тола 120 та ва ундан ортиқ бўлган тўлқин каналларини ҳалқаро ёки худудий тармоқларда жуда ҳам катта интенсив юкламаларга эга бўлган алоқа линияларида қўллаш имконини беради.

Оптик толаларнинг умумий тафсилотларига асосан синдириш кўрсаткич профиллари бўйича оптик толаларни қуйидаги турларга бўлиш мумкин бўлади:

- тўғри бурчакли поғонасимон профилли тола;

- махсус турдаги, мисол учун уч тишли кўринишида, учбурчак кўринишида, W –кўринишидаги профилига эга бўлган толалар ва бошқалар.

Баъзи бир пайтларда синдириш кўрсаткич профилларини бошқача турларга ҳам бўлиш мумкин:

- дисперсияси силжитилмайдиган профилли оптик тола;
- дисперсияси силжитилган профилли оптик тола;
- дисперсияси текисланувчи профилли оптик тола.

Дисперсия бўйича бир модали оптик толалар қуйидагиларга бўлинади:

- стандарт бир модали оптик тола (SF — Standard Fiber) ёки дисперсияси силжитилмаган бир модали оптик тола (SSMF — Standard Single Mode Fiber);
- дисперсияси силжитилиб ноль бўлган бир модали оптик тола (DSF — Dispersion Shifted Fiber);
- дисперсияси силжитилиб ноль бўлмаган бир модали оптик тола (NZDSF — Non Zero Dispersion Shifted Fiber).

Охириги пайтларда оптик кучайтиргичларни ва WDM асосидаги тизимларини тезда ривожланиб бориши хисобига махсус турдаги кварц оптик толалар пайдо бўлди:

- дисперсияни компенсацияловчи оптик толалар (DCF — Dispersion Compensating Fiber) махсус модулларда қўлланувчи, мисол учун, DCM — Dispersion Compensating Module — дисперсияни компенсацияловчи модуллар — ДКМ);
- эрбий билан легирлаштирилган оптик толалар (EDF — Erbium Doped Fiber) асосан EDFA — Erbium Doped Fiber Amplifier туридаги оптик кучайтиргичларда қўлланмоқда;
- неодим билан легирлаштирилган (NDF — Neodim Dopped Fiber) асосан NDFA — Erbium Dopped Fiber Amplifie туридаги оптик кучайтиргичларда қўлланмоқда;
- кутбланиш ҳолатини сақлаб турувчи (PMF — Po-larization Maintaining Fiber) туридаги оптик толалар асосан оптик толали датчикларда кутбланиш ҳолатини сақлаб туриш учун қўлланмоқда;
- ультра бинафша ҳудуд спектри учун қўлланувчи оптик толалар, мисол учун, 190 ... 250 нм тўлқин узунлик диапозонида ишлайдиган ва турли махсус қўлланувлар учун қўлланувчи оптик толалар;
- катта кўндаланг юзага эга бўлган оптик тола, мисол учун, 300 ... 800 мкм юзага эга бўлган толалар жуда ҳам катта ёруғлик ва қувватга эга бўлган ёруғлик оқимларини яратиш учун ҳамда ўлчовлар ва махсус қўлланувлар учун қўлланувчи оптик толалар

Жуда ҳам каттадан-катта бўлган сув ости тизимлари бўйлаб каттадан-катта маълумотлар хажмини узатиш учун катта кўндаланг юзага эга бўлган ўзакли -  $A_{\text{эффект}}$  ҳамда дисперсияси силжитилган оптик толаларга талаб ошиб бомоқда.

Бир модали оптик толаларнинг қўлланиш жойлари ҳақидаги маълумотлар 3.3 - жадвалда келтирилган. Агар келтирилган жадвалга назар соладиган бўлсак, жадвалнинг бош томонида стандарт бир модали оптик толалар кўриб чиқилган, юқорида қабйд этиб ўтилганидек бугунги кунда Республикамиз телекоммуникация тармоқларида асосан бир модали стандарт толалар қўлланмоқда.

Бир модали оптик толаларнинг қўлланилиш жойлари 3.3-жадвал

Оптик тола тури ва тола ишлаб чиқарувчи компания	Қўлланилиш жойлари
Стандарт бир модали оптик тола (SF)	
SMF-28, Duraclad SMF-28(Corning), VAD-MC (Lucent) ва (Sumitomo, Hitachi, Fujikura, Furikawa, Pirelli, Alcatel) нинг SM-1 туридаги толалари	Магистрал, худудий, маҳаллий ва абонент тармоқлари, кабелли телевидениеда
Сув аралашмаларидан (OH) тозаланган SM туридаги тола: AllWave (Lucent), SMF-28e (Corning), SMR (Pirelli)	Магистрал, худудий, маҳаллий валокал тармоқлари, кабелли телевидениеда
Дисперсияси силжитилиб ноль бўлмаган ( мусбат қийматли дисперсия) оптик тола (+DNZDSF)	
<p>Модалар майдони катталаштирилган +DNZDSF туридаги тола: LEAF(Corning), FreeLight (Pirelli), TeraLight(Alcatel);</p> <p>Дисперсия коэффициенти кичик эгилишга эга бўлган +D NZDSF туридаги тола: TrueWaveRS (Lucent), TeraLight (Alcatel)</p>	Каттадан-катта ўтказиш қобилиятига эга бўлган юқори тезликдаги ер усти узатиш тизимларида
Дисперсияси силжитилиб ноль бўлмаган ( манфий қийматли дисперсия) оптик тола (-D NZDSF)	
<p>Учинчи шавффофлик дарчасида(C) дисперсияси оптималлаштирилган -D NZDSF туридаги тола: TrueWaveXL(Lucent), ва SMF-LS(Corning)</p> <p>Тўғри модуляцияланган DFB лазер қўлланганда оптимал дисперсияга эга бўлган D NZDSF туридаги тола: MetroCore (Corning),</p>	Катта ўтказиш хусусиятига эга бўлган ўртача узунликдаги унчалик қиммат бўлмаган тармоқларда

WideLight(Pirelli)	
Дисперсияни компенсациялаш учун қўлланувчи (DC)тола	
DCM (Corning), DK (Lucent), P-DCFM (Sumitomo), 15DC 15DSC (Fujikura) туридаги модулла	Юқори тезликдаги ер усти алоқа тизимларида

Бугунги кунда Республикаимизнинг ҳамма телекоммуникация тармоқларида стандарт бир модалли - SM туридаги оптик толалар хорижий Corning ва Lucent (OFS) (АҚШ), Sumitomo, Hitachi, Fujikura ва Furukawa (Япония), Pirelli (Италия), Alcatel (Франция) ва бошқа етук компаниялари томонидан ишлаб чиқарилган оптик толалар асосидаги оптик толали алоқа кабелларидан фойдаланмоқдалар. Бундан ташқари жаҳон телекоммуникация бозорида стандарт бир модалли толаларнинг турли хил намлик ва сув аралашмаларидан (ОН) жуда ҳам яхши ҳолда тозаланган толалар пайдо бўлмоқда, бундай оптик толалар бешинчи шавффофлик дарчасида (S) ишлайдиган DWDM тизимлари учун оптимал дисперсияга эгадир.

Агар 3.3-жадвалга назар соладиган бўлсак, NZDS туридаги оптик тола учинчи шавффофлик дарчасида (C) ишлайдиган DWDM тизимлари учун ҳам оптимизациялаштирилган. Каттадан - катта узунликда ишлайдиган узатув линияларида мусбат қийматга эга бўлган дисперсияли(+D NZDS) туридаги оптик тола ишлатилса анча мақсадга мувофиқ бўлар эди, чунки бундай турдаги оптик толада тўлқинларни нозикли эффектларни бўлмаслиги хисобига манфий дисперсияга эга бўлган оптик толага қараганда импульсларни камроқ ҳолда кенгайишига олиб келади.

Хозирги замон талабига жавоб берувчи NZDS туридаги тола стандарт бир модалли толага қараганда кичик модал майдонида эга ва дисперсия коэффициенти нисбатан катта эгилишга эга. Кичик эгилишга эга бўлган дисперсияни таъминлашдан асосий мақсад фақатгина учинчи шавффофлик дарчасида (C) эмас балки қўшни бўлган тўртинчи(L) ва бешинчи шавффофлик дарчасида(S) ҳам  $-4$  пс/(нм х км) бўлган оптимал қийматга эга бўлган дисперсия коэффициенти таъминлаб бериши керак.

Ҳар қандай тармоқ учун қўлланувчи оптик толани танлаш кўплаб омилларга боғлиқдир ва ҳар бир тола ишлаб чиқарувчи компания ўзининг шахсий критерийларини қўллайди. Alcatel компанияси асосан оптик технологияга асосланган ҳолда кўплаб тавсиялар ишлаб чиқарди ва бу

Стандарт бир модалли оптик толалар (SMF ёки E-SMF) дисперсия бўйича тўлиқ равишда компенсациялаш учун линияга 2.8- жадвалда кўрсатиб ўтилган масофалардан ортиқ бўлганда қўллаш мумкин бўлади, аммо бу ҳолатларда умумий ушланиб қолишлар суммаси ошиб кетади ва у ўз навбатида тармоқ мураккаблашиб қолади.

ХЭАИ-Т нинг G.652 тавсиясига жавоб берувчи стандарт бир модалли оптик тола иккинчи шавффофлик дарчасида (O-диапазон) ишлаш учун

махсус ҳолда ишлаб чиқарилган, шунингдек ушбу диапазонда ишлаш учун TeraLight™ Metro туридаги тола ҳам тўғри келади.

Сув чўққилари худудида (Water Peak Area) E-SMF туридаги оптик тола алоқа ташкил этиш масофаси 70 кмдан кичик бўлган ҳамма шавффофлик дарчаларида (шу жумладан E диапазонида ҳам) ишчи параметрларни оптимал ҳолда ишлашини таъминлаб беради.

50/125 ва 62,5/125 мкм ўлчамларга эга бўлган кўп модали оптик толалар асосан локал тармоқларда ишлаш учун мўлжалланган. Glight™ савдо белгисига эга бўлган кўп модали оптик тола 300 метргача бўлган масофада 10 Гбит/с маълумотлар узатувини таъминлаб беради.

SMF, E-SMF ва TeraLight™ туридаги оптик толалар шавффофлик дарчасининг C, L ва S диапазонларида ишчи параметрларини оптимал ҳолда ишлашини таъминлаб беради, аммо SMF ва E-SMF туридаги оптик толаларни 70 километрдан ортиқ бўлган катта участкаларда қўллаш тавсия этилмайди.

TeraLight™ Ultra туридаги оптик тола каттадан-катта ва ўта узун алоқа магистралларида 300 километргача масофада 10,2 Тбит/с бўлган ўтказиш қобилятини таъминлаб беради.

### **3.5. Бир модали оптик толалар**

Бизга маълумки бир модали оптик толалар асосан бир дона модани узатиш учун қўлланади, кутбланиш ҳолатини сақламайдиган бир модали тола нурланган сигнални узатиш учун унчалик катта бўлмаган 10 мкмга қадар бўлган диаметрдаги оптик тола ўзаги ва жуда ҳам қалин бўлган тола қобиғига эгадир. Оптик тола бўйлаб узатилган ва тола бўйлаб ҳаракатланувчи сигнал дисперсиясига бўладиган сабаблар асосан, мода гуруҳ тезлигини частотага боғлиқлиги (тўлқин ўтказгичли дисперсия), материалнинг синдириш кўрсаткичини ўзгариши частота ўзгаришига боғлиқ (материал дисперсия) ва учинчи сабаб, кўп модали ишлаш режимида маълум бир модаларнинг гуруҳ тезликларини сочилиб кетиши (модалараро дисперсия).

Оптик толанинг тўлқин ўтказгичли дисперсияси толанинг синдириш кўрсаткичига боғлиқ бўлиб, бир модали худуднинг мусбат томонга ўзгариши  $V$  оптик толанинг тавсилот параметри ва нормаллашган частота каби параметрларни ўзгаришига боғлиқдир. Агар  $V = 2,9$  бўлган ҳолда бир модали худуд чегарасидан ташқарисида бўлганда тўлқин ўтказгич дисперсия ноль орқали ўтиб боради ва манфий қийматга эга бўлиб қолади ва у 4,57 бўлган қийматда минимумга эришади.

Жуда ҳам яхши хусусиятга эга бўлган материал дисперсия одатда узун тўлқинли худудда мусбат қийматга эга бўлади ва у эритилган кварц учун  $\lambda = 1280$  нм тўлқин узунликда ноль орқали ўтади.

Нормал шароитларда материалнинг дисперсияси тўлқин ўтказгичли дисперсиядан устун туради. Бундан ташқари иккала ташкил этувчи компонентлар мусбат белгига эга бўлиши мумкин ва улар тўлқин узунликга боғлиқ ҳолда фарқланиши мумкин бу эса ўз навбатида толанинг умумий

дисперсиясини ўзгариб кетишига сабаб бўлади. Тўлқин узунлик ошиб борган сари тўлқин ўтказгичли дисперсияни унчалик ошиб боришлиги кичик синдириш кўрсаткичига эга бўлган оптик толанинг легирлаштирилган атрофида жойлашган тола қобиғи бўйлаб харакатланувчи кувват заррачаларини ошиб бориши ҳисобига бўлиб ўтади.

Қутбланишни сақламайдиган бир модали оптик тола бўйлаб нурланиш битта камчиликга эга бўлиб, унда кичик дисперсияли дарча кенглиги бир мунча чегараланган бўлса ҳам кичик йўқотувчанликга эга бўлган дарча билан келишмайди. Эритилган кварц учун( кварц шиша) минимал йўқотувчанлик қиймати 1550 нм тўлқин узунликга тўғри келади

### **ЭНГ КЎП ТАРҚАЛГАН ОПТИК ТОЛА!!!**

Поғонасимон синдириш кўрсаткичига ва оптик тола қобиғи билан конструктив тузилишга эга бўлган оптик тола оддий ва конструктив тузилиши бўйича кенг равишда тарқалган ҳисобланади

Энг оддий ва конструктив тузилиши бўйича кенг равишда тарқалган тола поғонасимон синдириш кўрсаткичига ва оптик тола қобиғи билан конструктив тузилишга эга бўлган оптик тола ҳисобланади. Ҳозирги пайтда бундай оптик толанинг конструктив тузилиши қайтадан модификацияланган. Бир модали оптик толанинг модификацияланиши учта йўналишда олиб борилиб, унинг ёрдамида модификацияланмаган, дисперсияси силжитилган ва дисперсияси текисланган каби бир модали оптик толалар яратилган. Оптик толанинг энг кичик бўлган йўқотувчанлигини дисперсия тўлқин узунлиги билан келиши мақсадида дисперсияси силжитилган бир модали оптик толалар қўлланади. Дисперсияси силжитилган бир модали оптик толалар 1550 нм тўлқин узунлигида жуда ҳам кичик йўқотувчанликга эга.

### **3.6. Кўп модали оптик толалар**

Кўп модали оптик толалар иккита гуруҳга бўлинади:

1. поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган;
2. градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган(3.4-жадвал).

Кўп модали оптик толаларнинг туркумлари

3.4-жадвал

Тоифа	Материал	Тури	Диапазон
A1	Шиша ўзак, шиша қобик	Градиент синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$1 \leq q < 3$
A2.1	Шиша ўзак, шиша қобик	Квази поғона синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$3 \leq q < 10$

A2.2	Шиша ўзак, шиша қобик	Поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$10 \leq q < \infty$
A3	Шиша ўзак, шиша қобик	Поғонасимон синдириш кўрсаткичига эга бўлган тола	$1 \leq q < \infty$
A4	Полимерли тола	C	-

3.4-жадвалда кўп модали оптик толаларни туркумлари кўрсатиб ўтилган бўлиб, унда асосан тола ўзаги кварц шиша ва тола қобиғи кварц шиша, тола ўзаги кварц шиша ва тола қобиғи полимерли, оптик тола ўзаги ва оптик тола қобиғи кўп компонентли шиша, тола ўзаги ва тола қобиғи полмер материалдан тайёрланган бўлишини кўришимиз мумкин.

Кўп модали оптик тола A туркумига мансуб бўлгани учун уларни турли гуруҳларга бўлиниши, асосан синдириш кўрсаткичи – q бўйича ва уни аниқловчи синдириш кўрсаткич профили ва унинг таркибига кирувчи ифода орқали аниқланади:

$$n(r) \begin{cases} n_1 \sqrt{1-2\Delta (r/a)^q}, & 0 < r < a \\ n_2, & r \geq a \end{cases}$$

бу ерда:  $n_1$  ва  $n_2$  – тола ўзак ва тола қобик ўқидаги синдириш кўрсаткичи;

r - жорий радиус;

a – тола ўзак радиуси.

Градиентли кўп модали оптик тола асосан синдириш кўрсаткич профили бўйича тавсифланиб, у ўзак чегараси ташқарисида радиус функциясини монотон равишда камайиб боришини кўрсатади. Оптик толанинг оптимал синдириш кўрсаткич профили параболик кўринишда бўлиб, унинг қиймати  $q = 2$  бўлади. Синдириш кўрсаткич қиймати ўзак чегарасида доимий бўладиган бўлса, у поғонасимон тола турига киради.

Кўп модали оптик толалар бир нечта модаларни ёки тўлқин турларини оптик нурланишини таъминлаб беради ва улар майдонни кўндаланг юза бўйича маълум бир тақсимланишини маълум бир фаза тезликларида тавсифлайди

### Пассив оптик қурилмаларнинг асосий параметрлари

ТОА тизимларини нормал ишлаши учун уларни таркибига, турли хил пассив оптик қурилмалар киритилади. Пассив оптик қурилмаларга қуйидагилар киради: оптик сигнални киритиш ва чиқариш қурилмалари, улагичлар, изоляторлар, тармоқлагичлар, фильтрлар, аттенюатор ва бошқалар. Бу қурилмалар учун қуйидаги параметрлар умумий ҳисобланади:

турғун тўлқин коэффициентини, киритилувчи шовқин, тўлқин узунлигини ишчи диапазоли, рухсат этиладиган қувват сатҳи.

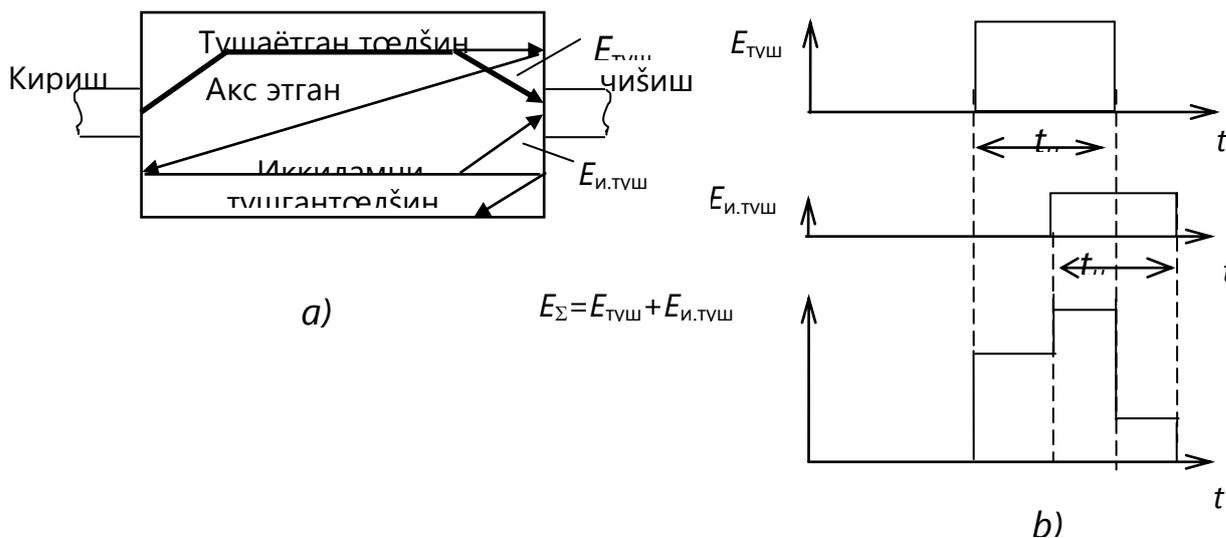
1. Турғун тўлқин коэффициентини  $k_{\text{ТТ}}$  ва югурувчи  $k_{\text{ЮТ}}$  тўлқин коэффициентлари қурилмани оптик тракт билан мослашиш даражасини аниқлайди, Улар акс этиш коэффициентини  $\rho$  билан боғлиқ:

$$k_{\text{ТТ}} = 1 / k_{\text{ЮТ}} = (1 + \rho) / (1 - \rho), \quad (3.1)$$

бу ерда  $\rho = \sqrt{P_{\text{акс.э}} / P_{\text{туш}}}$ ;

$P_{\text{акс.э}}$  ва  $P_{\text{туш}}$  – мос равишда акс этган ва тушаётган тўлқин қувватлари. Идеал мослашишда акс этган тўлқинлар мавжуд бўлмайди, яъни  $P_{\text{акс.э}} = 0$ ,  $\rho = 0$  ва  $k_{\text{ТТ}} = k_{\text{ЮТ}} = 1$

Мослашмаганлик узатилган сигнални бузилишига ва қўшимча йўқотишларга олиб келади. Импульсларни такрорий акс этиш туфайли бузилиши 3.11-расмда кўрсатилган.



3.11-расм. Такрорий акс этиш натижасида импульсларнинг бузилиши **a)** мослашмаган оптик қурилма тўлқинлари; **b)** вақт диаграммалари.

Оптик қурилма чиқишида, тўғри тўрт бурчак кўринишида кўрсатилган, такрорий акс этиш натижасида  $E$  йиғинди сигнал бошланғич тўғри бурчакли сигнални такрорламайди. 3.11–расмдан кўришиб турибдики, ушбу ҳолда импульс кенгайди.

2. Киритилувчи сўниш (йўқотиш)лар  $a$ , дБ қиймати, оптик қурилманинг кириш  $P_{\text{кир}}$  ва чиқиш  $P_{\text{чик}}$  қувватлари нисбатини логарифми орқали аниқланади:

$$a = 10 \lg(P_{\text{кир}} / P_{\text{чик}}). \quad (3.2)$$

Киритилувчи сўниш оптик тўлқинларни ёки ёруғликни ютилиши, сочилиши ва акс этиши билан шартланади.

3. Қурилманинг асосий параметларини берилган техник нормалар доирасидан чиқмайдиган тўлқин узунлиги диапазони  $\lambda_{\min} \dots \lambda_{\max}$  ёки частота диапазони  $f_{\min} \dots f_{\max}$  ишчи дейилади.

4. Асосий параметрлари берилган техник нормалар доирасидан чиқмайдиган қувват сатҳи рухсат этиладиган ҳисобланади. Рухсат этилган сатҳдан юқори қуввати сигнал ўтганда, қурилмани куйиши истисно этилмайди. Бошқа параметрлар муайян қурилмаларни бажарадиган вазиадан келиб чиққан ҳолда аниқланади.

### Нурланишни киритиш ва чиқариш қурилмалари

Нурланишни киритиш ва чиқариш қурилмалари максимал мумкин бўлган қувватни мос равишда манбадан толага ва толадан фотоқабулқилгичга узатишни таъминлаши керак. Бу қурилмани тузилиши, нурланиш манбалари, фотоқабулқилгичлар ва оптик тола характеристикалари билан аниқланади.

Ёруғлик диодлари кам ёрқинли ва катта нурланиш майдонли (тўғри келадиган қийматлар  $S=0,2 \dots 5,6 \text{ мм}^2$ ) ва тескари, юқори ёрқинли ва кичик нурлантирувчи юзали бўлиши мумкин. Охиргиларни (шунингдек, инъекцион лазерларни) бевосита туташадиган жойида оптик толага улаш мумкин.

Кўп модалли толада нурланишни киритишдаги йўқотишлар:

$$a_{\text{нк}} \approx \eta + A_{\text{акс.э}} + A_{\text{нур}}, \quad (15.3)$$

бу ерда  $\eta = 10 \lg(P_{\text{н.м}}/P_{\text{от}})$  - киритиш самарадорлиги, дБк;

$P_{\text{н.м}}$  - нурланиш манбаини қуввати, Вт;

$P_{\text{от}}$  - оптик толага киритилган қувват, Вт;

$A_{\text{акс.э}}$  - акс этиш ҳисобига йўқотишлар, дБк;

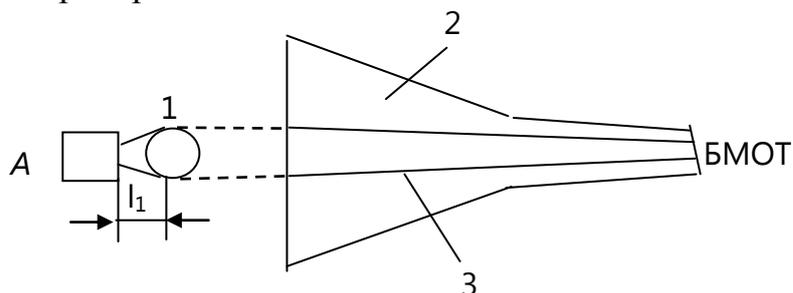
$A_{\text{нур}}$  - модаларни стационар ҳолати ўрнатиладиган тўлқинда нурланиш йўқотишлари, дБк.

Нурланиш манбаини кўп модалли тола билан энг яхши ва барқарор мослашуви, нурланиш манбаи юзасини тўрт тўлқинли қатлам  $n_{\text{т}} = \sqrt{n_{\text{н.м}} \cdot n_{\text{от}}}$  билан қоплаш ва тирқишни  $n_{\text{от}}$  ли иммерсион суюқлик билан тўлдириш ҳисобига эришилади. Бунда акс этиш йўқотишлари кам.

Нурланишни бир модалли толага киритишдаги муаммолардан бири лазер нурлантирган тўлқин ва ёруғлик диодини асосий модалари  $HE_{11}$  майдонларини тақсимланишини мос келмаслиги ҳисобланади. Бу мос тушмаслик, оптик сигналларни киритиш қурилмаларни жуда катта аниқликда тайёрланишини талаб этади.

Оптик сигналларни киритиш қурилмаларидан бири конус шаклидаги қурилма (3.12-расм) ҳисобланади. Конус кўндаланг юзасини катта

диаметрларида (1...2 мм) юқори тартибли модалар ҳосил бўлиши мумкин. Буни бартараф этиш мақсадида конусни кўндаланг ёни ва лазер ўртасига фаза коррекцияловчи элемент-сферик линза киритилади. Бундай қурилма 1,6...2,2 дБ самарадорликка эга



3.12-расм. Нурланишни киритиш қурилмаси:

А - нурланиш манбаи; БМОТ - бир модали оптик тола; 1- сферик линза; 2 - бир модали оптик конус; 3 - ў зақ.

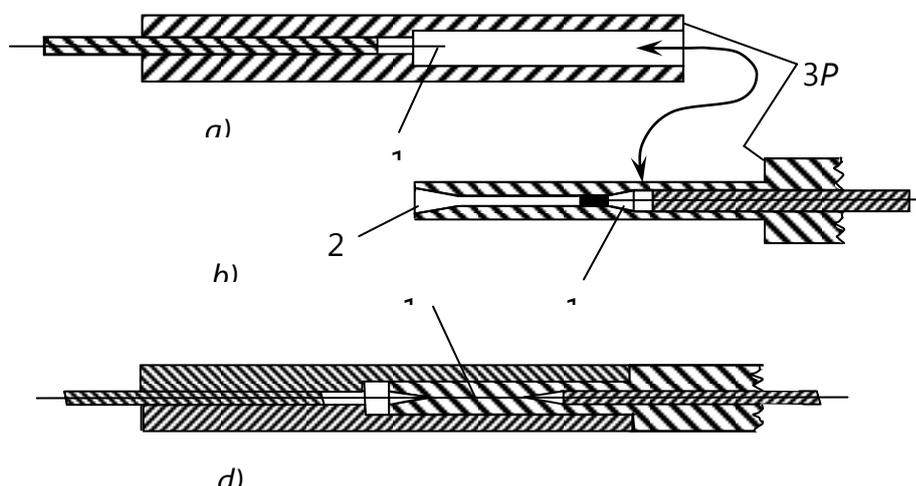
### Ажраладиган ва ажралмайдиган оптик улагичлар

ТОВА линиялари бўйлаб ахборотни узатишни энг муҳим масалаларидан бири оптик толаларни ишончли уланишини таъминлаш ҳисобланади. Оптик улагич – бу нурланишни киритиш ва чиқариш жойида, толали оптик алоқа линия трактининг турли компонентларини улаш учун мўлжалланган қурилма. Улагичлар оптоэлектрон модулларни (қабул қилгич ва ўтказгичларни) кабел толалари билан улайди, кабелнинг қурилиш узунликларини

бир-бири ёки бошқа компонентлар билан улайди. Улагичлар ажраладиган ва ажралмайдиганга бўлинади. Ажралмайдиган улагичлар кабел тизимларини доимий монтаж жойларида қўлланилади. Ажралмайдиган уланишни таъминловчи, асосий монтаж усули пайвандлаш ҳисобланади. Ажраладиган улагичлар (коннектор, connectors термини кенг қўлланилади) кўп марталаб улаш/ ажратиш имконини беради. Амалиётда ажраладиган оптик улагичлар кабелни иккала охирида ва ажралмайдиган оптик улагичлар оралик секцияларни улашда қўлланилади. Бунга қуйидагилар сабабдир: ажралмайдиган улагичлар киритувчи йўқотишлар сатҳи минимал бўлиб, 1 та улагичда 0,04 дБни ташкил этади. Ажраладиган оптик улагичлар киритувчи йўқотишлар эса катта. Бундан ташқари ажралмайдиган улагичлар аниқ доимийликни таъминлайди, бу ажраладиган оптик улагичларни юқорида айтиб ўтилгандек бир неча ва кўплаб улаш ажратиш қутиладиган жойларда, масалан, коммутацион панелларда ёки уланишли кроссларда ишлатишни талаб этади. Агар биз қурилмани алмаштиришни истасак, унда буни ажралмайдиган оптик улагичларга қараганда ажраладиган оптик улагичлар орқали амалга ошириш қулай .

### Ажраладиган оптик улагичларнинг тузилиши

3.13-расмда штекерли ажраладиган оптик улагич кўрсатилган. Бу улагичда уя ва штир қисмлари уланади. Уланишдан сўнг гайка билан мустаҳкамланади. 3.3-расмда улагични уяли қисмини юзасида резба ва гайка кўрсатилмаган.



3.13-расм. Штекерли улаш:

*a* - уя; *b*-штир; *d*-ажраладиган улагич; 1 – тола; 2 - канал; 3 - бирлашувчи юзалар.

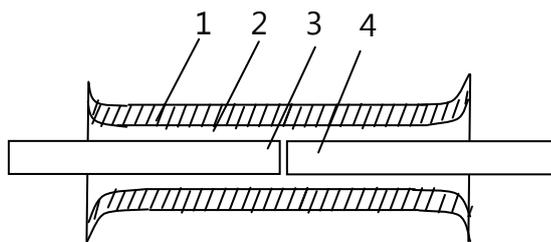
Улагичларга қуйидаги талаблар қўйилади: киритувчи йўқотишлари тескари ва тескари акс этишлари кам, ташқи механик, климатик ва бошқа таъсирларга бардошли, юқори ишончли тузилиши содда ва кўп марталаб такрорий уланишлардан сўнг характеристикалари бир озгина ёмонлашиши керак.

### 3.7. Оптик толаларни ажралмайдиган улашлар

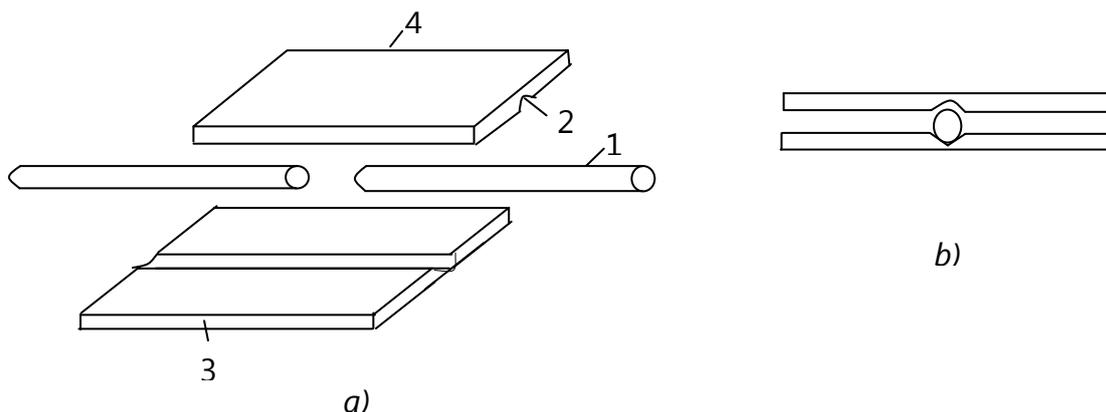
Ажралмайдиган оптик улашни кенг тарқалган усулларида бири шишадан тайёрланган **трубка** ёрдамида улаш ҳисобланади (3.14-расм). Бундай улашда киритилувчи сўниш қиймати 0,29 дБни ташкил этади.

**Думалоқ ариқчали**–пластина ёрдамида толаларни улаш (3.14-расм) усулида киритиладиган сўниш сатҳи 0,5 дБ ни ташкил этади . Тола охирлари аниқ марказлаштирилиб, сўнг ёпиштирилади ёки пайвандланади.

Оптик толаларни доимий улаш учун пайвандлашдан кенг фойдаланилади. ҳозирда пайвандлаш қурилмалари, амалиёти такомиллашиб бормоқда. Натижада пайвандлашли улаш усули қўлланилганда киритилувчи сўниш қийматлари бир модали ва кўп модали толалар учун 0,04-0,1 дБ ни ташкил этади.



3.14-расм. Трубка ёрдамида толани улаш: 1-втулка; 2-ёпиштирувчи компаундни қуйиш учун тешик; 3, 4-тола.



3.15-расм. Думалок ариқчали пластина ва V-турдаги форма ёрдамида толани улаш: 1-тола; 2-ариқчалар; 3-пластина; 4-қопқоқ

Кўп модали толаларда пайвандлашли улаш сифатига таъсир қилувчи, толани ўзига боғлиқ бўлган омиллар мавжуд. Бу омилларга тола диаметрларини, сонли апертураларини ва синдириш кўрсаткичларини мос келмаслиги, ўзакни қобиқ марказида жойлашмаслиги киради.

Бир модали толаларда (дисперсияси силжимаган ҳолда) пайвандлаш сифатига таъсир қилувчи асосий омил бу толаларни мода майдони диаметрларини мос келмаслиги ҳисобланади.

Шунингдек, бўйлама ва бурчакли силжишлар, ўзакни ифлосланиши ва деформацияси ҳам пайвандлаш сифатига таъсир қилувчи омиллардир. Бу омилларни таъсири малакали техниклар, толани автоматик тенглаштирувчи қурилмаларни ва замонавий пайвандлаш қурилмаларни ишлатиш ҳисобига минимумга етказилиши мумкин.

### 3.8.Оптик тармоқлагичлар: дарахтсимон ва юлдузсимон тармоқлагичлар,атеннюаторлар,изоляторлвр,шахоблантир гичлар

ТОА тизимларини энг муҳим пассив элементларидан бири оптик тармоқлагич (coupler) ҳисобланади. Тармоқлагичлар кабелли телевидениенинг тақсимланган толали-коаксиал тармоқларини қуришда,

шунингдек давлатлараро тўлиқ оптик тармоқларни лойihalаштиришда кенг қўлланилади. Иккала ҳолда ҳам тармоқлагичлар қўлланилмаганда, тармоқ жуда қимматга тушарди. Тармоқлагичлар ёруғлик оқимларни бир неча йўналишларга ажратади ёки бир неча оқимларни битта йўналишга бирлаштиради.

**Сплиттер (splitter)**-одатда бир кириш ва бир неча чиқишдан иборат қурилма. У сигналларни икки йўналишда узатиш учун ёки оқимни икки ёки ундан ортиқ қурилмаларга ва фойдаланувчиларга тақсимлаш учун ишлатилиниши мумкин.

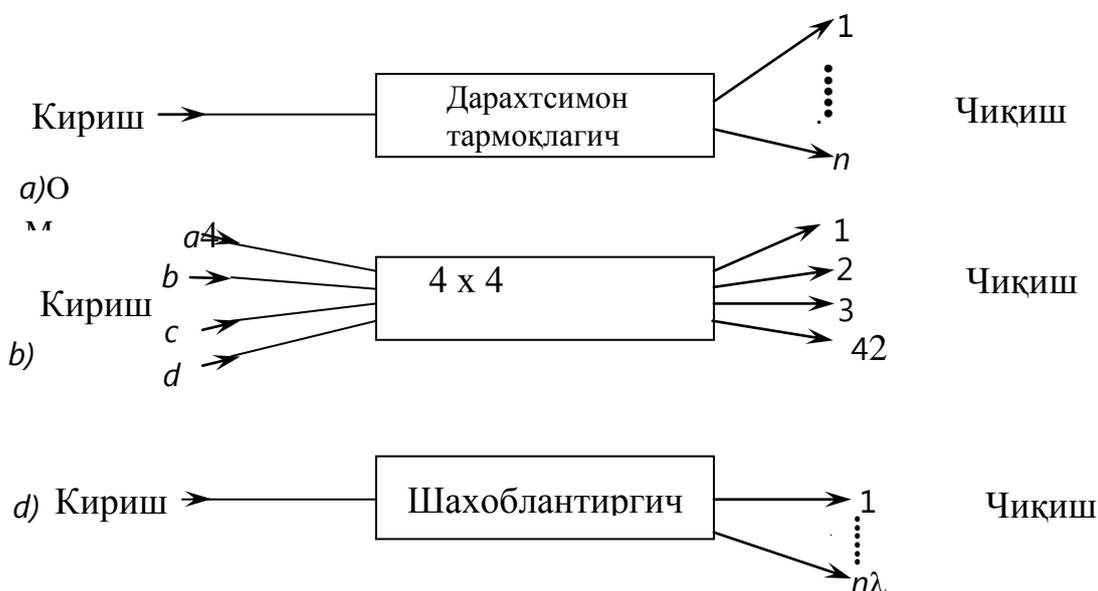
**Комбайнер (combiner)**-одатда битта чиқиш ва икки ёки ундан ортиқ киришига эга қурилма. У бир йўналишли ёки икки йўналишли операцияларни бажариш учун қўлланилиши мумкин.

Тармоқлагични-асосий турлари қуйидагилардир: дарахтсимон тармоқлагич; юлдузсимон тармоқлагич; шахоблантиргич.

**Дарахтсимон тармоқлагич (tree coupler)** сигнал оқимини битта киришга қабул қилиб, уни бир неча чиқишларга тақсимловчи ва бунга тескари вазифани бажарувчи қурилма. У сигнални манбадан бир неча фойдаланувчиларга тақсимлаш учун қўлланилади (16.1,а-расм). Одатда дарахтсимон тармоқлагичларда қувват ҳамма чиқишларга тенг тақсимланади. Дарахтсимон тармоқлагични ҳозирги моделида чиқишлар сони 2 дан 32 гача бўлиши мумкин. Кўпгина дарахтсимон тармоқлагичлар сигналларни бирлаштириш вазифасини ҳам бажариши мумкин.

**Юлдузсимон тармоқлагичда (star coupler)** кириш ва чиқишлар сони бир хил. Оптик сигнал  $n$  киришлардан бирига тушади ва  $n$  чиқишлар ўртасида тенг тақсимланади. 2x2 ва 4x4 юлдузсимон тармоқлагичлар кенг тарқалган. Аралаштириб юбормаслик учун киришлар лотин харфлари ва чиқишлар сон билан белгиланган (16.1,б-расм). Юлдузсимон тармоқлагичлар барча чиқишлар ўртасида қувватни тенг даражада тақсимлайди.

**Шахоблантиргич (ответвитель) (tap)** -бу чиқишларига қувват тенг тақсимланмайдиган, дарахтсимон тармоқлагични умумлашганидир



3.16-расм. Тармоқлагич турлари: а) дарахтсимон тармоқлагич; б) юлдузсимон тармоқлагич; в) шахоблантиргич.

Улар 1x2, 1x3, 1x4, 1x5, 1x6, 1x8, 1x16, 1x32 тузилишли бўлиши мумкин. Чиқиш қувватини маълум бир қисми (50% дан кам) шахоблантиргич каналига (каналларига) боради, катта қисми эса магистрал каналда қолади. Чиқишлари қувватни камайиши тартибида рақамланади. Оптик тармоқлагичлар селектив (тўлқин узунлигига сезгир) ва носелектив (тўлқин узунлигига сезгир бўлмаган)га бўлинади. Юқорида кўриб чиқилган оптик тармоқлагичлар носелектив элементларга киради.

### **Оптик аттенюаторлар**

Оптик аттенюаторлар кириш оптик сигналларни қувватини камайтириш мақсадида ишлатилинади. Рақамли сигналларни узатишда ҳам, аналог сигналларни узатишда ҳам бунга зарурият вужудга келиши мумкин. Катта сатҳли рақамли сигналларни узатишда қабул қилувчи оптоэлектрон модулни тўйинишига олиб келиши мумкин. Аналог сигналларни узатганда хаддан ташқари катта сатҳ ночизиқли бузилишларга ва тасвирни ёмонлашишига олиб келади. Аттенюаторлар кўпинча лазер узатгичдан кейин жойлаштирилади. Аттенюаторлар лазерни чиқиш қувватини, ундан кейинги EDFA кучайтиргичлари каби қурилмалар талаб этадиган сатҳ билан мослаштиради. Ёруғлик жадаллиги фотодиодни динамик диапазони доирасидан чиқадиган даражада катта бўлган, қисқа оптик толали секцияларда аттенюатор ўрнатиш мумкин. Улар интенсивликни қабул қилгичнинг динамик диапазониغا мос келадиган сатҳгача камайтиради. Ишлаш принципи бўйича аттенюаторлар сўниш қиймати бўйича ўзгарувчан ва сўниш қиймати қайд этилган турларга бўлинади.

Ўзгарувчан аттенюаторлар сўниш қийматини 0-20 дБ ораликгача ўзгариш имконини беради. Қайд этилган аттенюаторларда сўниш қиймати ишлаб чиқарувчи томонидан ўрнатилган бўлади. Уларни қиймати 0, 5, 10, 15 ёки 20 дБни ташкил этиши мумкин. Аттенюаторлар томонидан киритиладиган сўниш  $\pm 15\%$  дан ошиқ бўлмаслиги керак. Оптик акс этиш қобилияти максимал-40 дБ сатҳда бўлиши керак. Аттенюаторларни ишчи тўлқин узунликлари диапазони максимал 1360 нм дан 1580 нм гачани, минимал 1200 нм дан 1480 нм гачани ташкил этиши керак. Типик ишчи тўлқин узунлиги кенглиги 1310-1580 нм. Аттенюаторларда ҚМДга боғлиқ бўлган йўқотишлар 0,3 дБ дан юқори бўлмаслиги керак.

### **Оптик изоляторлар, уларнинг тузилиши ва ишлаш принципи**

Оптик сигнал тола бўйлаб тарқалиб, турли бир турда эмасликлардан, айниқса оптик уланган жойлардан акс этади. Бундай акс этиш натижасида энергиянинг қандайдир бир қисми тескари томонга қайтади. Агар лазер нурланиш манбаларидан фойдаланилса, акс этган сигнал лазерни

резонаторига тушиб, мажбурий (индукцияланган) кучайиш қобилиятига эга бўлиб, паразит сигналларни ҳосил қилади. Айниқса, манба рақамли ва кенг полосали сигналларни нурлантирганда бундай акс этишлар камроқ бўлиши керак. Кўпроқ коннектор уланишларига ва бошқа оптик қурилмаларга (тармоқлагич, спектр бўйича зичлаштириш қурилмалари, оптик кучайтиргичлар) эга мураккаб кенг полосали тармоқларда бундай тескари алоқа кучаяди ва нурланиш манбаини шовқин сатҳини ошишига олиб келади. Тескари оқимларни бартараф этиш оптик изоляторларниқўллашга асосланган. Оптик изоляторлар деярли йўқотишларсиз ёруғликни бир йўналишда узатишни, бошқа (тескари) йўналишда эса катта сўниш билан узатишни таъминлайди. Хозирги кунда оптик изоляторлар кўпгина лазерли тизимлар ва оптик кучайтиргичларнинг асосий элементи ҳисобланади, шунингдек оптик алоқа линиясининг алоҳида элементи сифатида ҳам қўлланилади.

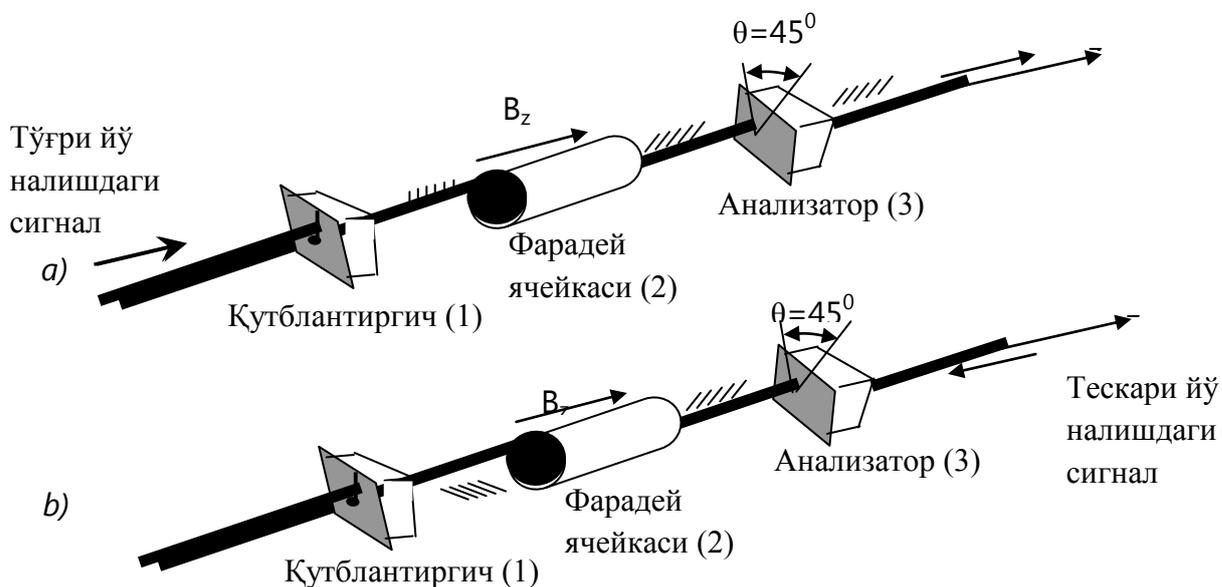
Оптик изоляторнинг иши Фарадей эффекти бўйлама магнит майдон таъсирида оптик ноактив мода билан ёруғлик қутбланиши текислигини бузилишига асосланган. Қутбланиш текислигининг бурилиш бурчаги  $\theta = VB_z d$  га тенг, бу ерда  $V$ -Верде доимийси (verdet)-модданинг табиати, ҳарорати ва ёруғликни тўлқин узунлигига боғлиқ бўлган, солиштирма магнит бурилиши;

$B_z$  - магнит майдон индукциясининг бўйлама ташкил этувчиси;

$d$  - моддада ёруғлик йўли узунлиги-Фарадей ячейкаси ўлчами.

Бурилиш йўналиши фақатгина мода табиати ва магнит майдон йўналишига боғлиқ. Қутбланиш текислигини магнит бурилиши, магнит майдон таъсирида модданинг оптик хусусиятларини асимметриясини юзага келиши билан шартланади. Қутбланиш текислиги бурилишини тўлқин узунлигига боғлиқлиги айланма дисперсия дейилади.

**Оптик изоляторнинг ишлаш принципи.** Оптик изолятор уч элементдан ташкил топган: қутблантиргич (1), Фарадей ячейкаси (2) ва анализатор (3) чиқиш қутблантиргичи (3.17-расм).



### 3.17-расм. Оптик изолятор схемаси:

а) - тўғри йўналишдаги фойдали сигнал эркин ўтади; б) - тескари йўналишдаги сигнал қутблантиргичда ютилади.

Фарадей ячейкасининг параметрлари шундай танланадики, ундан ўтадиган ёруғликнинг қутбланиш ўқи  $45^{\circ}$  га буриладиган бўлиши керак. Қутблантиргич ўқи ҳам шундай бурчак остида ўрнатилади. Фойдали кириш сигнали қутблантиргич (1) орқали ўтиб, горизонтал ташкил этувчисини бартараф этиб, ўзини вертикал ташкил этувчисини ўзгартириши мумкин.

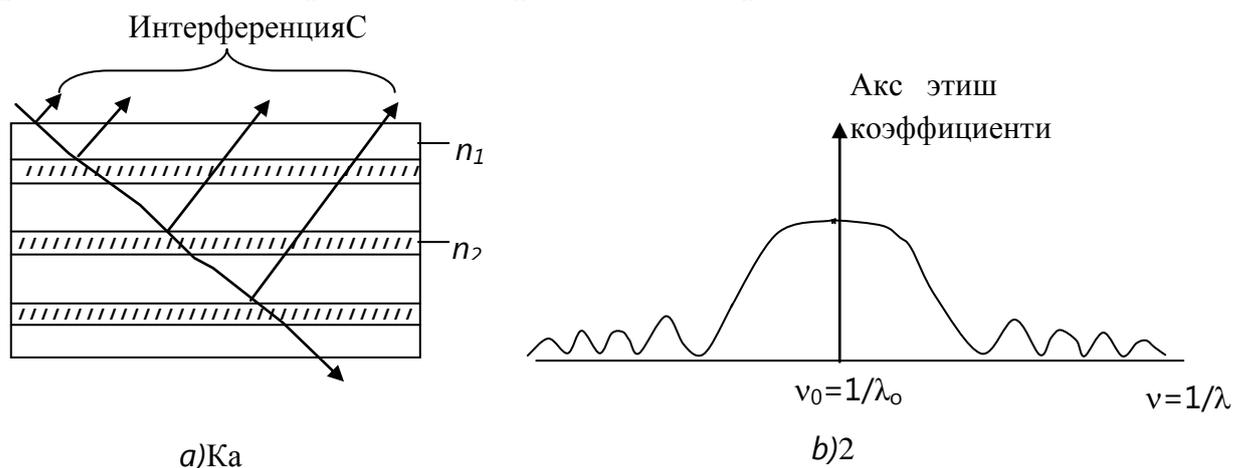
Сўнг вертикал қутбланган ёруғлик Фарадей ячейкаси (2) орқали ўтади, қутбланиш текислигини  $45^{\circ}$  га буради ва анализатор (3) орқали қаршиликсиз ўтади. Ёруғликнинг тескари йўналишда тарқалишида (3.9-расм) у яна анализатор (3) текислигида қутбланади, сўнг Фарадей ячейкаси (2) орқали ўтиб, горизонтал қутбланган холга келади. Шу тариқа, ёруғликни қутбланиш ва қутблантиргич (1) ўқлари  $90^{\circ}$  бурчакни ташкил этади, шунинг учун қутблантиргич (1) тескари нурланишни ўтказмайди.

### Оптик филтрлар

Оптик филтрлар умумий узатилаётган оптик спектрдан оптик каналларни ажратиш учун қўлланилади. Филтрлар қўшни оптик каналларни бартараф этиш имкониятига эга, чунки фотоқабулқилгичлар спектрал танлашга эга эмас. Оптик филтрлар сифатида демультимплексорлар ҳам қўлланилиши мумкин.

Алоҳида оптик филтрлар кўп қатламли диэлектрик тузилиш ва дифракцион панжарадан иборат бўлади.

Кўп қатламли диэлектрик тузилишли оптик филтрларнинг ишлаш принципи қуйидаги расмда тасвирланган (3.18-расм).



3.18-расм. Кўп қатламли диэлектрик филтрнинг ишлаш принципи:

а) - кўп қатламли диэлектрик тузилиш; б) - акс этиш коэффициентининг спектрал боғлиқлиги.

Кўп қатламли тузилишда турли синдириш кўрсаткичли икки турдаги диэлектриклар ўзаро кетма-кетликка эга. Қатламнинг қалинлиги  $\alpha (1/4) \lambda$  да (танланган оптик каналнинг тўлқин узунлиги) тушиш бурчагини  $\alpha \{ (1/4) \lambda \cos \alpha \}$  тўғрилашни ҳисобга олсак, тушаётган нур кетма-кет қатламлар чегарасида қисман қайтади.  $\lambda$  тўлқин узунликли нурланиш синфаз қайтади ва йиғилади, қолган нурланиш кучсиз қайтади ва ютилади. Қатламларни қалинлигини ўзгартириб, филтрларнинг ўтказиш полосасини ўзгартириш мумкин.

Хозирги кунда қўшни оптик каналлар орасидаги масофа 100 ГГц ни ташкил этади ( $\Delta\lambda=0,8$  нм) ва 50 ГГц ( $\Delta\lambda=0,4$  нм) да қўшни каналлар орасидаги масофа ўтиш тахмин қилинади.

## Хулоса

Оптик кабелли алоқа линиялари

Оптик толали алоқа линиялари бўйлаб сигналларни узатиш Оптик алоқа кабелларининг туркумланиши Оптик кабелларга қўйиладиган техник талаблар.

### Назорат саволлари

1. Қандай тола поғонасимон ва қандай тола градиент нур ўтказувчи тола деб аталади?
2. Нур ўтказгич толанинг апертураси.
3. Нур ўтказгич толанинг тўлқин узунлиги ва критик частотаси. Нур ўтказувчи толаларнинг сўниши
4. Қандай тола поғонасимон ва қандай тола градиент нур ўтказувчи тола деб аталади?
5. Нур ўтказгичлар бўйлаб электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш жараёни.
6. Нур ўтказгичларнинг ўтказиш қобилияти дисперсияси.
7. Оптик аттенюаторлар қандай мақсадларда қўлланилади?
8. Оптик изоляторларнинг вазифаси ва уларнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
9. Оптик филтрларнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
10. Пассив оптик қурилмалар қандай параметрлар билан характерланади?
11. Қисмларга ажраладиган ва ажралмайдиган оптик улагичлар қачон қўлланилади?
12. Оптик толаларни ажралмайдиган улашнинг қандай усулларини биласиз?
13. Кабел йўқотишлари деганда нима тушунилади?
14. Қандай тола поғонасимон ва қандай тола градиент нур ўтказувчи тола деб аталади?

## 4.ТОАЛ ҚУРИЛИШИ

### 4.1. Тупроққа оптик кабелларни ётқизиш ва уларни ҳаво-устун таянчларга ўрнатиш(осиш).Оптик-толали алоқа линия қурилиши.

Оптик-толали алоқа линиянинг қурилиши бўйича бажариладиган ишларнинг технологияси ва уларнинг ташкилий ишлари электр алоқа кабелли линияларнинг қурилиш ишлари сингари бўлиб, аммо оптик-толали кабелларининг тафсилотлари ва параметрларини бир мунча фарқланишидан иборат. Унда асосан кабел ўзак элементлари ва муҳофазаловчи қопламлари бўлмиш изоляция қаршилиги ва электр мустаҳкамлиги, кабел қобиғининг герметиклиги каби кабел элементларининг ҳолатини тавсифловчи параметрларнинг бўлмаслиги бўлиб, бундан ташқари чўзилиш бўйича кучланганлигининг чегараланиши, ўлчамларининг ва массасини кичик бўлиши, қурилиш узунликларининг катта бўлиши, оптик кабелларнинг металл элементларини бўлмаслиги ҳисобига оптик-толали алоқа линиясининг қурилиш жараёнида хизмат алоқасини ташкил этишда бир қанча қийинчиликлар туғдириши билан бирга шикастланган жойларни аниқлаш қийин бўлишлиги, оптик-толали алоқа линиясининг ўлчов ва монтажи учун ускуналар ва ўлчов приборлар баҳосининг бир мунча юқори бўлишлигидир.

#### **ТОАЛ ҚУРИЛИШИДА КЎЗДА ТУТИЛАДИГАН ТАДБИРЛАР**

ТОАЛ қурилиши деганда қурилишга тайёргарлик, оптоптик кабелларни ётқизиш ёки осиш, оптик-толали алоқа линиясининг монтажи ва ўлчов ишлари ҳамда уларни техник эксплуатацияга топшириш каби ташкилий ва техник тадбирларнинг мажмуи тушунилади.

Оптик-толали алоқа линиясининг қурилишини олиб боришда ва қурилиш ишларини ташкиллаштириш жараёнида қоида бўйича қуйидаги тадбирлар бажарилади:

- ✚ -тайёргарлик тадбирлари ташкил этилади ва олиб борилади;
- ✚ -оптик кабеллар ётқизилади ва осилади;
- ✚ -оптик-толали алоқа линиясининг монтаж ишлари бажарилади;
- ✚ -оптик-толали алоқа линиясини эксплуатацияга топшириш ва қабул қилиш – топшириш бўйича ўлчов ишларини бажариш.

Оптик-толали алоқа линиясининг қурилишида оптик толали кабелларни турли усуллар ёрдамида ерга ётқизиш усуллари қўлланилади:

- -олдиндан қавланган траншеяга қўл ёрдамида ётқизиш;
- -траншеясиз усул бўйича пичоқли кабел ётқизгичлар ёрдамида;
- -ер остига юқорида кўрсатиб ўтилган усуллар ёрдамида ётқизилган муҳофазаловчи полиэтилен қувурлар ичига.

Оптик кабелни кабел канализациясига ётқизиш:

- ❖ -тўғридан-тўғри равишда кабел канализациясининг каналлари ичига;

- ❖ -кабел канализациясига ётқизилган муҳофазаловчи полиэтилен қувурлар ичига.

Оптик кабелларни бино ва иншоотлар ичига ётқизиш, ўз-ўзини ушлаб турувчи оптик кабелларни симёғочларга осиб:

- ✚ -темир йўл транспорти, электрлаштирилган шаҳар транспорти, ёриткич симёғочларига ва хоказо;

- ✚ -электр узатиш линиялари.

Оптик кабелларни сув тўсиқлари орқали ётқизиш оптик-толали алоқа линиясининг қурилиши олдиндан тасдиқланган лойиҳалар асосида бажарилади.

Қурилишга тайёргарлик олиб боришда қурилиш-монтаж ишларининг технологик равишда ёйиш ва қурилиш ишларида қатнашувчи ҳамма иштирокчиларнинг ўзаро боғланганлик таъсирларини ёйишдан иборат.

Оптик-толали алоқа линияларининг тайёргарлик жараёнида қуйидаги тадбирлар бажарилиши лозим:

- ❖ қурилиш ишлари учун пудратчилар билан шартнома тузиш;
- ❖ лойиҳа-смета ҳужжатларини ўрганиш; трасса ва ишларни бажариладиган қурилиш ишларини ташкил этиш лойиҳасида (ПОС-проект организация строительство) келтирилган маълумотларни эътиборга олиш ва лозим бўлса қурилиш буюртмачиси (лойиҳа тайёрловчи ташкилот билан биргаликда) кўрсатган камчиликларни бартараф этиш бўйича келишиш; керак бўладиган ишчи кучларни аниқлаш;
- ❖ керак бўладиган автотранспорт, механизмлар, ўлчов, технологик ва бошқа қурилмаларни тайёрлаш ва аниқлаш;
- ❖ қурилиш-монтаж бўлимларини трасса бўйича жойлаштириш масалаларни ечиш.

Бундан ташқари тайёргарлик даврида албатта бир қанча техник тадбирлар ҳам бажарилиши лозим бўлиб, улар қуйидагилардан иборат:

1. Кабел майдончасидаги ҳамма кабел ғалтакларидаги кабелларнинг кириш назоратини ўтказиш шу жумладан ҳамма оптик кабелларни назоратдан ўтказиш.
2. Кабел ўралган кабел ғалтакларини трассага олиб чиқиш, кириш назоратидан ўтмаган кабелларни ётқизиш рухсат этилмайди. Кириш назорати ўтказилган натижа баённомалари билан тасдиқланиб, бу баённомалар буюртмачига ишчи ҳужжатлари билан биргаликда бажарилиши лозим бўлган ҳужжатлар билан тақдим этилади; қурилиш узунликдаги кабелларни гурухлаштириш.
3. Кабелларни танлашда қуйидагилар эътиборга олинади, битта регенерация участкасида қўлланивчи кабел битта завод томонидан ишлаб чиқарилиши, бир хил конструктив тузилишда бўлишига (сув ости ёки ҳаво орқали ўтувчи оптик кабелларни бир-бири билан улаш учун қўлланивчи кабеллардан ташқари), бир хил турдаги оптик-тола ва толанинг муҳофазаловчи қоплами бир хил бўлишига эътибор берилди. Қурилиш узунликдаги кабелларни гурухлаштиришда ерга ётқизилувчи кабелларни иложи бориша трассанинг турли хил кесиб ўтилувчи жойлари кабел қурилиш узунлигининг охири учларига келтирилишга ҳаракат қилиш, бир-бири билан уланувчи муфтларнинг жойланиш жойи монтаж-ўлчов ишларини бажарувчи автомашинани бориш имкони бўлиши керак.

Регенерация участкаи учун гурухлаштириш натижалари бўйича ётқизилувчи қайднома тузилади. Ҳар бир кабел ғалтаги учун кабел ишлаб чиқарувчи завод томонидан тақдим этилган ҳамма паспортлар, ётқизилувчи кабеллар қайдномалари биргаликда йиғилиши керак.

Ўрганилган лойиха хужжатлари асосида, ҳамда оптик-толали алоқа линия трассасини тўғридан-тўғри равишда жойида ўрганилган маълумотлар, қурилиш-монтаж ишларини бажарувчи бош пудратчи ташкилот билан буюртмачи биргаликда бажариладиган ишлар келишилгандан сўнгра ишларни бажариш лойихаси (ППР-Проект производства работ) ўрнатилган тартиб услуби ва ҳисобланиб тақдим этилган хужжатлар 3.01.01-85 қурилиш нормалари ва қоидаларида кўрсатилган услубда ишлаб чиқилади. Оптик кабеллар ҳамма категориядаги ер тупроқларига ётқизилади. Оптик кабелларни ботқоқлик жойлар ва сув кечувлари орқали ётқизилиш жараёни маълум бир лойиха ечимлари бўйича аниқланади.

### **ЁДДА ТУТИНГ!!!**

**Оптик кабелларин ерга ётқизишда электр алоқа кабеллари учун қўлланувчи оддий усуллар ишлатилади**

Кабелларни ётқизиш олдиндан кавлаб тайёрланган траншеяга қўл ёрдамида ётқизиш усули ёки пичоқли кабел ётқизгич ёрдамида траншеясиз усул бўйича бажарилади. Агар муҳофазаловчи пластмасса қувурлар қўлланадиган бўлса, у ҳолда аввал юқорида кўрсатиб ўтилган усуллардан бири бўйича ер остига муҳофазаловчи пластмасса қувур ётқизилади, ундан сўнгра эса қувурлар ичига оптик кабел ётқизилади.

Бундан ташқари муҳофазаловчи пластмасса қувурлар ичига олдиндан ётқизилган кабеллар билан ётқизилиши мумкин. Тўғридан-тўғри равишда оптик кабелларни ерга ётқизиш учун тасмали зирх ёки пўлат симли зирх қатламига эга бўлган кабеллар қўлланади.

Оптик кабелларни ерга ётқизишда атроф-муҳит ҳарорати  $-10^{\circ}$  С дан кам бўлмаган ҳолатда ётқизилиши керак, бир мунча кичик ҳароратларда ( $-30^{\circ}$  С дан кам бўлмаганда) эса ётқизилувчи кабелни икки сутка мобайнида иситиладиган хонада ушлаб турилгандан сўнгра ётқизиш тавсия этилади ва ётқизилувчи кабел ётқизилишидан аввал албатта кабел ўралган ғалтак иситилиши лозим.

Ҳар қандай кабелни ерга ётқизилиш вариантларида ер билан боғлиқ ишлар бажарилади, уларга қуйидагилар киради:

-  -ерни юмшатиб кавлаш ва траншея ҳамда котлованларни кўмиш;
-  -автомобил, темир йўл ва бошқа коммуникациялардан кесиб ўтилиб ётқизилувчи оптик кабеллар учун траншеясиз усул ёрдамида горизонтал равишда ёпиқ ҳолда скважиналар орқали ўтказиш;
-  -траншеяларни механизмлар ёрдамида кавлаш ва траншеяларга оптик кабелларни ётқизиш ёки муҳофазаловчи пластмасса қувурларни кабел ётқизгичлар ёрдамида ётқизиш учун кабел трассасини планировка қилиб текислаш;

✚ -тупроқ қатламларининг бузулишини олдини олиш мақсадида рекультивация ишларини бажариш.

Ер билан боғлиқ бўлган ишлар алоқа тармоқларининг линия иншоотларини қуриш бўйича ҳужжатлар талабига жавоб берган ҳолда бажарилиши керак.

Оптик кабелларни газ ва нефт магистрал қувурлари, электр узатиш тармоқлар каби қўриқлаш зоналарини кесиб ўтадиган жойлар бўйлаб ётқизишда кўрсатиб ўтилган коммуникациянинг қўриқлаш ҳудудларида бажариладиган ер билан боғлиқ инструкция талабларига жавоб берган ҳолда бажарилиши керак.

Турли хил коммуникация қўриқлаш ҳудуд чегараларида ер билан боғлиқ бўлган ишларни бажариш учун бундай коммуникацияларга техник хизмат кўрсатувчи ташкилот томонидан берилган ёзма рухсатнома асосида ва эксплуатация қилувчи корхона вакили қатнашган ҳолда бажарилади.

Ер билан боғлиқ бўлган ишларни бажаришда алоқа тармоқларининг линия иншоотларини қуриш бўйича рахбарий ҳужжат талабларидан ташқари, бугунги кунда қўлланилувчи ҚН ва Қ (қурилиш нормалари ва қоидалари), алоқа линияларини қўриқлаш қоидалари ва бошқа нормалар талабларига жавоб берган ҳолда бажариш лозим.

#### **4.2. Кабелни олдиндан қавланган траншеяга ётқизиш.**

Оптик кабелларни олдиндан тайёрланган траншеяга ётқизишда максимал эътиборни оптик кабелнинг чегараланган минимал эгилиш радиусига қаратган ҳолда, ётқизишдан аввал кабел остига юмшоқ тупроқ ёки қумдан иборат бўлган ёстикга ва кабелни кўмишга қаратилади.

Оптик кабелни олдиндан тайёрланган траншеяга ётқизишдан аввал траншея ости текисланиб тошлардан, қурилиш чиқиндилардан ва бошқа предметлардан тозаланган бўлиб, оптик кабел ётқизилган траншеяларни кўмишда шикастланишлар олди олинадди. Оптик кабелларни тоғлиқ ва қаттиқ тошлоқ бўлган тупроқлар остига ётқизишдан аввал траншея ости қаттиқ ва ўткир учли ҳамда катта тошлардан тозаланиб, кабел остига ва кабел устига юмшоқ тупроқлардан ёки қалинлиги 10см дан кам бўлмаган қалинликда муҳофазаловчи қатлам ётқизилиши керак.

Ғалтакга ўралган кабелни айлантириб бўшатиш ва кабелни олдиндан тайёрланган траншеяга ётқизиш учун махсус механизмлардан фойдаланилади.

Олдиндан тайёрланган траншеяга кабелни ётқизишда қуйида келтирилган усуллардан бири бўйича бажарилиб, уларни қўллашда трасса шароитига боғлиқ:

-кабелни траншея ичига ёки траншеянинг ён томонига кабел ғалтагидан бўшатган ҳолда ёки кабел транспортёридан траншея четига траншея бўйлаб ҳаракатланган ҳолда бажарилади;

-бутун қурилиш узунликдаги оптик кабелни траншея бўйлаб қўл кучи ёрдамида бўшатилади.

Кўрсатиб ўтилган иккала вариантда ҳам кабелларни ғалтакдан бўшатиш жараёнида кабел ғалтаги махсус механизмлар ёрдамида ёки қўл кучи ёрдамида секин-асталик билан айлантирилиб бўшатилади, кабелни ғалтакдан силтаб тортиб бўшатиш қаятиян маън этилади. Кабел ғалтагининг айланиш тезлиги кабелни

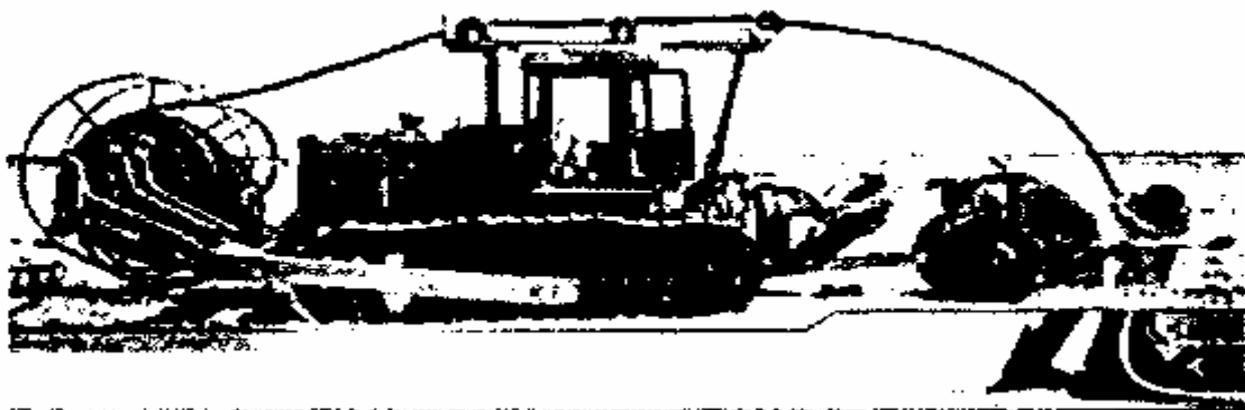
трасса бўйлаб ётқизилиш тезлиги билан доим мослашган бўлиши керак. Кабелни ғалтакдан бўшатишда тезда айлангириб тугун кўринишида бўшатиш рухсат этилмайди, кабелни бўшатиш чоғида ғалтакдаги ўрамлар устма-уст тушмаслиги ва ётқизилувчи кабелни кескин равишда тортмаслик ҳамда кабел ғалтагидан бўшатилиб ётқизилувчи кабелни кескин равишда бўшатмаслик зарур. Ҳаракатланувчи автомашинадан кабелни ётқизишда машина кетидан келаётган ишчилар оптик кабелни кабел ғалтагидан бўшатиб, уни тўғридан-тўғри траншея ичига ёки траншея четига бўшатиб ётқизиш кетадилар, ундан сўнг у кабел секин-асталик билан траншея ичига ётқизилади. Траншея бўйлаб ҳаракатланувчи автомашинанинг тезлиги 1 км/соатдан ошмаслиги керак.

Агар кабел ётқизиладиган ер рельефи ва йўл шароити техникадан фойдаланишга имкон бермайдиган бўлса, у ҳолда бутун қурилиш узунликдаги кабел қўл кучи ёрдамида бутун трасса бўйлаб траншея четига бўшатилади ва ундан сўнг кабел секин-асталик билан траншея ичига туширилиб ётқизилади. Оптик кабелларни ётқизишда ишчилар сони бир ишчига массаси 35 кг бўлган кабел юклама ҳисобидан ошмаслиги керак ва шу асосда ҳисоблаб чиқилади. Кабелни ғалтакдан бўшатиб ётқизишда ишчилар сони кабелни бўшатиш жараёнида ётқизилувчи кабел ерга тегиб ишқаланмаслиги керак. Агар кабел ётқизилишда ишчилар сони кам бўладиган бўлса, у ҳолда "ҳалқа" яъни саккиз рақам кўринишидаги усул қўлланади. Бундай усулда кабел ўралган ғалтак траншея трассасининг ўртасидан ёки олдиндан ўлчаб қўйилган трассанинг маълум бир нуқтасига ўрнатилади.

Одатда оптик кабеллар траншеянинг ўртасига қадар чўзиб тортилмасдан траншеянинг ётқизилиши лозим бўлган чуқурлигига текис ва зич ҳолда ётқизилиши лозим. Агар битта траншеяга бир нечта кабеллар ётқизиладиган бўлса, у ҳолда ётқизилувчи кабеллар параллел равишда ётқизилиб, кабеллар орасидаги масофа 50 миллиметрдан кам бўлмаган ва кабеллар бир-бири билан кесишмаган ҳолда ётқизилиши лозим. Агар кабел трассадаги турли хил ер ости иншоатларидан иборат бўлган турли хил тўсиқлар учрайдиган бўлса, у ҳолда ётқизилувчи кабел саккиз рақам кўринишидаги тугун усули ёрдамида ётқизилади.

### **4.3. Траншеясиз усул ёрдамида кабелларни ётқизиш.**

Кабелларни траншеясиз усул ёрдамида ётқизиш деганда кабел ётқизгич ёрдамида кабелни ётқизиш тушунилади. Бундай усул жуда юқори ишлаб чиқариш хусусиятига ва самарадорликка эга. Оптик толали кабелларни траншеясиз усул ёрдамида ётқизишда махсус кабел ётқизгич механизмлардан фойдаланилади. Бундай кабел ётқизгичларнинг ишчи органи бўлмиш кабел ётқизгич пичоғи ер қаърини ингичка ариқ кўринишда кесади ва у кесилган жойга кабел лоциха бўйича белгиланган чуқурликка ётқизилади. Бундай усул ёрдамида кабелни ётқизишда лозим бўлган ва талаб этиладиган эгилиш радиуси кассетадан чиқишда эришилади ва бу билан кабел ётқизилиш жараёнида унинг шикастланиш олди олинади.



4.1-расм.КВГ-1 туридаги кабел ётқизгич.

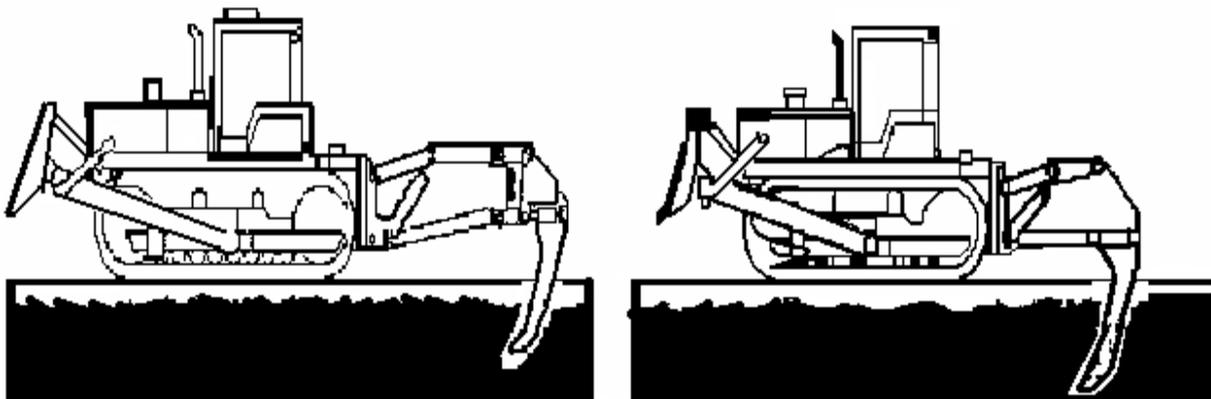
4.1-расмда КВГ-1 туридаги кабел ётқизгич кўрсатилган бўлса 4.1-жадвалда эса КВГ-1 ва КВГ-2 туридаги кабел ётқизгичларнинг техник тавсилотлари келтирилган.

4.1-жадвал.

Кабел ётқизгич тури Параметрлар	КВГ-1	КВГ-2
Ишланадиган тупроқ категорияси	I...IV	I...IV
Кабел ётқизилиш чуқурлиги, мм	1500	1500
Ётқизиладиган кабел диаметри, мм	80	80
Ётқизиладиган полиэтилен қувур диаметри, мм	32;40;50;63:	32;40;50;63:
Кабел ётқизилиш тезлиги, км/соат	0,4...1,5	0.....2,5
Кабел ғалтак диаметри, мм, кабел ётқизгич устига жойлашадиган ғалтаклар сони, дона	2250мм/2дона 2250мм/1дона	2250мм/2дона 2250мм/1дона
Кабел ғалтагининг тўлиқ массаси, кг	4000	4000
Ишчи органининг силжиб харакатланиш қиймати, мм	-	1140
Ётқизилган кабел борлигин кўрсатувчи сигнал тасма кенглиги, мм	75	75
Осилган ускуналар билан биргаликдаги кенглик ўлчами, мм	3760	3760
Ёрни кесиш чуқурлиги, м	1,1	1,1
Массаси, кг	23000	24000
Тракторнинг асосий модели	Т-170 МБ 01 Т-10 Б 02(ГМТ)	

Ёр қаъри жуда ҳам катта зичликга эга бўлган тупроқли ёрларда кабел ётқизгичнинг пичоғи ётқизилиши лозим бўлган чуқурликда ёрни кеса олмайдиган бўлса ёки кабел трассаси тошлоқ ёхуд бошқа турли аралашмага эга бўлган

ерларда ер юзаси олдиндан бўшатилиб-текислаб олиниши керак. Бу ишларни ерни бўшатгичлар (пропоршиклар) бажаради. 4.2- расмда уларнинг кўриниши келтирилган бўлса, 4.2-жадвалда бундай механизмларнинг техник тафсилоти келтирилган.



4.2-расм. Пропоршиклар. (Ер юмшатгичлар.)

4.2-жадвал.

Ишлов бериладиган тупроқ категорияси		I...IV
Максимал бўшатиладиган чуқурлик, мм		1500
Тупроққа ишлов бериш тезлиги, км/соат		0.5...1.5
Минимал қайирилиш радиуси метр		16
Тупроқни кесиш чуқурлиги, м		1.0
Ерга тушадиган нисбий босим, МПа		0.034
Тўлиқ масса, кг		20500
Харакатланиш ҳолатидаги габарит ўлчамлари, мм	узунлик	7850
	кенглик	7850
	баландлик	3154
Трактор таянч модели.		T-170 T-170 Б

Кабел ётқизгич пичоғини кўтариш ва тушириб чуқурлаштириш жараёни олдиндан кавлаб тайёрланган котлованда (ўрада) олиб борилади, чунки бундай ҳолда кабел ётқизгич пичоғи чуқурлаштирилмайдиган бўлса оптик кабелнинг рухсат этиладиган эгилиш радиусига эришиб бўлмайди. Битта қурилиш узунлиги тугаган жой билан иккинчи қурилиш узунлиги бошланиш жойида ҳам котлавон (ўра) кавланади, қурилиш узунлиги тугаган жойда ётқизилувчи кабел кассетадан бўшатилади ва котлованда 8 метрдан кам бўлмаган узунлик қолдирилади, котловоннинг бошқа томонидан эса худди шу узунликда захира узунликдаги оптик кабелнинг кейинги қурилиш узунлиги кассетага киритилади. Котлованда қолдирилган икки томондан 8 метр узунликдаги оптик кабеллар кейинчалик монтаж қилиниб, бир-бири билан уланади.

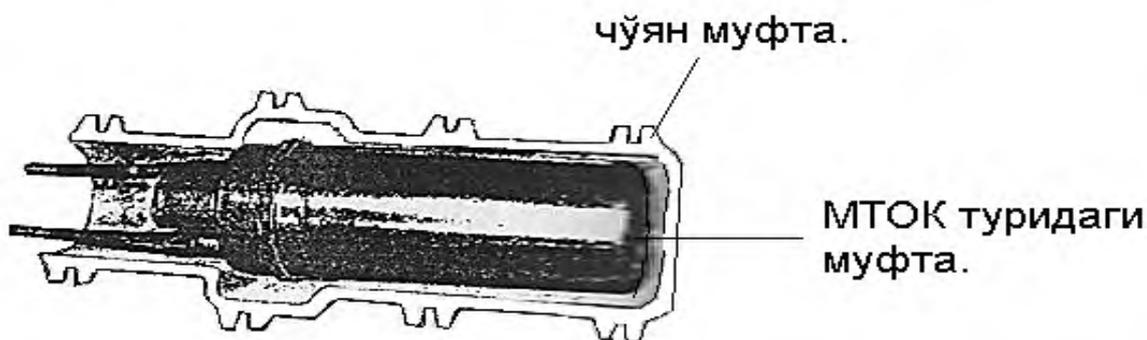
Одатда оптик кабелнинг сўниш қиймати доимий равишда назорат остида бўлади, бундай назорат оптик тестр, рефлектометр ёки бошқа шунга ўхшаш ўлчов асбоблари ёрдамида олиб борилади.

Қурилиш узунликлигидаги оптик кабел толаларини назоратлаш учун кабел ётқизиладиган аввал шлейф бўйича толалар бир-бири билан пайвандланиб уланади. Кабелларни мураккаб рельефли ва зич бўлган тупроқли ерларда ётқизиш жараёнида кабел ётқизгич ҳаракати текис равишда бўлмаслиги мумкин, шунинг учун кабелни кабел ғалтагидан бўшатиш жараёнини синхрон равишда ва кабелни кассетага киритилишда кабелнинг бўшлигини қаттиқ назорат қилиш зарур. Оптик кабелни ётқизишда қуйидагиларга қаттиқ эътибор бериш керак:

-мураккаб тупроқли ерларда кабелни ётқизиш жараёнида тупроқ ичида турли хил тупроқлар бор ерларда ётқизиладиган кабелни силталлаб тортирмаслик керак.

Оптик кабелларни турли усуллар бўйича ерга ётқизишда қурилиш узунликлари бир-бири билан уландиган жойларда захира узунлигидаги оптик кабелларни жойлаштириш учун ўлчамлари 3000×1200×1200 мм бўлган котлован қавланади. Оптик кабелнинг захира узунлиги муфтани монтаж қилинадиган ишчи ўрни осон бўлган жойга қадар етиши лозим. Муфтага киритилган ҳар бир кабелнинг захира узунлиги кабелни муфтага киритиб муфта ерга жойлаштирилгандан сўнг унинг узунлиги 10 метрдан кам бўлмаслиги керак.

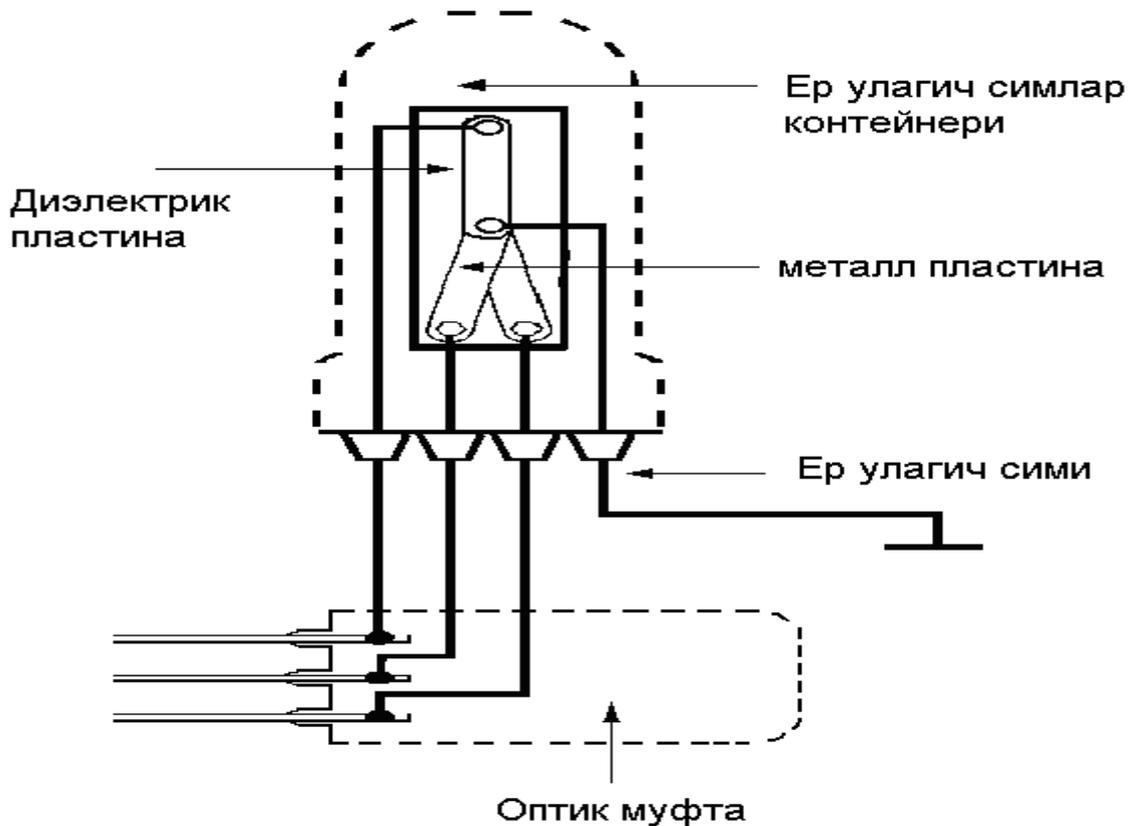
Оптик кабелларни ётқизишда қолдириладиган захира узунлик ҳар иккала томонда 5 метрдан ортиқ бўлган узунликда бўлиши керак. Бундай узунликда қолдирилган захира учун ётқизилган қурилиш узунликлари муфта монтажи учун ва ўлчов ишлари учун керак бўлади. Қурилиш узунликларини бир-бири билан улаш учун бир томони берк муфталар қўлланади. Муфталар монтажи инструкция асосида бажарилади, монтаж қилиб бўлинган муфталар ерга ётқизиладиган аввал мухофазаловчи чўян муфта ичигага жойлаштирилади. МТОК туридаги муфтани мухофазаловчи чўян муфта ичига жойлаштирилиш ҳолати 4.3-расмда кўрсатилган.



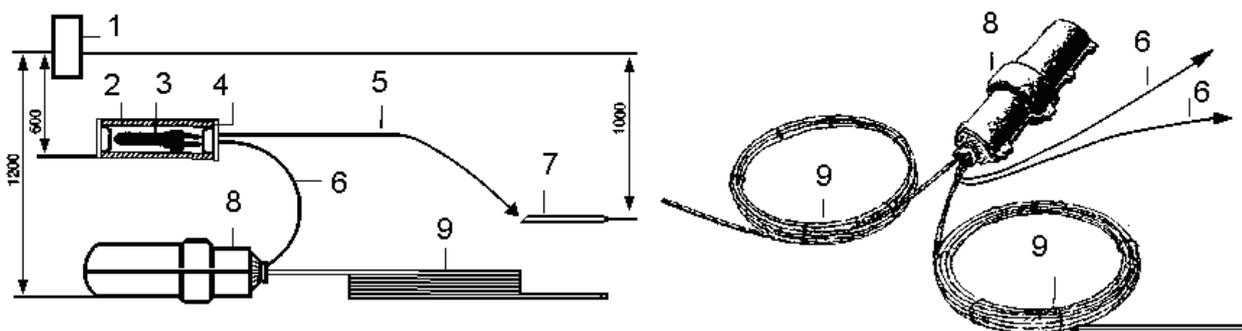
4.3-расм.МТОК туридаги муфтани мухофазаловчи чўян муфта ичида жойланиши.

Ҳар бир қурилиш узунлигини ёки бир нечта қурилиш узунликларидан ташкил топган участкаларда ётқизилган оптик кабелларнинг ташқи қобик изоляция қаршилигини ўлчаш учун ер улагич симларининг контейнерларидан (КПЗ-контейнер проводов заземления) зирх қатлами билан уланган ер билан улагич симлари чиқарилади. 2.5-расмда улагич симлари контейнерида бир нечта

улагичлар ёрдамида оптик кабелнинг зирх қатламини улаш мумкин. Бундай улагичлар ёрдамида ажратилган ҳолда изоляция қаршилигини ўлчаш мумкин. 5.6-расмда муфта ҳамда оптик кабелнинг захира узунлиги ва ер улагич симлар контейнерини ерга ётқизилган ҳолати кўрсатилган.



4.4-расм. Ер улагич симлар контейнерини ер улагич симлари ёрдамида улаш.

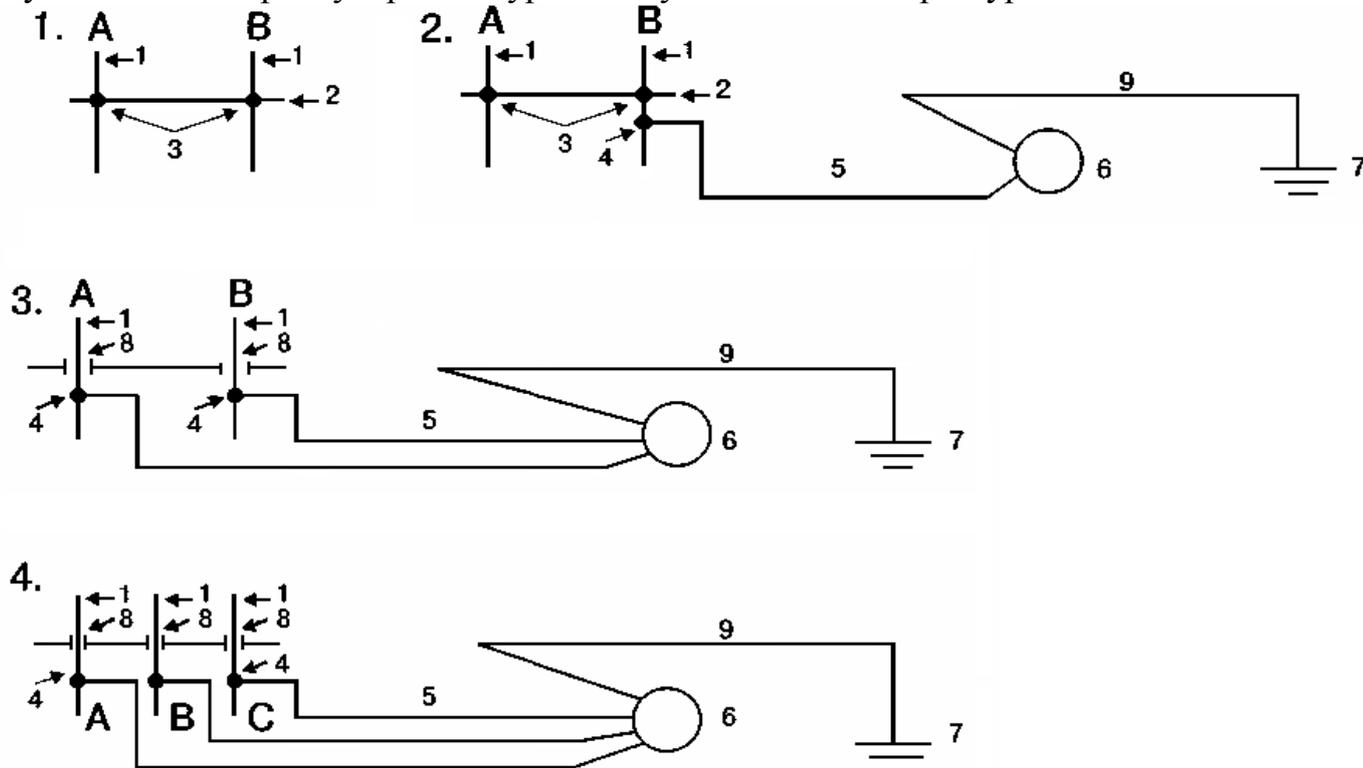


4.5-расм. Оптик кабелнинг захира узунлиги, муфта ва ер улагич сим контейнеори ер оситда жойланиши:

1-кабел ўлчам устунчаси; 2-асбестоцемент қувур бўлаги; 3-ер улагич симларконтейнери ; 4-Ер улагич симлар контейнери (КПЗ-1) ёпқичи; 5- Ер улагич симлар контейнери (КПЗ) платасининг ўлчов сими;6-оптик кабел зирхини ер улагич симлар контейнер (КПЗ) платаси билан улайдиган сим; 7-пўлат симдан

тайёрланган ер улагич; 8-мухофазаловчи чўян муфта; 9-оптик кабелнинг захира ўрами (бухтаси).

4.6-расмда муфта ичидаги оптик кабелнинг зирх қатлами ва муфта ер улагичини ўлчовчи симлар ва уларнинг турли хил уланиш схемалари кўрсатилган.



4.6-расм. Оптик кабел зирх қатлами ва ер улагич симларини бир-бири билан уланиш схемаси:

1-оптик кабел; 2-умумий контакт пластина; 3-пўлат втулка; 4-ГПП ( Грунтовой провод перемычек)симларини киритиш тугуни; 5-ГПП симлари; 6-ер улагич симлар контейнери; 7-ер улагич; 8-диэлектрик втулка; 9-ер улагичга уланадиган сим.

#### 4.4. Оптик-толали кабелларни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ёрдамида ерга ётқизиш.

Оптик-толали линия қурилишида мухофазаловчи полиэтилен қувурлардан фойдаланиш бошқа турдаги электр кабелларни тўғридан-тўғри равишда ерга ётқизиш усулидан бир қанча авзалликларга эга:

-мухофазаловчи полиэтилен қувурлар оптик кабелнинг механик мухофазалаш вазифасини бажаради, бу эса оптик кабелларни мухофазаловчи зирх қатламсиз ётқизиш усулини қўллаш имконини беради, бунинг ҳисобига қурилиш ишлар учун сарф бўладиган харажатлар қурилиш баҳоси камайтиради ва анча арзонлаштиради;

-мухофазаловчи полиэтилен қувурларни ётқизишда оптик кабелларни ётқизиш учун қўлланган ўша ускуналар ва қурилмалар ёрдамида бажарилади. Бундай усул қўллангани учун ер билан боғлиқ бўлган ишлар бажарилиш чоғида

оптик кабелнинг шикастланиши бутунлай бўлмайди, чунки оптик кабел мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ётқизиш ишларидан сўнг бажарилади ва ерга ётқизилувчи кабеллар қувур ичига ётқизилади;

-келажакда тармоқни кенгайтириш чоғида қайтадан ер билан боғлиқ бўлган ишларни бажаришда ва келажак учун захиралаштиришда бир вақтнинг ўзида бир нечта мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ётқизилиши мумкин;

-оптик кабел шикастланган ҳолатда ёки керак бўлган талабларни қондира олмаган ҳолда оптик кабелни мухофазаловчи полиэтилен қувур ичидан тортиб олиниб бошқа кабел билан алмаштирилиши мумкин

-мухофазаловчи полиэтилен қувурларнинг ички томон юзаси қаттиқ оптик антифрикация қатламига эга бўлганлиги учун катта қурилиш узунлигидаги оптик кабелларни ётқизиш имконини беради.

Мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида оптик кабелларни ётқизиш жараёни Россия ва бошқа хорижий давлатларда кенг равишда оммалашмоқда. 4.3 ва 4.4 -жадвалларда “Стройполимер” ёпиқ акционер жамиятининг ишлаб-чиқариш бошқармаси томонидан ишлаб чиқарилувчи мухофазаловчи полиэтилен қувурларнинг техник тавсилотлари кетирилган.

4.4-жадвалда мухофазаловчи полиэтилен қувурнинг ишлаб чиқарилувчи стандарт қурилиш узунликлари ва уларнинг массаси ҳамда техник тавсилотлари ҳақида маълумотлар кўрсатилган.

Агар кўрсатиб ўтилган жадвалларга назар соладиган бўлсак, у ҳолда мухофазаловчи полиэтилен қувурлар 25 миллиметрдан 63 миллиметргача бўлган диаметрда ишлаб чиқарилмоқда. Мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида ишқаланиш кучини камайтириш учун қувурнинг ички томон деворлари қаттиқ антифрикация қоплам билан ёки суяқ мойловчи суяқлик билан қопланмоқда, ерга ётқизилган мухофазаловчи полиэтилен қувурларнинг хизмат кўрсатиш муддати 50 йил. Завод томонидан ишлаб чиқарилувчи мухофазаловчи полиэтилен қувурлар бухталар кўринишида бўлиши ёки кабел ғалтағларига ўралган ҳолда бўлиб,

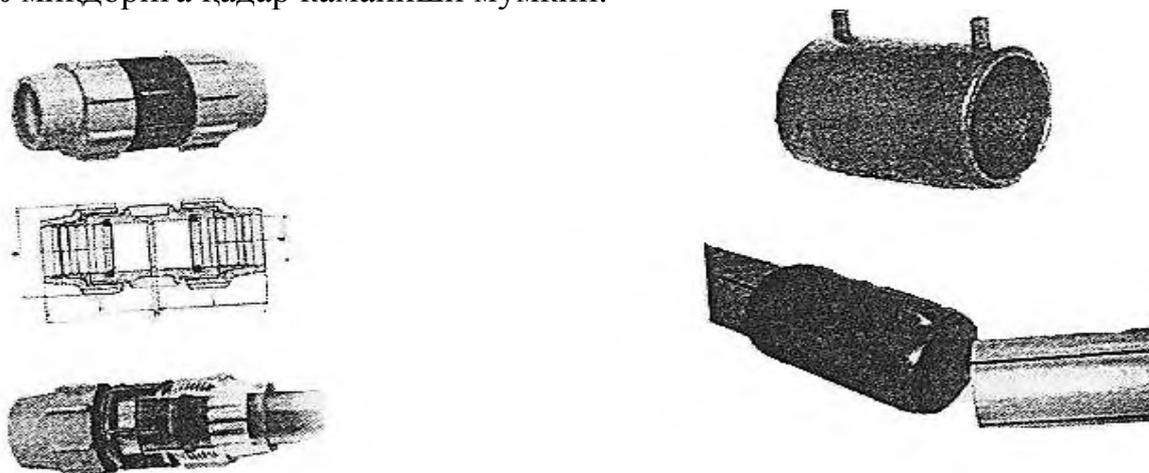
4.3-жадвал ва 4.4-жадвал.

Мухофазаловчи полиэтилен қувурнинг ташқи диаметри, мм	Қурилиш узунлик,м		масса, кг/м
	ғалтакда	бухтада	
25	4000±2	4000±2	0.15
32	3000±2	3000±2	0.28
40	2000±2	2000±2	0.41
50	1100±2	1100±2	0.65
63	700±2	700±2	0.92

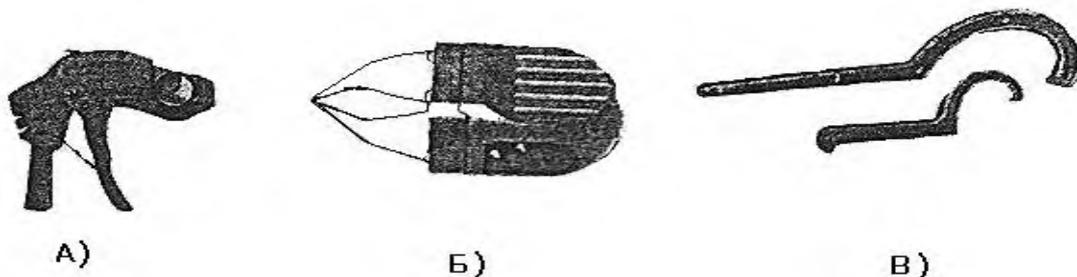
Мухофазаловчи полиэтилен кувурнинг ўлчам турлари, мм	Кувурнинг ташқи диаметри, мм	Мухофазаловчи полиэтилен кувурнинг ички диаметри, мм	Мухофазаловчи полиэтилен кувурнинг қалинлиги, мм	Узоқ вақтли чўзилиш юкласи, кН;	Рухсат этиладиган қисқа вақтли чўзилиш кучланганлик юкласи, кН	Рухсат этиладиган юмшаш чидамлилиги, кПа	Мухофазаловчи полиэтилен кувур ичида рухсат этиладиган ҳаво босими, мПа
21	25	21	2.0	1.44	2.02	1500	2.0
26	32	26	3.0	2.73	3.82	1500	2.0
27	32	27	2.5	2.73	3.25	1300	2.0
33	40	33	3.5	2.32	5.61	1300	2.0
34	40	34	3.0	4.01	4.89	1100	2.0
41	50	41	4.5	6.43	9.00	2000	2.0
42	50	42	4.0	5.78	8.09	1500	2.0
53	63	53	5.0	9.11	12.75	1400	2.0
55	63	53	4.0	7.41	10.37	800	2.0

Мухофазаловчи полиэтилен кувурлар монтажи учун махсус механик ёки электр пайвандланувчи муфтлар қўлланади (4.9-расм) ва улар махсус асбоб-ускуналар ёрдамида керакли бўлган миқдорда кувурлар герметизацияси ушлаб турилади (4.10-расм).

Рухсат этиладиган юмшалиш чидамлилиқ қиймати дейилганда мухофазаловчи полиэтилен кувурнинг сиқилиш шароити олинган бўлиб, унинг ички диаметри 15% миқдорига қадар камайиши мумкин.



4.9-расм. Мухофазаловчи полиэтилен кувурларнинг механик ва электропайвандловчи муфтлари.



4.10-расм. Мухофазаловчи полиэтилен қувурлар учун ишлатиладиган махсус асбоб-ускуналар; а-фаска тозаловчи; б-МПК кескичи; в-муфталар монтажи учун махсус калитлар.

Одатда мухофазаловчи полиэтилен қувурлар траншеясиз усул билан ёки олдиндан тайёрланган траншея ичига ётқизиш усулидан фойдаланган ҳолда  $-10^{\circ}\text{C}$  дан  $+50^{\circ}\text{C}$  ҳаво ҳароратида ётқизилиши ва бундай қувурлар  $-50^{\circ}\text{C}$  дан  $+50^{\circ}\text{C}$  муҳит ҳароратида эксплуатация қилиниши мумкин. Мухофазаловчи полиэтилен қувурларни ерга ётқизилиши худди электр алоқа кабелларини ерга ётқизилиши сингари бўлиб, бу ишларни бажаришда раҳбарий ҳужжатлар ва инструкция талабларга жавоб берган ҳолда бўлиши керак.

Мухофазаловчи полиэтилен қувурни кабел ётқизгич ёрдамида ёки олдиндан траншеяларга ётқизилишда қувурларни кескин равишда тайёрлаб қўйилган тортиб ётқизилиши ва катта бурчакли эгилишларда ётқизилиши керак. Мухофазаловчи полиэтилен қувурларни ётқизилиши пайтида рухсат этиладиган минимал эгилиш радиуси 1.5 метр бўлиб, трассанинг бурилиш жойларида мухофазаловчи полиэтилен қувурнинг эгилиш радиуси 2 метрдан кам бўлмаслиги керак.

Оптик-толали алоқа линияларини қурилишида мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида оптик кабелларни ётқизишда қуйида келтирилган усуллар қўлланади:

- қўл кучи ёрдамида тросни тортиб ётқизиш усули;
- механизация ёрдамида тросни тортиб ётқизиш усули;
- поршен ёрдамида пневма ётқизиш усули;
- поршенсиз пневма ётқизиш усули;
- оптик кабелни итариб киритиб ётқизиш усули.

Булар ичида оптик кабелларни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида трос ёрдамида ётқизиш энг оддий ва содда ётқизиш усулларидан бўлиб, у қўл кучи меҳнати ёрдами билан ёки механизмлар қўлланган ҳолда ётқизилиши мумкин. Бу усул ёрдамида кабел ётқизилиш узунлиги пневма ётқизилиш усули бўйича ётқизилиш узунлигида бир мунча кам бўлганлиги учун оптик-толали алоқа линия қурилишида жуда ҳам кам самара берувчи усулларидан бири бўлиб ҳисобланади. Шунинг учун бундай усул ёрдамида мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида оптик кабеллар ётқизилиши унча катта бўлмаган масофаларда (1км узунликгача) қўлланилиши мумкин.

Оптик кабелларни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида ётқизилишида пневма ётқизилиш усули анча самарали бўлиб, уни каттадан-катта масофаларга бутун қурилиш узунликларини ётқизишда фойдаланиш мумкин. Кабелларни ётқизиш учун махсус ҳаво билан тўлдирилувчи қурилма-насос қўлланиб, у ёрдамида мухофазаловчи полиэтилен қувур ичида ҳаво босими 0.8 дан 1.2 мПа ва ҳаво ишлаб чиқарилиш ҳажми  $4\div 15$  м<sup>3</sup>/минут бўлган ҳолда қувур ичига киритилувчи кабел ётқизилади.

Поршен усули ёрдамида ётқизилувчи оптик кабелга иккита куч таъсир кўрсатади: оптик кабелнинг устидаги поршен худди парашут сингари бўлиб, уни қўллаш ҳисобига ҳосил бўлувчи тортилувчи куч вазифасини қўшимча механик ускуна бажаради.

Бундай усул ёрдамида кабелни ётқизилишида кабелни чўзилиш бўйича кучланганлик юкмасини парашут бошқариб ростлаб туриши керак.

Бундай технология пневмо ётқизиш ускуналари ёрдамида бажарилади, мисол учун РКР-60 ва FIBER cat ускуналари Германиянинг Lander компанияси томонидан ишлаб чиқарилмоқда. Ускунада қўлланувчи парашут вазифасини бажарувчи поршен мухофазаловчи полиэтилен қувурнинг ички диаметридан бир мунча кичик бўлиши лозим, бундай шартнинг бажарилиши мухофазаловчи полиэтилен қувурнинг ички юза бўйлаб поршеннинг ишқаланиши ҳисобига ҳосил бўлувчи йўқотувчанликни бир мунча камайтиради, ҳаво оқими эса қўшимча тортувчи (итарувчи) куч ҳосил қилиб боради.

Поршенсиз усул ёрдамида кабелларни ётқизиш энг самарали пневма ётқизиш усулларида бўлиб ҳисобланади ва унинг асосий авзаллиги мухофазаловчи полиэтилен қувур ичида ҳаракатланувчи оптик кабел доим ҳаво остида бўлади. Бундай усул ёрдамида кабел ётқизилганда парашут бўлмайди ва унда “ҳаво босими остидаги ёстик” эффекти қўлланади. Бундай ҳолда оптик кабелга таъсир кўрсатувчи куч бир текис равишда тақсимланади, шунинг ҳисобига эса оптик кабелларни ётқизишда бўладиган тўхташлар ва бу тўхташлар бартараф этилгандан сўнг пневма ётқизиш жараёнини қайта ишга туширилишидан ҳосил бўлувчи ортиқча кучланганликлар бўлмайди. Бундан ташқари оптик кабел ҳаракатлантирувчиси устига тушувчи қўшимча тортилиш кучланганлиги бўлмайди ва бундай усул қўлланганда пневма ётқизилишнинг ўртача тезлиги 90 метр/минутга қадар етиши мумкин. Мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичига киритилувчи кабел привод ёрдамида пневма ётқизилишининг бошланғич momentiда уни ушлаб туради, агар кабелни итарувчи куч ҳосил қилиш учун ҳамда оптик кабелни умумий ётқизилиш масофасини ошириш учун қўлланади.

Мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида пневма ётқизишнинг поршенсиз усули асосан Швейцариянинг Plumettaz S.A компаниясининг Cablejet ва Superjet ускуналари ёрдамида бажарилади. Бу ишларни бажариш учун АҚШ нинг Atlas-Corso компаниясининг компрессорларидан кенг равишда фойдаланилади.

Бундай битта жамланмадаги ускуна ёрдамида оптик кабелларни уч километргача бўлган масофада ётқизиш мумкин. Ускуналарни каскадли фойдаланиши ҳисобига эса оптик кабеллари ётқизилиш масофасини 6 км га қадар етказилади.

#### 4.5 Оптик кабелларни телефон кабел канализациясига ётқизиш.

Оптик-толали кабелларни телефон кабел канализациясига ётқизишда қўл кучидан ёки турли хил механизмлар ва ускуналардан фойдаланиш мумкин. Бу ишларни бажаришда доимо қуйида келтирилган талабларни бажаришга катта эътибор берилади:

-чўзилиш бўйича кучланганлик;

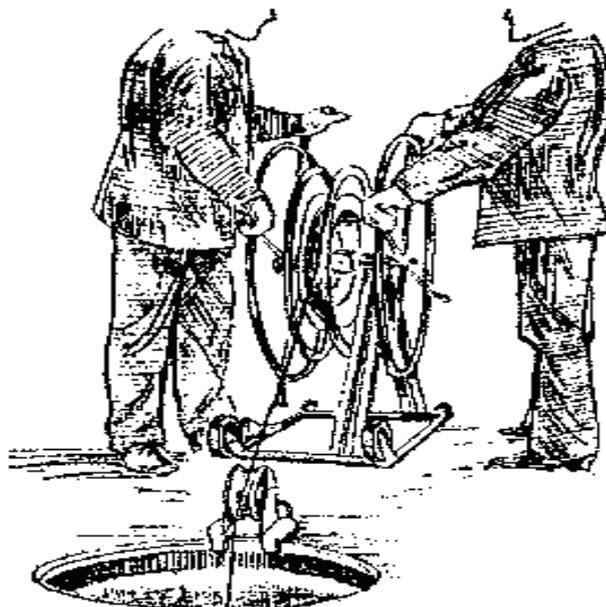
-кабелларнинг рухсат этиладиган эгилиш радиусини лойиха бўйича ётқизиладиган кабелнинг техник шарт талабларига жавоб бериши лозим.

Оптик кабелларни телефон кабел канализациясига ётқизишдан аввал канализация каналлари ичидан кабелни ўтиш-ўтмаслиги текширилади, агар канализация таъмирлашни ёки канализациядаги кабел қудуқларини таъмирлаш бўйича ишлар талаб этиладиган бўлса у ҳолда бу ишлар кабел ётқизилмасдан аввал бажарилиши керак. Телефон кабел канализация каналларидан самарали равишда фойдаланиши учун ва оптик кабелларни мис симлардан иборат бўлган электр алоқа кабелли билан бирга битта телефон каналида ётқизиш учун мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида ётқизилади.

Оптик кабелларни кабел канализациясида ётқизишда қўл кучи меҳнати ёрдамида ёки тортиб олиш механизмидан иборат бўлган лебёдкадан фойдаланган усуллардан фойдаланилади. Оптик кабелни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичига ётқизишда кабелни итариш усулидан ҳам фойдаланиш мумкин.

Оптик кабелни телефон кабел канализациясига ётқизишда қуйидагилар қўлланади:

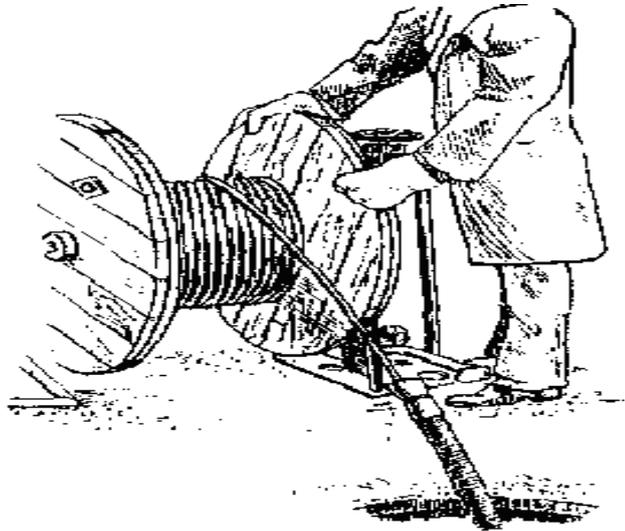
-охирида қўлланувчи лебёдкалар - улар қўл кучи ёрдамида, ёқилги ёки электр токи ёрдамида ҳаракатлантирувчи механизмлардан фойдаланилади ва тортилиш кучини маълум бир миқдорда чекланган равишда ўзгартирувчи механизмлар ишлатилади (2.10-расм);



2.10-расм. Охириги тортувчи лебедка.

4.11-расм. Охирги тортувчи лебедка.

-кабелларни ўралган ғалтакдан бўшатиб олувчи (домкрат, кабел аравачаси) қурилмалар (4.11-расм);



4.12-расм. Кабелни ғалтакдан бўшатиш жараёни.



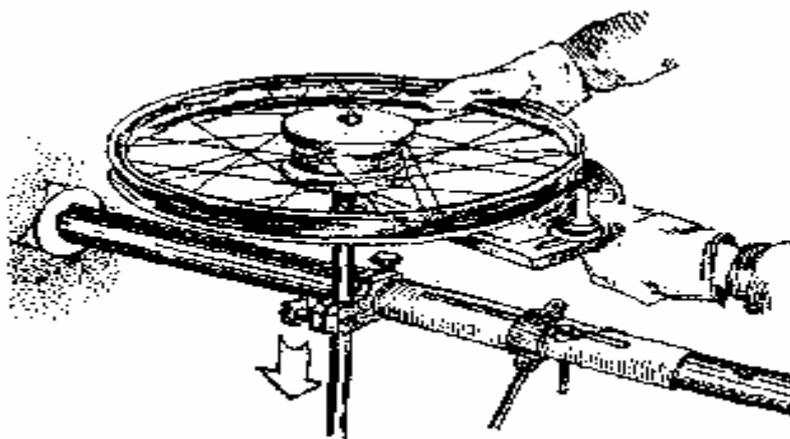
5.12-расм. Кабелни телефон кабел канализация қудуғидан тортиб олиш жараёни.

-кабелни телефон кабел канализациясининг қудуғи орқали кўндаланг равишда кесилган ғижимланган қувурлар (4.12-расм);



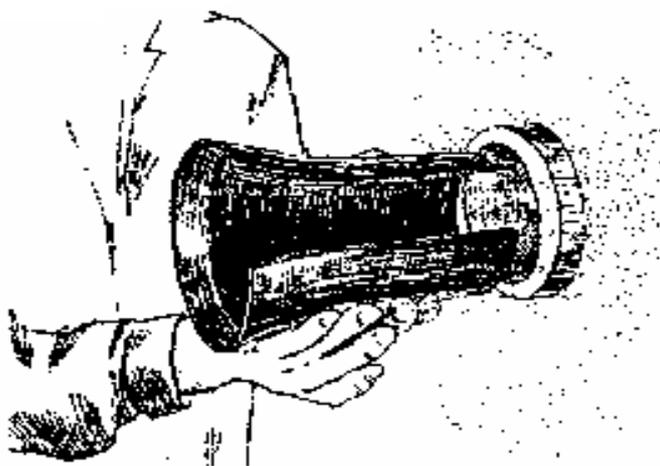
4.13-расм. Кабелни телефон кабел канализация қудуғида тортиб олишда роликлардан фойдаланилади.

-телефон кабел канализациянинг қудуқ люки орқали кабелни тортиб олиш ёки транзит равишда ўтказишда кабел қобиғи шикастланмаслиги учун қўлланувчи люк томонга буралган роликлар (4.13-расм);



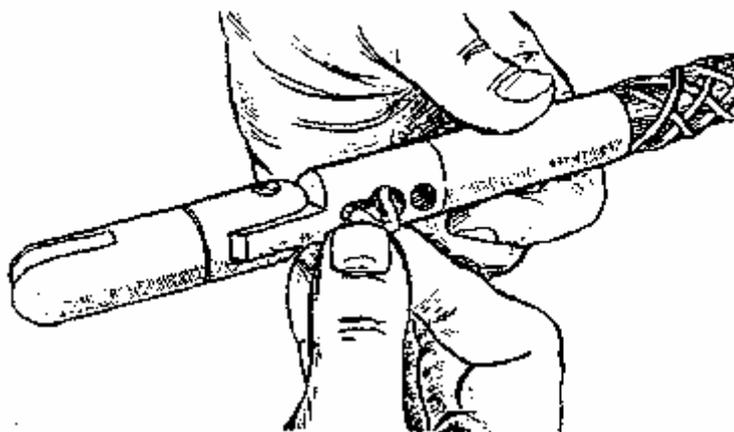
4.14-расм. Кабелни қудуқ ичида тортиб олиш ускунаси.

-бурчакда жойлашган қудуқларда кабелларни секин-асталик билан буралишини таъминловчи кабел блоклари ва горизантал равишда ушлаб турувчилар (4.14-расм);



4.15-расм. Телефон канали учига ёрма карнайни кийдириш жараёни.

-телефон кабел канализациясининг каналлари ёки мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ичида рухсат этиладиган эгилиш радиусини ҳамда кабел канализациясининг каналдан кабел чиқишида ёки канал ичига кабел киритишда кабел қобиғини мухофазалаш учун кесилган йўналтирувчи карнайлар (4.15-расм);



4.16-расм. Тортилувчи кабелга кабел пайпоғини улаш.

-кабелни тортиш учун кабел учига уловчи охирлаш ускунаси ва кабелни тортиш учун қўлланувчи кабел пайпоғи (4.16-расм);

Кабел ётқизилувчи канализациясининг унчалик катта бўлмаган участкаларда ётқизилувчи трассадаги биринчи қудуқдан бошланса, узунлиги бир километрдан ортиқ бўлган трассага эга бўлган участкаларда ёки кўплаб маротаба бурилишларга эга бўлган участкаларда эса одатда трасса участкасининг ўртасидан ёки кўплаб бурилишли жойлардан бошлаб тортиш бошланади, узунлиги 2000 метрдан ортиқ бўлган қурилиш узунликларидаги оптик кабелларни

полиэтилен қувурлар ичида ётқизилади. Оптик кабелларни телефон каналлизациясида ётқизилиши схемаси 4.17-расмда келтирилган.

Оптик кабел ўралган ғалтак қудуқ люкидан 1.5÷2.0 метр нарида ўрнатилади ва қудуқ люкига каналлизация каналига кабелни тўғри равишда киритиш учун люк томонига эгилиб буралган гофрланган қувур орқали киритилади. Трассанинг қарама-қарши томонидаги қудуқнинг люки орқали люкдан 2.....3 метр нарироқда охирловчи бураш механизми - лебедга ўрнатилади. Транзит, яъни трассанинг ораликларида жойлашган қудуқлар каналларига кирувчи ва чиқувчи томонида эса мухофазаловчи карнайлар ўрнатилади. Агар мухофазаловчи полиэтилен қувурлар қўлланиладиган бўлса, у ҳолда қўшимча равишда қарама-қарши томонга тортиб турувчи ускунадан фойдаланилади, ҳар бир бурилиш қудуқларида горизонтал тирговучлар ва кабел блоклари қўлланади.

Оптик кабелларни ётқизиш учун махсус ажратилган каналлардан фойдаланилади, бу каналлар телефон кабел каналлизация блокининг ўртасида вертикал бўйича жойлашган бўлиб горизонтал равишда эса каналлизация каналининг четида бўлиши керак. Телефон кабел каналлизацияси олдиндан ажратилган ва текширув назоратидан ўтган каналлар ичига кабел ётқизишдан аввал каналлар ичидан тортувчи тросс тортиб чиқарилган бўлиб, бу троссга кабел пайпоғи ичига ўрнатилган кабелнинг бир учи ҳамда улар орасида кабел канали ичида кабелни тортиш пайтида айланиб кетмаслиги учун айланмани мослаштирувчи компенсатор уланади.

Оптик кабелларни телефон кабел каналлизация канали ичидан кабелни тортиб олиш учун охирги қудуқ олдида ўрнатилган лебедкадан фойдаланади. Лебедкани айланиш жараёнида кабел силтанмаган ҳолда тортилиши лозим. Кабелни тортиш жараёнида ғалтакга ўралган кабел секин-асталик билан текис равишда айлантириб бўшатилади. Кабелни ғалтакдан бўшатишда лебедканинг силтаб тортиш кучидан фойдаланиш қаътиян маън этилади.

Агар лозим топиладиган бўлса транзит қудуқ ичида оптик кабелларни қўшимча равишда тортиш учун оралик лебедкалардан ёки қўл кучидан фойдаланилади.

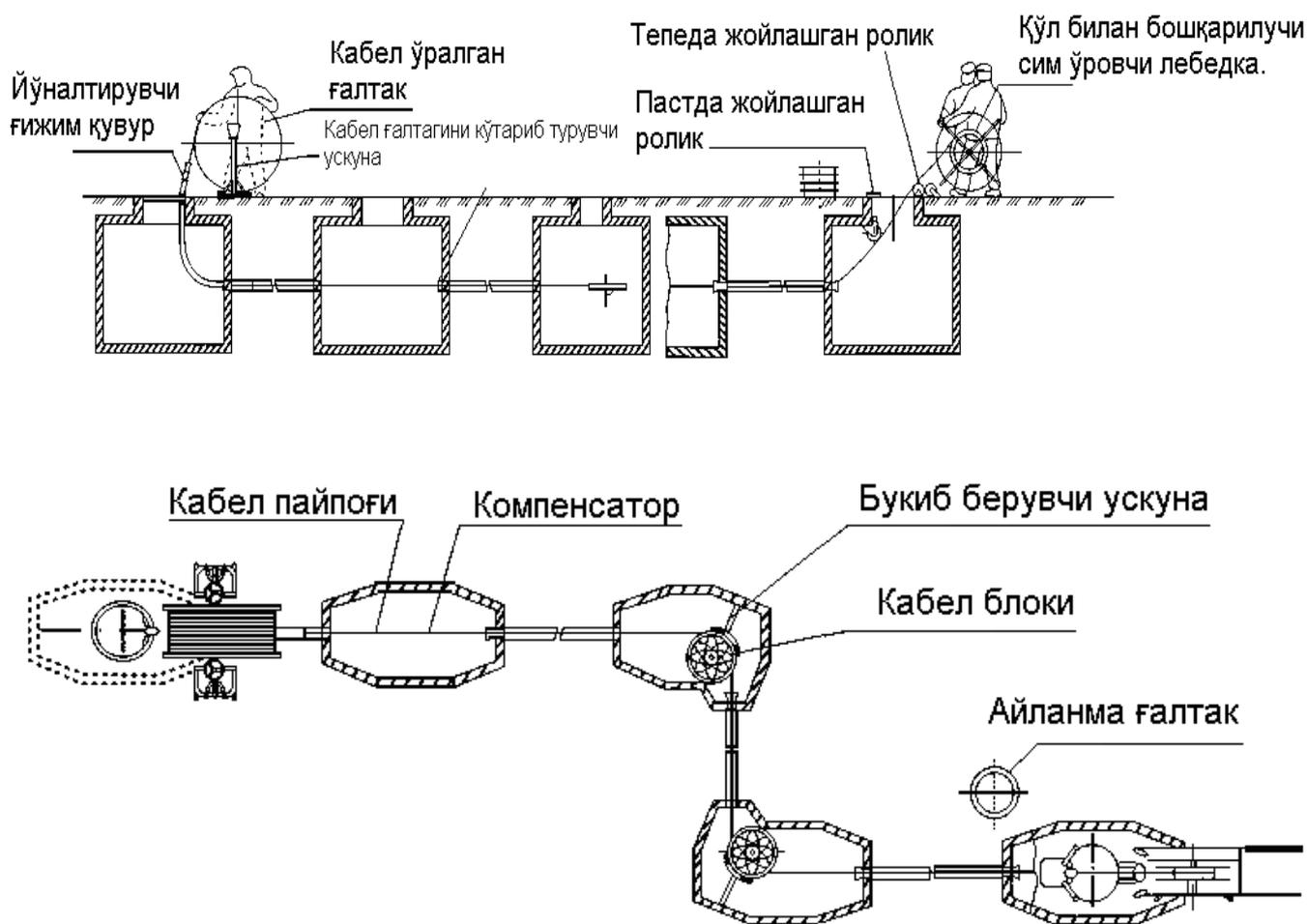
Трассанинг мураккаб участкаларида ва катта қурилиш узунлигига эга бўлган кабелларни ётқизишда трассанинг ўртасидаги қудуқдан ёки бурчакда жойлашган қудуқдан бошлаб икки томонга йўналтирилади ва ётқизиш ишлари олиб борилади. Бунинг учун аввал узун томондаги катта узунликдаги кабел ётқизилади, ундан сўнг эса кабел ғалтагига ўралган кабел ғалтакдан бўшатилади, кабелни бўшатилиш чоғида кабел ғалтаги ёнига “саккиз” кўринишда айлантириб бўшатилади ва ундан сўнг қарама-қарши томон йўналишда тортиб олинади.

Кабелни тортиш жараёнида ётқизилувчи кабел охирги қудуқдаги каналдан чиққандан сўнг торувчи лебедкани қудуқдан 20...25 метр масофага узайтириб борилади ва кабелни телефон каналлизация канали учидан тортиб чиқариб олиб лозим бўлган узунликда монтаж учун захира узунликдаги кабел қолдирилади.

Кабел телефон каналлизация ичида тортиб ётқизилгандан сўнг ётқизилувчи кабел секин-аста равишда тортиб текисланади ва кабел қудуғи ичидаги форма кўринишда айлантирилиб консолларга ётқизилади. Бундай ишларни кабел ётқизиладиган трассанинг ўртасидан бошлаб икки томон йўналишда олиб

борилади. Муфталар монтажи учун телефон кабел каналызация канали ичидан чакирилиб 8 метрдан кам бўлмаган узунликда захира узунлиги бўлиши керак. Муфта монтажи учун ётқизилган кабелнинг захира узунлиги икки томондан 5 метрдан ортиқ узунликда бўлиши керак. Оптик кабеллар телефон каналызациясига ётқизилиб қудуқлар ичидаги консолларга осилгандан сўнг қурилиш узунликлари учун оптик толаларнинг сўниш қийматини назоратловчи ишлар бажарилади ва ётқизилган кабеллар талаб этиладиган нормаларига тўғри келиши баҳоланади.

Қудуқ ичида монтаж ишлари учун қолдирилган захира узунлик кабелнинг ўрам диаметри 1000 миллиметрдан кам бўлмаган ҳолда айлантририлиб ўрам қилиб ўралади ва кабел каналызациясининг қудуқ ичидаги кронштейнларга осиб боғланади. Оптик кабелларнинг телефон кабел каналызацияга ётқизишда ханызацияни жойланиш схемаси 4.17-расмда келтирилган.



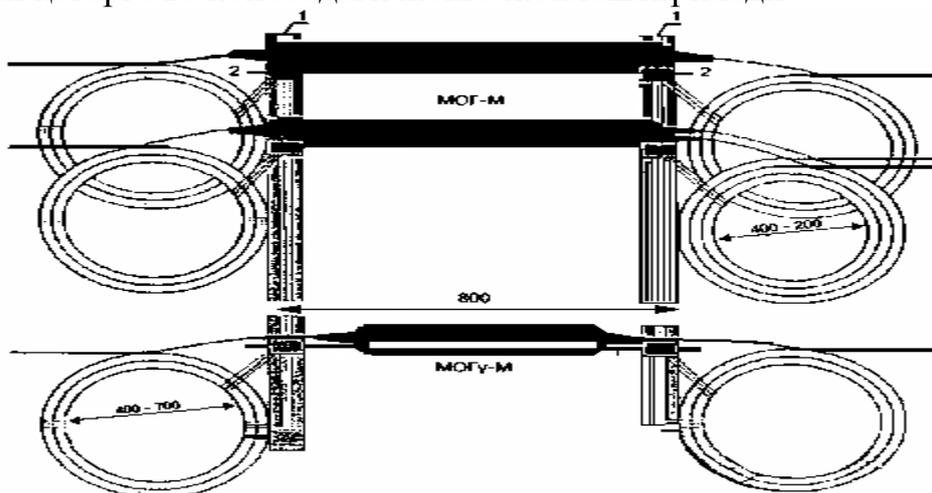
4.17-расм .Оптик кабелни кабел каналызацияси ичига ётқизишда механизмларни жойланиш схемаси.

Монтаж ишлари тугагандан сўнг монтаж қилинган муфта ёнида ҳамда ҳамма транзит қудуқлар ичида ётқизилган кабел қобиғи устига рақамлаштирилган халқа ёки белги қўйилади.

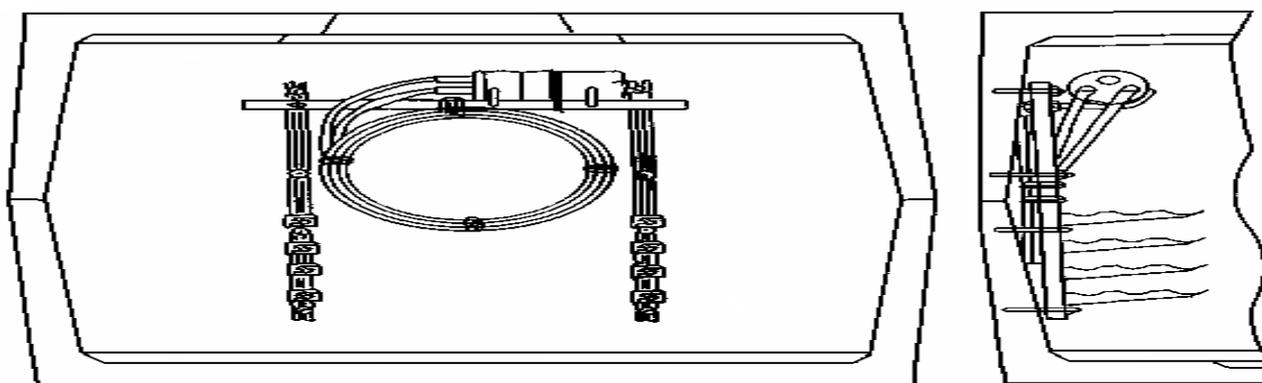
Қурилиш узунликлардаги оптик кабеллар бир-бири билан уланиш учун тўғри ёки бир томони берк бўлган турли хил конструктив тузилишга эга бўлган муфталардан фойдаланилади.

Лозим бўлган турдаги муфта қудуқ ичида жойланиш шароитига боғлиқ бўлиб, лойиха ҳужжатларида кўрсатилади 4.18 ва 4.19-расмларда кабел телефон канализация қудуқларида оптик муфталарни жойланиши кўрсатилган.

Оптик кабелларни коллектор ичида ётқизилгандан сўнг ғалтакга ўралган кабел коллектор ичига кирувчи люк олдига ўрнатилади ва шу ҳолда кабел тепа томондан ғалтакдан бўшатилиб коллектор ичига киритилади. Кабелни ётқизиш 3 та асосий операциядан иборат: кабелни кабел ғалтагидан бўшатиб олиш, коллектор ичига олиб юриб тортиш ишлари ва кабелни консол устига ётқизиш. Бунинг учун ғалтакдан бўшатирилган кабел люк орқали туширилади, коллектор ичига кабелни туширишда коллектор ичидаги ишчилар томонидан қабул қилиб олинади ва кабелни қўлда кўтарган ҳолда бутун коллектор узунлик бўйича олиб борилади ҳамда уни коллектор полига қўйилади. Бутун қурилиш узунлик бўшатиб коллектор полига ётқизилгандан сўнг кабелни лойиха бўйича кўрсатилган қаторга ва консолдаги жойга жойлаштирилади.



4.18-расм МОГ-М ва МОГy-М туридаги муфталарни кабел канализация қудуғи ичида ёки коллектор ичида жойланиши.



4.19-расм МТОК-96 ва МОГт-М туридаги бир томони берк муфталарни кабел канализация қудуғи ичида ёки коллектор ичида жойланиши.

#### 4.6. Оптик кабелларни осиш.

Оптик кабелларни осиш вариантлари бошқа қурилиш усулларидадан бир қанча авзалликларга эга:

- кабел ётқизилган ерни ажратмаслик ва бошқа ташкилотлар билан келишиш ишларининг бўлмаслиги;
- қурилиш муддатларини қисқартириш;
- шаҳардаги қурилиш районларида ва ишлаб чиқариш зоналарида шикастланиш эҳтимоллигини камайиши;
- мураккаб тупроқли ер худудларда эксплуатация жараёнларини камайиши.

Оптик-толали алоқа кабелларини осишда олдиндан ўрнатилган симёғочлардан фойдаланилади, бу эса кабел ётқизиладиган трассани олдиндан тайёрлаш ишлари талаб этилмайди, шунинг учун бундай технология ерга кабелни ётқизиш технологиясидан бир мунча осон ва содда. Оптик-толали алоқа кабелларни симёғочларга осишда кабелнинг толаларида ҳосил бўлувчи қўшимча бутн узунлик бўйича ҳосил бўладиган юклама 1,5% миқдорда чўзилиш бўйича кучланганликда кам бўлди.

Ҳозирги пайтда оптик кабелларни турли хил телекоммуникация ва электр тармоқларидаги сим ёғочларга осишда қуйидаги технологиялар кенг равишда қўлланмоқда:

- ўз-ўзини ушлаб турувчи оптик кабелларни осиш;
- тросс ичига ўрнатилган оптик кабелни осиш;
- ташқи ушлаб турувчи элементларга кабелларни маҳкамлаб осиш;
- оптик кабелни мухофазаловчи тросс ичига мослаштириб осиш;
- фаза симларига оптик кабелларни жойлаштириб осиш;

Бугунги кунда оптик кабелларни турли хил кучланишларга эга бўлган электр узатиш линия сим ёғочларига, контакт тармоқлар симёғочларига ва темир йўл транспортининг авто-блокировка симёғочларига ҳамда шаҳар ёритиш тармоқларининг, ердаги электр транспорти симёғочларига ва бошқа шунга ўхшаш симёғочларга осиш усули кенг равишда қўлланилади.

Оптик толали алоқа линия қурилиши учун кабелларни юқори волтли электр узатиш линиялари ва темир йўл транспорт симёғочларига осиш усулида фақатгина диэлектрик ўз-ўзини ушлаб турувчи оптик кабеллар қўлланади, чунки бундай кабеллар эксплуатация жараёнида бир мунча ҳарорат ўзгариши, шамол тезлиги, ёғингарчилик ва вибрация остида бўлади ва осилган кабеллар технологиясига бир мунча таъсир кўрсатади. Булар ичида энг катта таъсир кабел қобиғига механик таъсир кўрсатади ва у оптик кабелни чўзилишига, узилиш юкламасига таъсир кўрсатади, шунингдек оптик кабел трассасидага бурилиш бурчаклари ҳам анча таъсир кўрсатади. Оптик-толали кабелларни осиш технологияси кабелларни осиб-тортиш жараёнида кескин равишда юпқа қоплаган қобиғини шикастланишдан мухофазалашиши лозим, шикастланиш асосан трассада жойлашган турли хил предметларга ишқаланиши ҳисобига рўй беради. Кабелнинг ташқи мухофазаловчи қобиғининг шикастланиши ҳисобига айниқса шамол ҳисобига ва юқори намлик ҳамда муз парлари ҳисобига ҳосил бўлувчи қўшимча таъсир манбаларидан шикастланиш юкламаси ошиб боради. Агар

шикастланган қобик ичига қобик кирланиши таъсир этса, у ҳолда қуёш нури таъсирлари кир бўлиб қолган кабел қобиғининг исишига олиб келади, исиш ҳароратига кабел кўникмаган ванатижада кабелни тезда эскиришига олиб келади.

Кабел трассанинг бурилиш бурчаги ошиб борган сари оптик толали кабел ўзагининг деформациясига олиб келади ва у толада кучланиш қолдиғини ошиб кетишига сабаб бўлади, шунинг учун трассанинг рухсат этиладиган бурилиш бурчаги нормал ҳолда осилган кабел учун 30 градусдан кам бўлмаслиги керак.

Оптик толали алоқа кабелларни осииш учун олиб бориладиган қурилиш ишларидаги ҳарорат минус 10 градусдан кам бўлмаслиги лозим. Агар шароит тақозоси билан ҳарорат минус 10 градусдан кам бўладиган ҳолда қурилиш ишларини ҳамма эҳтиёткорлик чоралари кўрилиши лозим яъни кабелни осииш жараёни максимал эҳтиёткорлик билан олиб борилади ва кабел ғалтакларини иситиш чораларини сақлаган ҳолда фақатгина тўғри линия участкаларида кабелни осииш мумкин.

Оптик толали кабелларни осиишда асосий моментлардан бири осииш технология усулларини тўғри равишда танлаш ҳисобланади.

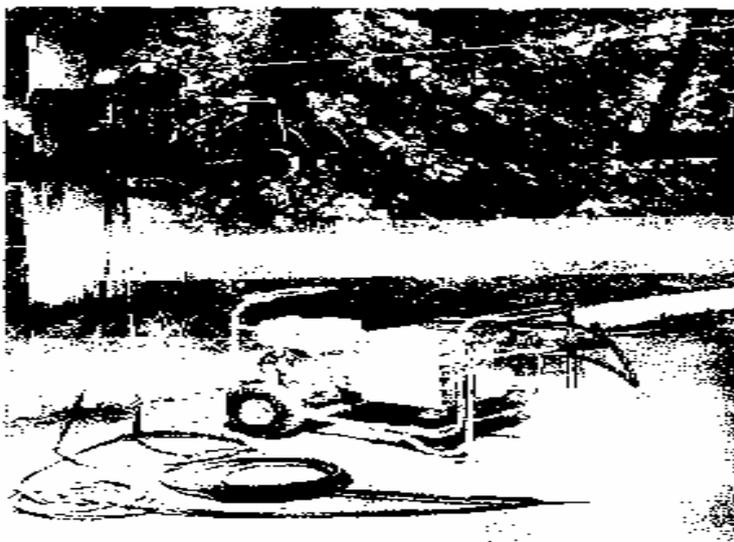
Технология усулларининг стандарт комплекси ўз ичига қуйидагиларни олади:

- тортиш кучини созланган ҳолда ушлаб турувчи лебедка (3.1-расм);
- тўхташ қурилмасига эга бўлган кабел домкрати (3.2-расм);
- диэлектрик тросс (3.3-расм);
- махсус ғалтак (3.5-расм);
- транзит ва охирловчи кабел пайпоқлари (3.6-расм);
- айланиб кетиш олдини олувчи компенсатор (3.7-расм);
- катта ва кичик монтаж роликлар жанланмаси (3.8-расм);
- динанометр.

Оптик кабелларни осииш жараёнида лебедка тортилувчи кабел кучини бир текисда бўлишини ва аста-секин созланган бўлишини таъминлаб беради. Тортиш кучини энг юқори чегарасида тортувчи лебедка тури осилган оптик кабелнинг механик параметрларининг асосида симёғочлар орасидаги максимал оралик узунликлари учун лойиха асосида танланади.

50....110 метр бўлган ўрта узунликдаги ораликлар учун максимал тортиш кучи 100 килограмгача бўлган лебедка бўлиб ҳисобланади ва бу лебедкани 40 м/мин бўлган механик тезликда тортиш мумкин.

Оптик кабелларни осиишда қўлланувчи кабел домкратлари албатта тўхташ қурилмаларга эга бўлиши керак. Бундай тўхтатиш қурилмалари оптик-толали кабелларнинг турли томонга айланиб кетишга йўл қўймайди ва у ўз навбатида бир хил тезликда бўлишини таъминлаб беради.



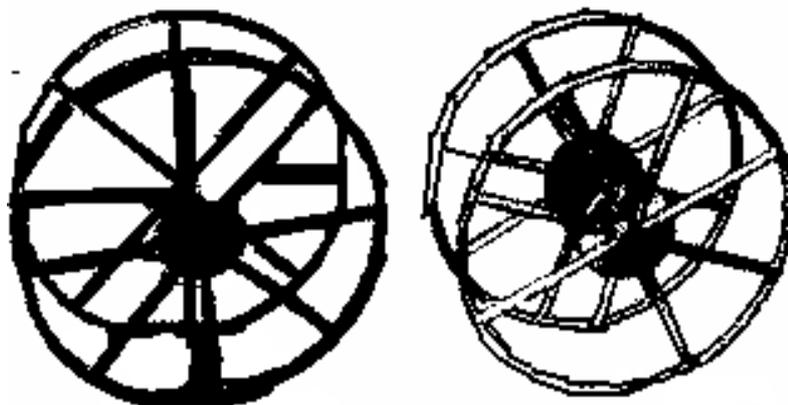
4.20 -расм Турли хил гидромотоледка турлари.

Диэлектрик тросс ёки лидер-тросс вазифаси учун (4.20-расм) кабелларни осийда мураккаб тузилишга эга бўлган махсус диэлектрик тросс бажаради, у мустахкам физик хусусиятга, кичк чўзилиш коэффициентига ва кичик айланиш коэффициентига эга бўлиши лозим. Диэлектрик тросснинг ташқи юзаси полиэтилен қопламга эга бўлиб, у ўз навбатида кучли ва чидамбардош бўлиши керак. Тросс-лидер ёки диэлектрик тросс стандарт 1000м ёки 500м узунликда бўлиб, махсус улагич комплеклари кабелнинг қурилиш узунлигига тўғри келиши лозим. 3.3-расм ЛСИ-20 туридаги тросс лидер. Диэлектрик тросснинг стандарт узунлиги битта қурилиш узунлигидаги оптик-толали кабелдан ортиқ бўлиши лозим. Стандарт узунликдаги диэлектрик троссларни бир-бири билан улаш учун 4.21-расмда келтирилган улагичлардан фойдаланилади.



4.21-расм. ЛСИ-16 тузилишдаги тросс лидер улагичи.

Диэлектрик троссни ёки тросс-лидерни ўраш учун махсус ғалтаклар қўлланади улар 4.22-расмда кўрсатилган.



4.22.-расм. ЛСИ-11 ва ЛСИ-12 туридаги ғалтақлар.

Осилувчи оптик кабелни диэлектрик тросс билан уланиш 4.23-расмда кўрсатилган пўлатдан таёрланган кабел пайпоғи ёрдамида бажарилади.



4.23-расм. Кабел пайпоғи.

Оптик-толали кабелларни кабел ғалтагидан бўшатишда кескин равишда ҳосили бўлувчи турли силтаниш юкламалари осилувчи кабелни узиб юбориши мумкин, шунинг учун турли хил юкламалардан мухофаза этиш мақсадида махсус айланма компенсаторлар (мослаштиргичлар) қўлланади (5.25- расм).



4.24- расм. ЛСИ-15 туридаги айланма компенсатор. (мослаштиргичлари).

Бундай айланма компенсаторлар кабел пайпоғи ва тросс лидер оралиғига уланади. Ўзини ушлаб турувчи оптик толали кабелларни осилиш учун кенг равишда икки турдаги роликлар қўлланади:

-ташқи диаметри 200 мм ва ички диаметри 138 мм бўлган кичик турдаги роликлар тўғри йўналиш участкаларда қўлланади;

-ташқи диаметри 676мм ва ички диаметри 604мм бўлган катта турдаги роликлар чизикли йўналишида, ҳамда тўғри йўналишдан 20 марта катта бўлган бурилишлардан иборат бўлган трассаларда қўлланади (4.25-расм).



4.25 -расм. Монтаж роликлари.

Бундай технологик роликлар кичик ишқаланиш коэффициентига эга бўлиб, конструктив тузулиши бўйича симёғочларга ўрнатилган кронштейнларга осилади.

Оптик-толали алоқа кабелларни симёғочларга осилган ҳолатда қуйидаги шарт бажарилиши керак: осилувчи тиргак ёки симёғочнинг ушлаб туриш хусусияти етарли бўлиши, оптик кабелни осилган билан боғлиқ бўлган ҳар қандай қўшимча юкларни қўтариши билан бирга осилган линияга кўрсатилувчи техник хизматларни бажариш учун техник хизматчиларга ҳеч қандай халақит ва тўсиқлар кўрсатмайдиган бўлиши керак.

Оптик кабелларни осилган ҳолатидаги жойланиши уни нормал шароитда хизмат кўрсатиш имконини яратиб бермоғи лозим.

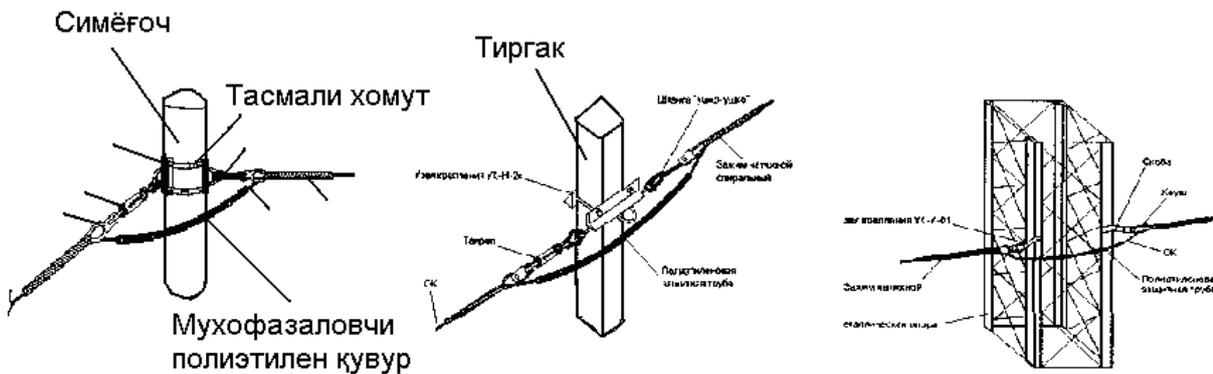
Ҳозирги пайтда оптик кабелларни осилган технологияси иккита босқичдан иборат:

биринчи босқич - тайёргарлик жараёни бўлиб, у ўз ичига умумий қурилиш ишларини, дефектли ва шикастланган симёғочларни алмаштириш, қўшимча симёғочлар ўрнатиш, осилдиган оптик кабелларнинг турларига қараб осилган учун махсус қўлланувчи кронштейнларни, захира узунликдаги кабелларни ва оптик муфтларни, маҳкамловчи кронштейнларни ва анкер тугунларини тайёрлаб қўйишдан иборат;

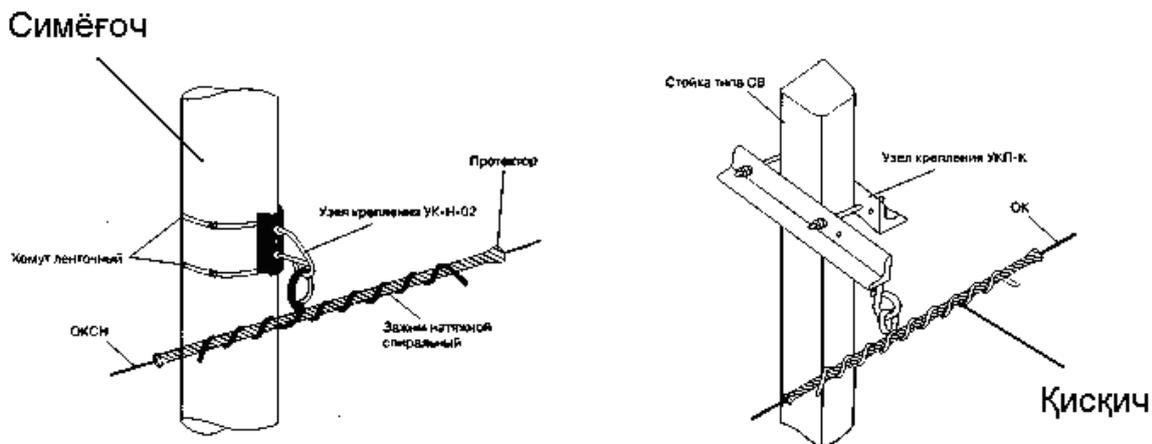
иккинчи босқич – оптик кабелларни осилган ишлари билан боғлиқ бўлиб, у ўз ичига симёғочларга кронштейнларни маҳкамлаш, кабелларни осилган ва симёғочларга маҳкамланган кронштейнларга кабелларни тросс-лидер ёрдамида тортиш учун технологик роликларни маҳкамлаб ўрнатиш, кабелни маҳкамлаш, осилишдан олдин қолган захира узунликдаги кабелларни маҳкамлашдан иборат, бу ишларни бажариб бўлгандан сўнг осилиб тортилган оптик кабелни тросс қурилмаларига улаш, оптик-толали алоқа линия параметрларини ўлчаш ва оптик тизимнинг пассив қисмини паспортлашнинг тайёрлашдан иборат.

Оптик кабелларни симёғочларга осилган билан боғлиқ бўлган ишлар бугунги кунда ўрнатилган нормалар ҳамда лойихада кўрсатилган техник шартлар асосида бажарилиши керак.

Оптик кабелларни ғалтакдан бўшатиб ёйиб чиқишдан аввал симёғочларга тортувчи ва тортилувчи қурилмаларни маҳкамлаш учун ва қисқичларни (зажимларни)ушлаб туриш учун кронштейнлар ўрнатилади, кронштейнларнинг турлари эксплуатация жараёнида аниқлаб ҳисоблаб чиқилади. 4.26 ва 4.27-расмда турли тортиш ва маҳкамлаб ушлаб туришини таъминлаб берувчи арматуралар кўрсатилган.



4.26-расм. Турли хил турдаги симёғочларга ўз-ўзини ушлаб турувчи оптик кабелни тортиб маҳкамлаш ҳолати.

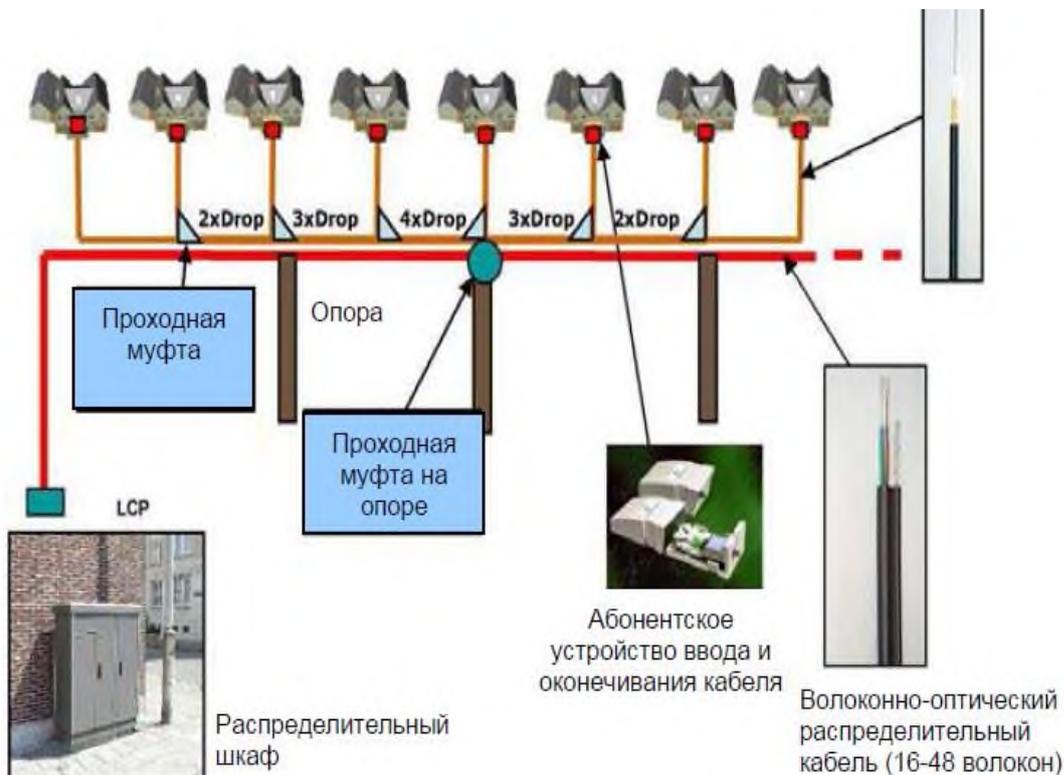


4.27-расм. Турли хил симёғочларда ўз-ўзини ушлаб турувчи оптик кабелни маҳкам ушлаб турувчи ҳолати.

Бу расмда кўрсатилган арматуралар шаҳар электрлаштирилган транспортда,шаҳар ёруғлаштириш тармоқларида ва 35 кВ бўлган электр узатиш линияларида қўлланилади.

Симёғочларга ўрнатилган кронштейнларга монтаж учун (ёйувчи) роликлар осилади. Монтаж қилинадиган участканинг охириги симёғочига эса бурилиш бурчаги 10° дан ортиқ бўлган бўлиниш жой ларда ва тўғри чизиқли йўналишлардан турли томонга ажралиб кетувчи жойларда диаметри 600 мм

бўлган роликлар ўрнатилса, бурчақда ўрнатилган симёғочларга ва бурилиш бурчаги 30° дан ортиқ бўлган бурчақли симёғочларга эса бирлаштирилган иккиталик роликлар ўрнатилади.



4.28 –расм. Типичные изделия, применяемые для строительства воздушной волоконно-оптической линии связи

Ғалтакга ўралган оптик кабел ва тортувчи лебедка кабел осиладиган участканинг охириги чегаравий симёғочнинг учидан ергача бўлган масофадан уч марта узун бўлган бўлиб, унга ёйилувчи ролик ўрнатилади ва у ер билан уланиши керак.

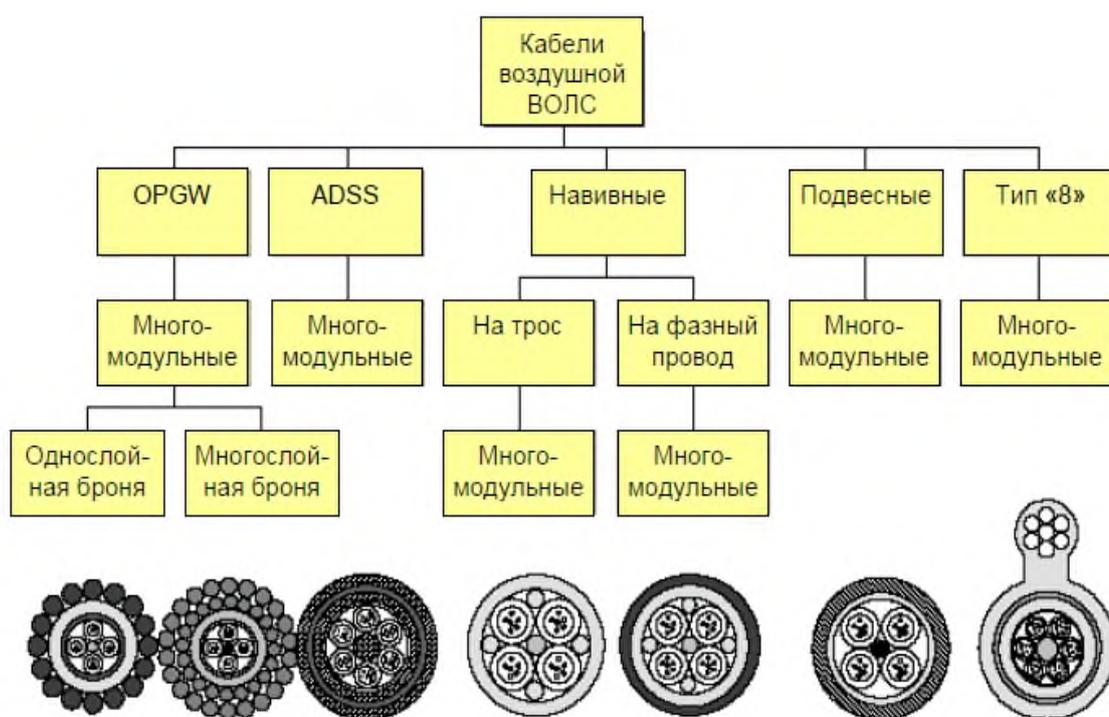
Тросс-лидер ўралган ғалтакдаги лебедка бўшатилади ва ҳар бир симёғочга бўшатувчи усти берк бўлган оралик орқали бўшатувчи роликлар ёрдамида

#### 4.7. Оптик-толали алоқа линиясининг дистанцион назорати ва мониторинги

Оптик-толали алоқа линиясининг интенсив равишда ривожланиши ва унинг эксплуатациянинг асоси мақсади тизимни носоз ҳолда ишлашини баргараф этиш, деградация ҳолатларини олдиндан башорат эта олиш, тармоқнинг рухсат этилмаган жойларга кириш имкониятини фактларини аниқлашдан иборат. Бундай масалаларни ечиш фақатгина оптик кабелларнинг мониторинг (дистанцион) тизими ёрдамида бажариш мумкин бўлиб, у тармоқ бўйлаб назорат-ўлчов воситаларини тақсимлаш, дастурлар билан таъминланган кўринишдан иборат. Дастурий таъминланганлик ёрдамида назорат натижаларини таҳлил қилиб, уларнинг натижаларини оптик-толали алоқа линия схемасига боғлаш билан

бирга, оптик-толали алоқа линия назорат натижаларининг маълумотлар базасини яратиш мумкин.

Бу ерда назорат ўлчов воситалари оптик-толаларни тестловчи коммутатор ва импульсли рефлектометрларнинг оптик вақти кўринишда бўлиб, унинг ёрдамида оптик-толали кабелнинг толаларини тестдан ўтказиш мумкин. Бунинг учун аввал захирадаги оптик тола тестдан ўтказилади ва унинг натижалари бўйича оптик-тола кабелнинг тузуклик ҳолатини баҳолаш мумкин. Ундан сунг эса ишчи оптик толалар тестдан ўтказилади. Бунинг учун маълумотлар узатуви учун қўлланилаётган тўлқин узунлигидан бошқа тўлқин узунлик қўлланилади. Қабул қилгич томонда эса узатилган тўлқин узунликлар бир-бирдан ажратиб бўлинади. Бундай усулни назоратловчи кабелнинг ҳамма оптик-толалари учун қўллаш мумкин.



4.29- расм. Типы кабелей воздушной ВОЛС

Тест натижалари махсус дастурий таъминот ёрдамида таҳлил қилинади ва ўз навбатида ўрнатилган норма чегараларидан фаркланиши аниқланади, оптик толали алоқа линия сифатининг бузулиши фактлари фиксация қилинади ва йиғилиб борган статистик маълумотлар ёрдамида оптик-толанинг дегредация ҳолат даражалари аниқланади.

Ҳозирги пайтда кўрсатиб ўтилган оптик толали алоқа линиянинг мониторинг усули Acterna, Agint, EXFO га Nettek компанияларидаги бир қанча мониторинг тизимларида қўлланилмоқда. Қуйида оптик-толаларининг мониторинг тизими Сайрус Системс компаниясининг AMFICOM комплекс таркибига киритилган бўлиб, унинг ёрдамида рефлектограмма таҳлил усули ҳисобига оптик толанинг маълум бир сабабларини аниқлаган ҳолда уларнинг ривожланишини башорат қилиш ва киришга рухсат этилмаган имконият жойларини аниқлаш мумкин.

## **Оптик толали алоқа линиянинг асосий мониторинг вазифалари.**

Оптик толали алоқа линиянинг мониторинг тизими кенг маънода оптик толали алоқа линияни лойihalаштириш қурилиш ва эксплуатация масалаларини ечиш учун қўлланиб, у ёрдамида қуйидаги имкониятлар ҳосил бўлади:

- оптик толали алоқа линия параметрларини ўрнатилган тартибдаги нормаларга келтириш, параметрлар ишончлилигини ошириш ва параметрлар маълумотини тезда назорат қилиш;

- оптик толали алоқа линия параметрларини оддий оптик кабел назорат усулига қараган параметрлар ўзгариш вақтини аниқлашни бир мунча қисқартириш мумкин:

- оптик толанинг аниқланган жойларини оптик толали алоқа линия схемасига, географик картага боғлаш ҳисобига уларга хизмат кўрсатиш бир мунча енгилаштиради:

- оптик кабелга механик таъсир фактларини аниқлаш ҳисобига вандализм ва рухсат этилмаган жойларга кириш имконияти бўлган фактларни бартараф этиш мумкин:

- тармоқда носозлик бўлишлигини олдиндан башорат қилишни назорат натижаларини таҳлил қилиш ва систематик равишда йиғиб бориш ҳисобига эришиш мумкин:

- тармоқдаги кабелларнинг тадқиқот ишларини бажариш фақатгина битта квалификацияланган мутахассис томонидан олиб бориш, бу эса жуда ҳам катта тармоқ ҳудудида хизмат кўрсатиш самарадорлигини оширади:

- тармоқ участкаларига хизмат кўрсатиш учун лозим бўлган ускуна ва жиҳозларни бир ҳил таркибга келтириш йўли билан жиҳозлар мажмуини қисқартириш мумкин.

Келтирилган тўлиқ равишдаги масалалар мажмуини ечишда энг самара бериш фақатгина оптик кабелларнинг мониторинг тизими ёрдамида эришиш мумкин бўлиб, унинг ёрдамида тармоқ архитектурасини оптимизациялаштириш ва топология ечимларини ҳал қилиш мумкин, бу эса оптик-толали алоқа линиянинг математик моделлаштириш талаб этилади ва унда тестдан ўтказиш, қайта ишлаш ва олинган натижаларни таҳлил қилишда энг замонавий усулларни қўллаш керак бўлади.

## **АМФИКОМ мониторингининг автоматлаштирилган комплекси.Комплекс архитектураси.**

Ўзаро таъсир тизимини ташкил этиш учун АМФИКОМ комплекси СОБРА стандарти ҳисобига олган ҳолда бажарилган бўлиб, у комплекснинг тақсимлаган объектлари орасида мижоз-сервер архитектураси асосида турли ҳудудлардаги объектларни ўзаро боғланган, имкониятини яратиб беради. Ушбу комплекс тармоқ маълумотлар базасини бошқариш Oracle ва махсулаштирилган қўшимча дастурий таъминот қўлланилган бўлиб, у Java (мижоз ва сервер) платформаси асосида бажарилган.

Оптик кабелнинг мониторинг тизим архитектурсининг таянч компонентлари кўйидагилар:

-сервер (PC ОС VNIХ билан, Linux ёки Windows NT) Oracle СУБД билан;

-тизим операторларининг ишчи ўрни (PC мижоз Windows бошқаруви остида);

-узокда жойлашган жойлар (PC ёки Web-мижоз, Windows бошқаруви остида); -узокда жойлашган оптик-толали алоқа линияни тестдан ўтказувчи назорат ўлчов воситаси.

COBRA техналогиясини қўллаш ҳисобига маълум бир конкрет жихоздан қутилиш имконини беради ва бу билан тизим элементлари орасида бир-бирига боғлиқ бўлмаган аппаратлар учун шавофор ўзаро таъсир мухитини яратиб беради. Бу эса ўз навбатида нафақат оптик толанинг бутунлигини мониторингдан ўтказиш билан бирга толанинг бошқа тавсилотларини ҳам мониторингдан ўтказиши. Бунинг учун назорат ўлчов тизими ва COBRA агент адаптерлари учун ташкил этилади. Назорат ўлчов тизим адаптер нистандарт имконият интерфейсидан иборат бўлиб унинг ёрдамида назорат ўлчови тизими билан лозим бўлган ўзаро боғланганликни ташкил этиб беради. COBRA агент адаптери эса назорат ўлчов тизим адаптерларини ва сервер оралиғда боғловчи вазифасини бажаради. Бу ерда агент сервер билан боғланади ва узок жойда жойлашган COBRA объектдан чакирув ёрдамида тест борлигини текширади шунингдек у тестларини хотирада сақлайди ва уларни бажарган вақти бўйича тақсимлаб чиқади. Тест ўтказиш жараёнидан аввал назорат ўлчов восита адаптерига ишлаш учун команда берилади ва тест ўтказилгандан сўнг олинган натижалар адаптер назорат ўлчов восита агентига юборилади, у эса ўз навбатида узок масофада жойлашган COBRA объект чакирув усули ёрдамида серверга қайтариб юборилади. Бундай ўзаро боғланганлик ёрдамида топшириқ-вазифа логикасини тўлиқ равишда ажратиб юбориш имкониятини яратиб беради ва турли ҳил назорат ўлчов воситасида бажарилган ишлар натижалари тест ишларини бажарилаганини билдиради.

СУБД Oracle қўлланилиши биринчи навбатда жуда ҳам кўплаб бир вақтда ишлайдиган фойдаланувчиларга самарали хазмат кўрсатиши мумкин, аммо комплексларнинг ишлаб чиқариш ҳолатини фойдаланувчилар сони ошгани учун анча камайиб боради. Сервер ўзи лозим бўлган ҳамма блокировкаларни таъминлаб беради ва улар маълумотларини сақлаш учун эътибога олинади. Бундан ташқари Oracle серверининг унверсаллиги ҳисобига ҳар қандай ечилувчи масалани комплексини мослашиб қилиб беради.

Биринчи навбатда Java платформасини танлаш шахсий компьютер тизимида изоляцияловчи кросс-платформа қўшимчаларига боғлиқ. Бундай ечимлар AMFICOM ни келажак қўшимчалар киритишни тезлаштириш имконини беради.

Назоратловчи ўлчов тизими юқорида қайд этиб ўтилган ОВИР асосида бўлиб, у ўз ичига битта ёки бир нечта назоратловчи дистанцион модулларга эга, бўдан ташқари у оптик-толаларни тестдан ўтказувчи бир нечта коммутаторлардан иборат. Улар оптик-толаларни дистанцион назоратловчи модулларга лозим бўлган портлардан ташкил топган. Бундан ташқари қўл билан бошқарилувчи

ҳамма имкониятлар учун назорат ўлчов воситалари функциялар ўз ичига локал имконият модулини олади. Тизимга киришнинг бошқа воситаси бўлиб, дистанцион жойлашган модул ҳисобланиб, у РС ёки Web- мижоз кўринишда бўлиб тармоқнинг ҳар қандай нуқтасида тизимга дистанцион кириш имконияти бор.

Оптик-толаларни тестловчи коммутатор кабел тармоғини самарали равишда ёпиши мумкин бўлиб, уларнинг тугунлар ичида жойлаштириш мумкин. Битта дистанцион назоратловчи модул кўп тугунли тармоқни мониторингдан ўтказиши мумкин. Оптик толаларни тестдан ўтказувчи коммутатор бошқаруви дистанцион назорат модулидан дистанцион равишда TL-1 протоколи (Bellcore) бўйича олиб борилади, бу билан эса турли ишлаб чиқарувчи корхоналарнинг оптик-толалари тестдан ўтказувчи коммутаторини қўллаш мумкин.

### **Тизим конфигурацияси.**

Оптик-толали алоқа линия мониторинги учун оптик кабелларининг мониторинг тизими конфигурациялашнинг асосий факторлари қуйидагиларга аниқланади:

- тармоқнинг келажак хусусияти архитектураси ва топологияси;
- оптик-толали алоқа линия параметрлари;
- тармоқни бошқариш тузилмаси;
- қўлланивчи алоқа кўринишлари.

Оптик кабелларнинг мониторинг тизим адаптациясини оптик-толали алоқа кабелларнинг кўп сонли конфигурацияси учун назорат-ўлчов воситаларининг параметрларини аниқлаш учун мониторинг тармоқ архитектурасини оптимизациялаш керак ва оптик кабел мониторинг тизим компонентлари орасида алоқа ташкил этиш усулини турли каналлар бўйлаб аниқлаш керак. Шундан сўнг эса AMFICOM да ташкил этиш учун алоқа каналларини танлаш керак:

- умумий фойдаланувдаги телефон тармоқлари бўйлаб;
- X.25 тармоғи орқали V.11 интерфейс протоколи бўлаб;
- WAN/LAN тармоғи орқали TCP/IP протоколи бўйлаб;

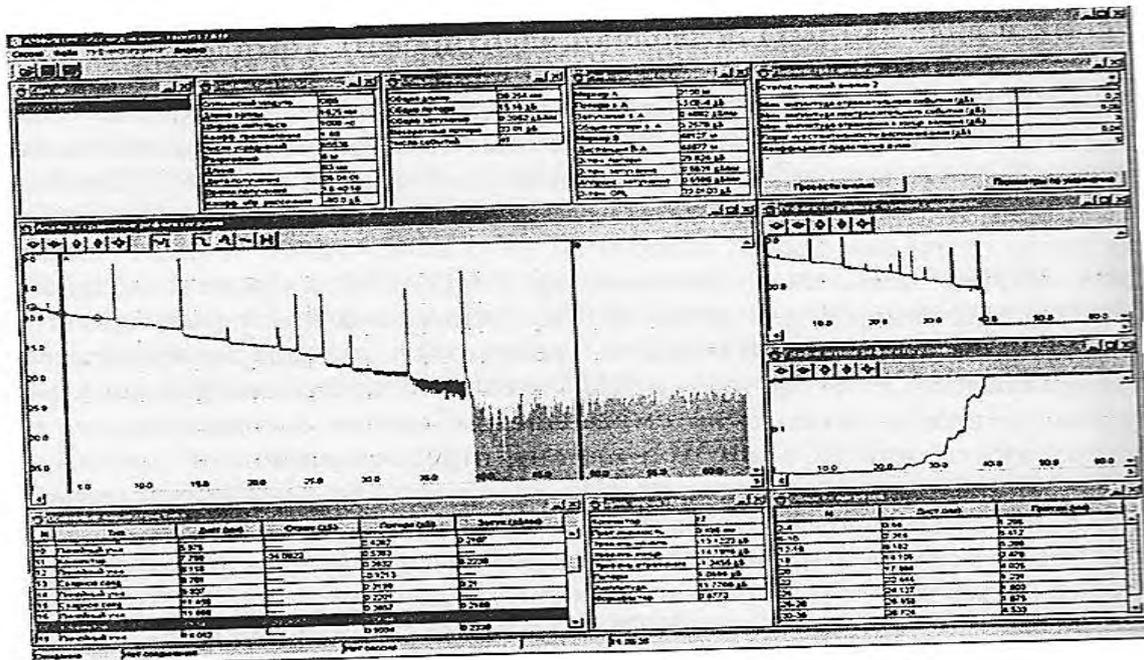
Алоқа каналларининг жуда ҳам кўплаб танлов техник ечимларга катта мослашув техник яратиб беради.

### **Тизимнинг функционал хусусиятлари.**

Кўриб чиқилган оптик кабелларнинг мониторинг тизими ёрдамида оптик-толали алоқа линияларини тестдан ўтказиш ишларини дистанцион равишда бошқариш билан бирга, улардан моделлаштириш, оптимизациялаштириш, картографикациялаш, бошқариш ва тармоқ ҳужжатларини мониторинглаш ва функциясини бажариш учун фойдаланиш мумкин.

Рефлектограмма тахлилининг хусусиятларини кенг равишда аниқлаш ва у ёрдамида сўниш қийматининг йўқотувчанлигини, акс қайтишни ва масофани жуда ҳам аниқликда ҳоҳ автоматик равишда, ҳоҳ ярим автоматик режимда қўл билан бажариш режимларида бажарилади.

Вазиятларнинг бажарилиш хусусияти топшириқ вазифаси асосида бажарилиб йўқотувчанлик ва акс қайтиш параметрларини бир-биридан фарқланиши толанинг узилган жойини ва тола учини аниқлаш жуда кенг, юқори аниқликда аниқлаш мумкин. Ўлчов натижалари график ёки жадвал кўринишда кўришимиз мумкин. (4.30-расм)



4.30-расм «Амфитон» оптик кабел мониторинг тизимининг информацион экран кўриниши.

Оптик кабел мониторинг тизимидаги оптик-толали алоқа линия трассасини тузлиш кўриниш функциясидаги географик карта бўйича ва оптик-тола параметрларининг ўзгариш жойини визуал кўриниш ҳисобига географик картадаги масофалар қийматларини маркерлар орасидаги масофани аниқлаш имкони оптик ўлчов усули ёрдамида бажарилади.

Оптик кабелларнинг мониторинг тизимида оптик-толали алоқа линиянинг моделлаштириш функциясини киритилиши ҳисобига оптик тавсилотларни ҳисоблаш имконини теоретик рефлектограммасини тузиш имконини беради ва шу йўл билан лойihalаштирилган тармоқ натижаларини тестлаш натижалари билан солиштириш имкони беради. Бу эса келажак тармоқни лойihalаштириш ишларини анча енгиллаштиради.

### Администрациялаштириш (бошқариш) ва ҳужжатлаштириш.

Йиғиб-олинган маълумотларни ва конфигурацияни ҳужжатлаштиришда, кабел хақидаги маълумотларни сақлаш ва кўрилиш жараёнини назоратлаштириш ҳамда тармоқни ривожлантиришни ҳужжатлаштириш мақсадида оптик кабеллар мониторинг тизимида ишчи дарчаларига эга бўлган график интерфейс қўлланади. Конфигурацияни редакциялаш ва яратиш учун «Окно схемы» (схема дарчаси)

дан фойдаланилади. Шу мақсадда бу дарча ёрдамида фойдаланувчи тизимнинг бошқа функцияларини активлаштириш мумкин ёки тармоқ тузилишини кўшимча янги тармоқ элементларини қўшиш ҳисобига эришиш мумкин.

Оптик толали узатиш тизимини ва тармоқ мониторингини (кабеллар, тугунлар, қурилмалар ва уларнинг портлари) кўриб туриш учун жойнинг географик картасида «Окно топологи» (топология дарчаси) хизмат кўрсатади. Бу дарчада оддий равишда тармоқхудудини танлаш ва фильтрация параметрларини киритиш имкони ҳисобига тезда тугунларини ва бошқа компонентларни ҳамда уларга тўғри келувчи боғланишларни тезда топиш имконини беради ва бу билан тестланувчи алоқа линиянинг бошланғичидан то охириг портга қадар ўтиш имконини беради. Фойдаланувчи танланган тола бўйлаб бутун трассани виртуал равишда ҳаракатланиб туриб, ҳар бир тола ҳақидаги тўлиқ маълумотларни ва улар ҳақидаги авзалликларни кўриб туриши мумкин. Бу дарчада шунингдек экранда танланган толанинг рефлектограммасини кўриш мумкин. Бундай пайтда дарчада кўриниб турган оптик участка тасвири рефлекторграммадаги ҳаракатланувчи маркер ҳолатларига тўғри келади.

Тармоқ элементларига таълуқли бўлган район, тугун, стойка, секция, ускуна ва порт (бундай ҳолатда топологик ва логик иерархияга ўтиши ташкил этилган бўлиши мумкин) ларни редакторлаштиришда ва яратишда «Окно компонентов» (компонентлар дарчаси) қўлланади. Ушбу дарча линия ускуналарига таълуқли бўлган муфтлар, линия кросслари, регенераторларни ҳам кўриш мумкин. Ускуналар билан стойкаларни тўлдириш жараёни олдиндан тайёрланган шаблон билан бажарилиб, унда турли хил ранглар ёрдамида ускуналар туркуми белгиланади. Ҳар бир ускуналарнинг портлари ҳақидаги тўлиқ маълумотлар «Окно портов» (Портлар дарчаси)да келтирилган бўлиб, унга каналнинг интерфейснинг, кабелнинг, толанинг сўниш каби тавсилотлари ҳақидаги маълумотлар киритилади.

Оптик кроссда боғланувчи кабелларнинг бир-бири билан боғланиши тавсилотларини фойдаланувчи махсус «Соединительные кабели» (боғловчи кабеллар) дарчаси кўзда тутилган бўлиб ундаги маълум бир портларида уланиш учун «Окно кабелей» (кабеллар дарчаси) хизмат кўрсатади. Шунингдек бу дарчага сигнаметрларнинг, охириги пунктлар, толалар тартиб рақами (ранги) номлари ҳам киритилган ва у қуйидаги номларга эга: бўш, актив, шикастланган, захиралаштирилган ва х. к. з. Ушбу дарча билан «Окна сварок» (пайвандланиш дарчаси) кенг равишда боғланган бўлиб, у ўз навбатида толаларнинг бир-бири билан пайвандлаб уланган жойларини назорат қилиб тушуриш мумкин. Бундай текширилишда ҳар бир пайвандлаб уланган толани яқин ва узоқ охири томонлари бўйича назоратланиб турилади. Ушбу дарчада келтирилган маълумотлар пайвандловчи бригада учун маълум бир инструкция вазифасини бажаради.

Ажратилган каналлар билан ишлаш ва ундаги маълумотларни рўйхатга олиш ҳамда бундай маълумотларни сақлаш учун махсус «Окно иерархии информационных потоков» (информацион оқимларнинг иерархик дарчаси) кўзда тутилган бўлиб, унда оптик толани узатиш тизими бўйлаб утувчи информацион каналлар ёзилиб боради.

Юқорида кўриб чиқилган дарчалардан ташқари тизим рефлектограммалар тахлили қилиш билан бирга уларни кузатиш ҳам мумкин. Рефлекторграммаларни кузатиш олдиндан тайёрланган шаблон бўйича бажарилади ва экранда кўрсатилиши, оқ қоғозга босилган ҳолда ёки маълумотларни қаттиқ дискда олиш мумкин. Оптик кабелларнинг мониторинг тизими бошқа авзаликларга ҳам эга, булар олинган маълумотларни тахрирлаш имкони, парол ёрдамида маълумотларни муҳофаза этиш мумкин. Шунингдек бу тизим диалог дарчасига эга бўлиб оптик компонентлар ҳақидаги тўлиқ маълумотларни келажакда алоқа тизимини лойихалаштиришда, кабелларни ётқизишда ва оптик толали кабелларни қайта тиклаш жараёнида олдиндан олинган маълумотларни қўллаш мумкин. Маълум бир манзилгоҳ билан алоқани боғлаш учун ва кўрилатган тармоқ участка компонентларининг тавсилотларини аниқлаш учун тармоқ фойдаланувчиси керак бўладиган тармоқ нуқтасини ёритиб бериши мумкин. Бунинг учун фойдаланувчи стандарт идентификаторларини адрес учун телефон рақами учун фойдаланиши мумкин ёки унинг географик харитасида тўғридан-тўғри равишда кўрсатиш мумкин.

### **Методологик мониторинг.**

Оптик кабелнинг методологик мониторинги биринчи навбатда оптик толали узатиш тизимига оптик кабелларнинг мониторинг тизимини киритиш бошқичидан аниқланиб боради. Мисол учун тармоқ қурилиши жараёнида қурилиш ишларини бажарувчи бригада қўйилан талаблар бўйича портатив компьютерни қўлланган ҳолда Интернет тармоғи орқали оптик кабелларни мониторинг тизимига уланиб кириш мумкин. Бундай ҳолатда тармоқ фойдаланувчисини ўзига лозим бўлган участка маълумотлари базасига киради, ундан сўнг бу участкани текширади ва тармоқнинг кейинги участкасини яратишдан аввал бажариладиган ишларни тасдиқлайди, бу ишларни бажариш, ҳамда географик боғланиш учун ва оптик аниқлаш учун вақтинчалик толанинг охири учун маркерни қўллайди. Бу билан у кабел монтажи дистанцион назоратдан ўтказилади ва унда толаларни бир-бири билан пайвандлаб уланган тугунларнинг сифатини аниқлайди, ҳужжатлар яратилади, марказлашган ҳолда ҳужжатлар юритилади ва марказлашган ҳолда назорат ишлари бажарилади ҳамда дистанцион равишда оптик трасса ўтган жойга боғланиши ишлари бажарилади.

Оптик толали узатиш тизимини эксплуатация жараёнида мониторинг ўтказишнинг ўранитилган тартибда бажариш учун қуйидагилар белгиланади:

Мониторинг процедурасини бажариш шароити:

- зудлик билан маълум бир оралиқ вақтларда ёки вақт бўйича буюрилган дастур бўйича;

- тревога бўлган вақтда;

Қуйидаги шартлар бажариш вақтида бузилиш ҳолатлари аниқланган шароитда:

- алоқа тармоғидаги назаротловчи нуқтада;

- курсорлардан фойдаланган ҳода қўл билан бажариладиган ўлчовларда;

- йўқотувчанлик ташкил этувчиларини ва акс қайтувчи чегарани аниқлашда;

- маскалар қўлланган ҳолда автоматик равишда ўлчов ишларини бажаришда;

- қизиқиш уйғотувчи параметрлар ўлчовини эътиборга олишда;  
Бажарилувчи ҳолатлар режимларида:

- визуалҳолатда;
- сақланган ҳолатда;
- тревога жараёнидаги қайта тиклаш ишларида;

Кузатув босқичида кабелдаги автоматик бузилишлар ҳолатлари қуйидаги кетма-кетликда бўлиб ўтади.

- рефлектограммалар олишда;
- қурилмалар топшириғи ва солиштириш чегараларида;
- бузилишларни аниқлаш ва механизация қилишда.

Оптик тола параметрларининг фарқланиши аниқланган пайтда хабарларни тўлиқ равишда узатуви бўлиб ўтиб, унда идентификация фарқланиши локализацияси ва оптик кабел компонент параметрлари ва топологик идентификация натижалари ҳақидаги тўлиқ маълумотлар узатилади.

Профилактик хизмат кўрсатиш жараёнида оптик толанинг ўлчанган параметралар натижалари (сўниш йўқотувчанлик акс қайтувчи йўқотувчанлик рефлектограммалари ва х.к. з) ва тавсилотлари маълумотлар базасига автоматик тартибли равишда йиғилиб борилади ва бу билан қуйидагиларга эришилади:

- хизмат курсатувчи биригада линияга чиққунга қадар бузилишларни аниқлаш ва созлаш.

- оптик кабелнинг сифатини назоратлаш;
- бир қанча сифат индикаторлари ёрдамида ҳисоблаш ишларини ўтказиш;
- тармоқ структурасини ўрнатиш;

Хизмат кўрсатиш тартибли равишда гарантиялаш учун оптик кабелларнинг мониторинг тизими Nettek компаниясининг ОВІР рефекторгарама функциясини ҳамда Bellcore файлнинг ва фороментларини таъминлаб беради. Кўриб чиқилган ҳар бир чора тадбирлар (процедура) ўзининг сатҳига эга бўлиб позин бўладиган бўлса уларни ўзгаритириш мумкин. Асосий эътибор ўлчов жараёнига бағишланди. Бундан ташқари тизим администратор (бошқарувчиси) ҳар бир фойдаланувчига шароит яратиб беради ва бузғунчи фойдаланувчилар гуруҳини аниқлаб беради. Баъзи бир гуруҳлар учун афзаллик умумий бўлиб, у ўз навбатида гуруҳларга бўлинади. Алоқа терсесини эътиборга олиш учун махсус файллар ташкил этади. Оптик кабелнинг мониторинг тизими кабелдаги бузилишларнинг сигнализация ёрдамида бошқарувчи қуйидаги функцияларни бажаради:

-аниқланган фарқланишларни чегараларини активизация қилиб беради:

-бошқарув тизимига ёки бошқа адресацияга маълумотлар узатилади:

-сигнализация маълумотларини архивлаштиради ёки керак бўлса уларни йўқотади.

Бундай ҳолатда аниқлашнинг бир нечта гетораларини топшириш ва сигнализациянинг турли ҳолатлари учун қўшимчалар киритиш мумкин. Натижада йиғилиб борилган маълумотлар ва йиғилиб борилган асбоблар жамламаси эътиборга олганҳолда уларни таҳлил қилиш мумкин. Бундан фойдаланувчи оптик компьютерлар тавсилотларининг вақт бўйича ўзгаришини назорат қилиши, сифат индикаторларининг ривожланишининг кўздан кечириб туриши, умумий ривожланиш такденцияни ўрганган ҳолда тармоқга хизмат кўрсатиш сиёсатни

ишлаб чиқади. Ўлчов натижалари ва бошқа маълумотларни қайта ишловчи тизимга узатиш мумкин. Маълумотларни қандай ишловчилар учун EXCEL, Word дастурларидан фойдалинади ёки бундай маълумотлар қаттиқ диск кўринишда келтириш мумкин.

Юқорида келтирилганларни умумлаштирилиб оптик кабелларнинг мониторий тизимини AMFICOM муҳотида қўлланиши тизим нархи нуқтаи назарида оптимал бўлиши таъминлаб беради. Бу эса ўз навбатида қўйилган масалаларини автоматик равишда аниқлаб беради. Оптик-толали алоқа линияни географик корбада фарқланиши тавсилотларини кўрсатиб белгиланган ҳолда тармоқга рухсат этилмаган ҳолда кириш фактларини аниқлаб беради, оптик кабелдаги бузулишларни тезда баргараф этиш вақтини минимал ҳолга келтиради ва келажакда бузулишларни ҳосил бўлиши ҳолатларини таҳлил қилиб беради. Этиш вақтини миинимал ҳолага келтиради ва келажакда бузулишларини ҳосил бўлиши ҳолатларини таҳлил қилиб беради. Телекомутисацион компанияларининг иқтисодий сохаларидагига кузатиладиган талабалар ўсиб бориши ҳисобига тизимнинг кўриб чиқилган хусусиятлари аниқ бўлиб бормоқда ва улар ўз навбатида ҳозирги замон телекоммуникацион тизим масалаларини ечмоқдалар.

#### **4.8. Оптик-толали узатиш тизими жиҳозларининг монтаж учун стандарт тузилмалар.**

##### **4.8.1.Оптик кросс шкафлари.**

Ҳар қандай оптик толали алоқа линияси актив ускуналар билан уланади ва у телекоммуникацион шкафда ёки стойкада жойлашади. Бундай ускунани линияга уланиши оптик боғловчи шнурлар ёрдамида бажарилади. Шнурнинг бир томонидаги оптик разъём (улагич) ускунага уланса, шнурнинг иккинчи томонидаги разъём (улагич) эса оптик кроссга уланади. Оптик шкафнинг асосий вазифаси магистралдаги оптик-толани кроссировка қилиб уланган жойини муҳофазалаб беради ҳамда кабелнинг оптик-толасини оптик шкаф билан улаб беришда минимал оптик йўқотувчанлик қилиб беради.

Ҳозирги пайтда телекоммуникация тармоқларида қўлланувчи телекоммуникацион стойка, шкаф ва жиҳозларининг тўртта стандарт ўлчамлари кенг равишда қўлланилмоқда, улар 19 ва 23 дюймдаги халқаро стандартлар метрли Европа стандартлари ва Россия стандартлари универсал каркасли стойкалардир.

Халқаро электр қўмитасининг МЭК 297 стандартига таълуқли бўлиб, унга Германиянинг DIN 41494 стандарти ва ДСТ 28601-90 стандартларига тўлиқ равишда жавоб берган ҳолда у телекоммуникацион шкаф ва уни ташкил этувчи блоклар ўлчамларини тўлиқ равишда аниқлаб беради. Ўлчов стандартининг асосий ўлчов бирлиги дюйм ( $1=25,4$  мм) бўлиб, у блокнинг кенглигини аниқлаб беради. Ҳамма вертикал ўлчовлар Unit (U ёки «юнит») деб аталувчи қийматга тўғри келади, кенглиги  $=1,15= 44,45$ мм деб юритилади, баъзи бир ҳолларда эса бу қиймат қисқартирилган немис NE қийматини билдиради.

Шкафнинг баландлиги қуйидаги қатор қийматлари бўйича аниқланади: 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2200 мм бўлиб унинг ичига оёқчалар баландлиги киради ва улар одатда юнитда ўқилади. Шкафнинг чуқурлик қиймати

400; 600 800 ёки 900 мм бўлса, шкафнинг кенглик қиймати 550: 600: 700: 800: 900 мм. Маҳкамловчи тешиklar орасидаги қадам ўзгарувчан 23-дюймлик стандарт. Ушбу стандарт 19-дюймлик стандартнинг модификацияланган кўриниши ҳисобланади. Конструктив тузилишга киритилган блоklar кенглиги 584,2 мм ташкил этади. Блоklarни маҳкамлаш учун тешиklar 1,15= 44,45 мм қадамда тайёрланади. Кенг равишда 2000 x 800 x 800 мм ўлчамлик конструкция тузилишдаги шкафлар қўлланади.

**Европанинг метрик стандарти.** Ҳалқаро МЭК 917 стандарти ҳалқаро ISO 1000 ва ISO 31/1 стандартларига тўғри келади, уларнинг конструктив ўлчамлар ҳар қандай томонда 25 мм қийматга қисқа.

**Россия стандарти.** Унификацияланган каркас стойкаларнинг кенглиги 600 мм конструктив тузилишдаги таянч асосларини ўрнатиш учун ишлаб чиқарилган бўлиб, уларнинг маҳкамловчи тешиklarиди 160 мм. Улар анча вақт илгари ишлаб чиқарилган бўлиб соҳа стандартига тўғри келади.

### Стандарт ускуналарнинг солиштирма таҳлили.

Стандартларнинг солиштирма қийматлари 5.7.1-жадвалида келтирилган.

4.7- жадвал.

Стандарт	Норматив ҳужжат	Маҳкамловчи тешиklar орасидаги масофа	Блок кенглиги
19	МЭК 297	465,1 мм	19-482,6 мм
23	-	566,7 мм	23-584,2 мм
Метрик	МЭК 917	515 мм	533 мм
Унификацияланган каркас стойкалари	-	578 мм	600 мм

#### 4. 8.2. Конструктив тузилмаларни ташқи муҳит таъсиридан ҳимоялаш.

Телекоммуникацион ускуналарини ташқи муҳит таъсиридан ҳимоялаш EN 60523 ва ТЕС 529 стандартлари бўйича аниқланади, EN 60529 стандартининг нормалари электр ускуналарнинг корпус, қопқоқ ва бошқалардан ҳимоялаш масалаларини кўриб чиқади ва у ўз ичига қўйидагиларни олади:

- ✚ остидаги кучланиш ускуналарнинг характерланувчи ёки характерланмайдиган ички элементларига инсонни тўғри равишда тегиб кетишдан ҳимоялайди, шунингдек у ускуналарга ташқи таналарни тегиб кетишидан ва уларни ушлаб олиш ҳисобига бўладиган контакт каби тошқи тегиб кетишдан ҳам ҳимоялайди;

- ✚ - ускуналарни сувдан ва намликдан ҳимоялайди.

Халқаро даражада муҳофазаланиш сатхи ва чора-тадбирларининг белгиланишга эга ҳимоялаш чора тадбирлари IP- символи ёрдамида ва иккита ҳарф ёрдамида белгиланиб, улар ҳимояланиш даражасини билдиради. Мисол учун IP-44 код ҳарфи –IP, коддаги биринчи рақам 4 ва коддаги иккинчи рақам 4. Рақамли кодларнинг ўқилиши 4.9-ж.адвалда (биринчи рақам) да 4.9-жадвалда (иккинчи рақам) келтирилган.

4.9-жадвал.

Биринчи рақам	Ҳимояланиш даражасининг биринчи коди белгиланиши.	
	Қиймати	Тушунтириш
0	Ҳимояси йўқ.	–
1	Диаметри 50 мм дан кичик бўлмаган қаттиқ предметлардан ҳимояланиш.	Диаметри 50 мм бўлган шар қурилма ичига кириб бормаслиги керак.
2	Диаметри 12,5 мм дан кичик бўлмаган қатта предметлардан ҳимоялаш.	Диаметри 12,5 мм бўлган шар қурилма ичига кириб бормаслиги керак.
3	Диаметри 2,5 ммдан кичик бўлмаган қаттиқ предметлардан ҳимоялаш.	Диаметри 2,0 мм бўлган шар қурилма ичига кириб бормаслиги керак.
4	Диаметри 1.0 мм дан кичик бўлган қаттиқ предметлардан ҳимоялаш.	Диаметр 2,0 мм бўлган шар қурилма ичига кириб бормаслиги керак.
5	Чангдан ҳимоялаш.	Корпус ичига чангни кириб боришидан тўлиқ равишда ҳимоя қила олмайди, аммо унчалик кўп миқдорда чанг кириб бормайди.
6	Чангни сингдириб олмайдиган ҳимоя.	Мутлақо чанг кириб бормайди.
Изоҳ: Кўрсатилган диаметрдаги шар мутлақо прибор ичига кира олмайди.		

4.7-жадвал

Иккиламчи рақам.	Ҳимоялаш даражаси бўйича иккинчи кодли рақам ўқилиши.	
	Қиймати	Тушунтириш.
0	Ҳимоя йўқ.	Мутлақо ҳимоялаш бўлмайди.
1.	Томчи тушишдан ҳимояланган.	Перпендикуляр равишда тушувчи томчи хавфли таъсир кўрсата олмаслиги керак.
2.	Корпус 15 <sup>0</sup> га қадар эгилганда томчилар тушишдан ҳимояланган.	Корпус 15 <sup>0</sup> га қадар эгилган ҳолда перпендикуляр равишда тушувчи томчилар хавфли таъсирлар кўрсатилмаслиги керак.
3.	Сувларни сочилиб кетишдан	Сувни корпусга 60 <sup>0</sup> бурчак остида

	химояланган.	тушишда ҳавfli таъсирлар кўрсатилмаслиги керак.
4.	Сувларни қаттиқ сочилиб кетишидан химоялаш.	Сувни корпусга ҳар қандай бурчак остида тушганда ҳавfli таъсирлар кўрсатилмаслиги керак.
5.	Сувни тўғридан-тўғри равишда тегишидан химояланган.	Сувни корпусга ҳар қандай бурчак остида тўғридан-тўғри равишда урилиши ҳисобига ҳавfli таъсирлар кўрсатилмаслиги керак.
6.	Кучли сув урилишидан химояланган.	Кучли сув сачраши корпусга ҳар қандай бурчак остида тўғридан-тўғри равишда урилиши ҳисобига ҳавfli таъсирлар кўрсатилмаслиги керак.
7.	Вақтинчалик сув остида долганда химояланиш.	Прибор корпус вақтинчалик сув остида бўлганда сувни ҳисобига таъсир кўрсатмаслиги керак.
8.	Узоқ вақт мобайнида сув остида қолиб кетишдан химояланиш.	Прибор корпуси узоқ вақт мобайнида сув остида қолиб кетиш ҳолатида ҳавfli таъсир кўрсатмаслиги керак, шартлар буюртмачи ва жихоз тайёрловчиўртасида келишиб олинган бўлиши керак ва шарт 7 рақам остида.

Одатда шкафлар ва стойкалар турли хил рангдаги кукунли бўёқлар билан бўялган ҳолда буюртмачига етказиб берилади. Уларни бўёқ билан бўялишнинг сифатли ҳолда бўлиши учун бўяш жараёни уч босқичда технологик тайёргарлик жараёнида ўтказилади:

- турли хил ёғлардан тозаланиш:
- фосфор билан қолаш:
- анод ёрдамида электрофорез қолам қолашниқўллаш (грунтовка).

Немис Rittal компанияси маълумотлари бўйича технологик жараён қуйидагича бажарилади. (7.4-жадвал).

7-4 жадвал

Қайта ишлов жараёни.	Техник тафсилот.	Техник маълумотлар.
Ёғсизлантириш фосфор ёрдамида ювиш.	Пассивлашган ҳол учун қўлланилиб, вақтинчалик антикоррозияхимояси учун ва бўёқларни чидамли ҳолатда қолашиш	

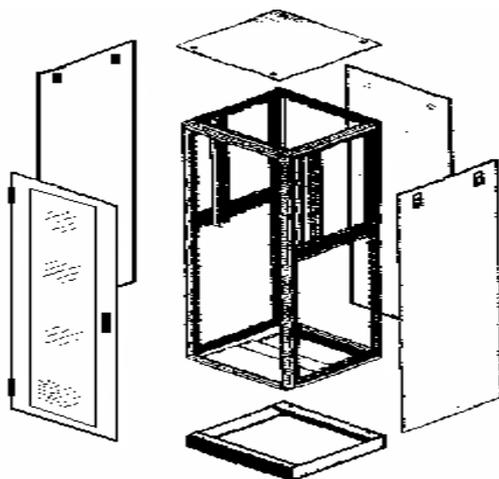
	вазифасини бажаради.		
<b>Қуритиш.</b>			
Анод ёрдамида электрофорез қопламбилан қопланиш (грунтовка).	Ҳамма юзаларини, четларини ва орқаларини текис равишда бўёқ билан қопланиб юқори антикоррозия химояланиши.	Бўёққатламининг қалинлиги.	20мматрофид а.
		Тешилишлар ҳосил бўлиш индекси DIN53156.	≥ 4 мм
		Беркол бўйича қаттиқлиги DIN 53151.	≥80
		Кўндаланг юклама DIN 53151.	Gto
Қопламбилан қопланган корпус юпқа ҳолда бўялади, чунки корпусда оғир металлар, ва кремний бўлмаслиги учун.			
<b>Ўтхонада (печкада қуритиш ).</b>			
Чангланиб пуфлаш ёрдамида.	Механик таъсирларга чидамлиги билан фарқланади, коррозията ва кимёвий мустаҳкамлиги юқори, харорат тебранишларига номуносиб об-ҳаво шароитларида ҳам юза томони растворитель (эритгич) ёрдамида тозалаш имконини беради.	Ташқи томонидан бўёқ қалинлиги.	70...110 мкм
		Тешилишлар ҳосил бўлиши индекс DIN 53156.	≥4 мл
		Беркол бўйича қаттиқлиги DIN 53151.	≥80
		Кўндаланг юклама DIN 53151.	
Ўтхонада (печкада) қуритиш.		Ташқи қопламининг умумий қалинлиги.	90...135мкм

#### 4.8.3. Шкаф ва стойкалар конструктив тузилиши.

Телекоммуникацион ускуна ва жихозларнинг конструктив тузилишини иккита гуруҳга бўлиш мумкин:

- телекоммуникацион шкафлар;
- телекоммуникацион стойкалар;

Телекоммуникацион шкафлар ерга яъни полга ўрнатувчи ва деворга осилувчи кўринишда тайёрланади. Ерга ўрнатиловчи телекоммуникацион шкафнинг кўриниши 5.23-расмда келтирилган.



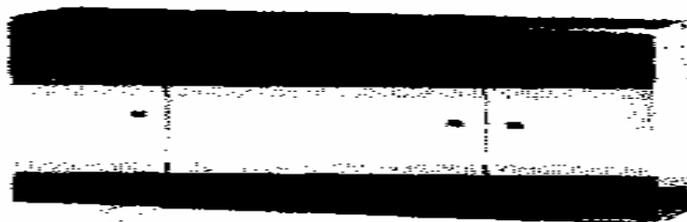
4.31-расм. Полга ўрнатиловчи телекоммуникацион шкаф: 1-шкаф асоси; 2-ён томон қопқоқлари; 3-тепа томон қопқоғи; 4-ички йўналтиргичлар;

Агар расмга назар соладиган бўлсак, шкафнинг конструктив тузилиши жуда ҳам мураккаб ва уни бир жойга фойдаланиш учун ўрнатишда анча билим керак бўлади. Бундай шкафларни тайёрлашда турли усуллар қўлланилади:

- пайвандлаб йиғиш;
- винтлар ёрдамида маҳкамлаб йиғиш.

Ушбу шкафнинг асосий элементи бўлиб, асос (цокал), ён томон деворлари, тепа томон қопқоғи, ва ички йўналтиргичлар ҳисобланади.

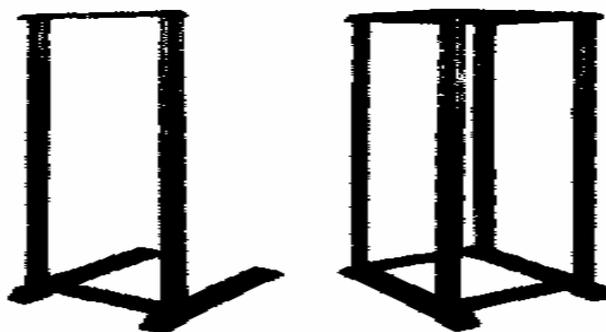
Ҳозирги вақтда турли хил кўринишдаги шкафлар ишлаб чиқарилган ва ишлаб чиқарилмоқда. Шкафлар билан биргаликда жуда ҳам кўплаб конструктив элементлар етказилиб берилиб, улар ёрдамида ускуналар монтаж учун жуда ҳам мураккаб ишлар бажариш мумкин. Ушбу турли хил кўринишдаги конструктив тузилишларидан бири деворга осилувчи телекоммуникацион шкафлар ҳисобланади. Одатда бундай шкафларнинг ўлчамлари унчалик катта эмас бўлса ҳам уларнинг конструктив тузилиш полга ўрнатиловчи шкафлардан фарқ қилмайди. Деворга осилувчи шкафлардан бирининг кўриниши 4.32- расмда келтирилган.



4.32-расм. Деворга осилувчи телекоммуникацион шкаф.

Деворга осилувчи шкафнинг конструктив тузилиши жуда ҳам оддий ва содда бўлиб у учта секциядан иборат. Бу эса шкаф ичида ускуна ва жиҳозларни монтаж қилувчи монтажчилар учун кўшимча имконият ва шарт-шароитлар яратиб беради.

Охирги ускуналарни механик томонидан химоялаш учун талаблар қўйилмаганлиги учун очик телекоммуникацион стойкалар қўлланади. Бундай стойкаларга мисоллар 4.33 - расмда келтирилган.

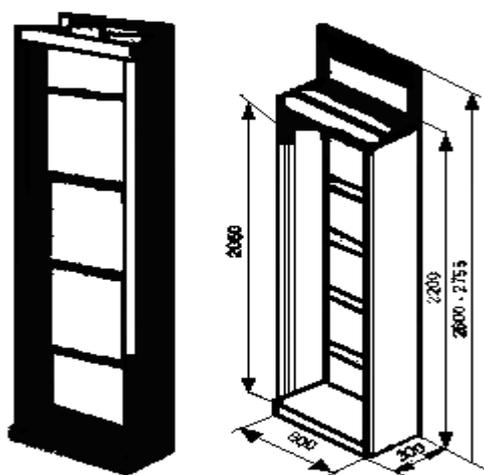


4.33 - расм Телекоммуникацион стойкалар: а-битта рамали; б-икки рамали .

Одатда стойкалар жуда ҳам кўплаб қўшимча комплектловчилар билан жиҳозланади, булар: полкалар органайзерлар, фиксаторлар. Булар ёрдамида охирги қурилмаларда турли ҳил вариантдаги монтаж ишларини олиб бориш мумкин.

Охирги пайтда тармоқларда жуда ҳам кўплаб равишда ETSI деб аталувчи стойкалар кенг кўламда қўлланмоқда, уларнинг конструктив тузилиш Европа стандартларига тўғри келади.

Бундай стойкаларнинг асосий фарқланадиган томони ички чуқурлиги 300 мм га қадар боради. Уларнинг ташқи кўриниши 4.34 -расмда келтирилган.



4.34 -расм ETSI туридаги очик ва ёпик стойкалар.

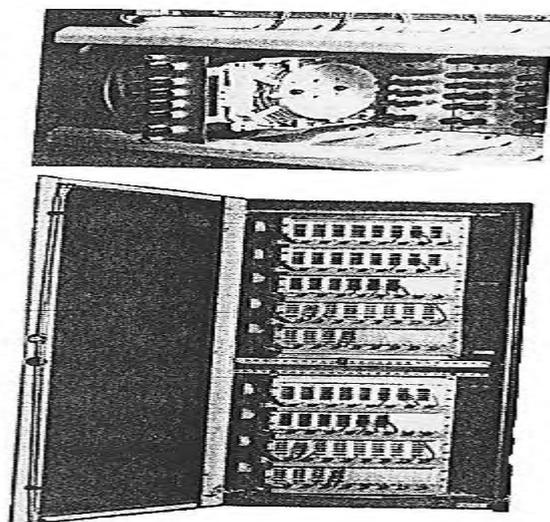
#### 4.8.4. Охирги оптик кросс ускуналари.

Одатда телекоммуникацион шкафлар ва стойкалар турли ҳил кўринишдаги охирги ускуналар ва жиҳозлар билан тўлдирилади. Булар ичида энг қизиқиш туғдирадиган ускуналардан бири оптик кабелларни монтажи учун қўлланувчи охирги блоклардир.

Кўпчилик хорижий компаниялар ва ишлаб чиқарувчилар оптик-толаларни бир-бири билан пайвандлаб уланмайдиган ва коммутацион шнурлар (Pigtail) қўлланувчи монтаж жиҳозларини ишлаб чиқармоқдалар.

Чунки булар учун тақсимловчи оптик кабеллар қўлланади. Бундай тақсимловчи оптик кабелларнинг оптик толалари тўлиқ зич қопламга эга бўлиб, уларнинг диаметри 900 мкм. Тақсимловчи оптик кабел ёрдамида оптик кросс монтаж қилинадиган жойда оптик разъёмлар (улагичлар) қўлланилади. Ушбу ускуна оптик-толаларни павандалаб уланган жойига жойлаштириш учун сплайс – пластиналарга эга эмас.

Монтаж қиладиган жойларни зич равишда жойлаштириш мақсадида ҳамда режалаштирилган регламент ишларини ўтказиш осон бўлиши учун кўпчилик стойка кўринишдаги конструктив тузилишлар-олдинга тортиб чиқарилувчи панелга эга. Улар панеллар жамланмаларидан иборат бўлиб, уларнинг кўриниш 4.35- расмда келтирилган.



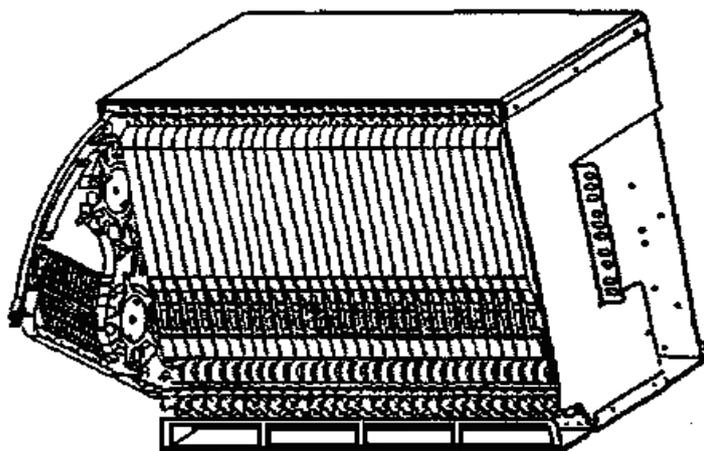
4.-35 расм Олди панели тортиб чиқариб ҳаракатланувчи стойканинг кўриниши.

Одатда ҳаракатланувчи панелнинг ранги стандарт қора бўлиб ўлчамлари 483x330x45 мм. Улар қуйидаги афзалликларга эга:

- олдинга тортиб ҳаракатланувчининг маҳкамлагичи шарнирда бўлиб, унинг ёрдамида панелнинг олди ва орқа томонига қараш имконияти оддий;
- тепадаги панел осон зашелка (қисқич) ёрдамида ечиш мумкин;
- русумларини билдирувчи ёпиштирмаларга эга бўлган модулларни ўрнатиладиган жойига осон ўрнатилади, бу эса тизимни кенгайтириш ва демонтаж ишларини анча енгилаштиради;
- органайзер ёки коммутацион шнурларни жойлаштириш учун қўлланувчи полкалар буюртмачи (талаби бўйича ) етказиб берилади.

Оптик кросс горизонтал подсистема (горизантал равишда жойлашган тизим элементлари) ва бино ичига ёки бинолар орасида ётқизилган магистрал кабел орасида коммутация ёки боғлаш учун мўлжалланган. Сплейс-палстинали оптик

кросснинг конструктив тузиши 4.36-расмда келтирилган.



4.36 - расм Сплейс-пластинали оптик кросс тузилиши.

Сплейс-пластинали кроссларнинг ўлчамлари 483x343x178 мм бўлиб, улар қуйидаги авзалликларга эга:

-сплейс-панелни кроссдан бўшатиб олиш мумкин, бу эса монтаж ва демонтаж ишларини анча осонлаштиради;

-олд панели 89 миллиметрга қадар чуқурлаштирилган бўлиши учун кабелни анча ҳимоялайди ва кабел белгиси бўлмиш маркери учун жой қолдирилади;

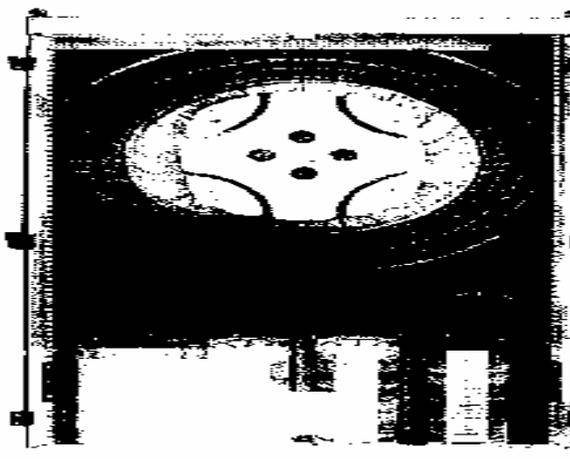
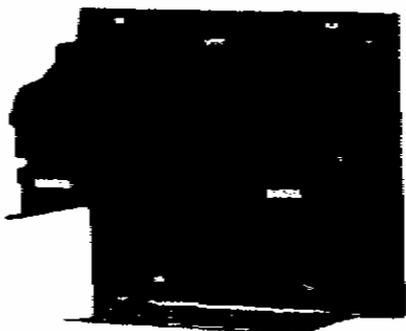
-орқа томон эшиги маҳкамловчи винтларини чоракам бир айланишга бураб очилади ва эшик осон равишда ошиқ-мошиқдан ечилади;

-тепа-пастки ва ён томондаги панеллардаги 45 миллиметрли тешик орқали диаметри 32 миллиметр бўлган кабелни киритиш имкони бор;

-кросс эшиги синмайдиган қулф ўрнатилган оргшишадан тайёрланганлиги учун кабеллар уланган жойларини ва тугунларини мустаҳкам равишда ҳимоялайди;

-корпус қалин пўлатдан тайёрланган, узок вақт ҳизмат кўрсатиш учун узок муддатли кукун қатлами лазер ёрдамида қопланган.

Изоҳ; Полка ичига фақатгина 305 мм (12) сплейс-пластиналари ўрнатилиши мумкин. Оптик кросслар баҳосини камайтириш мақсадида баъзи бир ускуна ишлаб чиқарувчилар оптик кроссларни пластмаса кўринишда ишлаб чиқармоқдалар (4.37-расм).



4.37-расм. Корпуси  
пластмассали оптик кросс

4.38- расм Сифимли оптик-кросс  
конструктив тузилиши

Ҳамма оптик кроссларнинг ўлчамлари стойка ёки шкаф ўлчов турларига тўғри келиши керак. Кроссларнинг ўрнатиш учун гайкаси чиқиб кетмайдиган махсус винтлардан фойдаланилади. Оптик кросс корпуси стойкага ёки шкаф ичига алмашинувчи кронштейнлари ёрдамида махкамланиши керак, бу эса турли хил стандартлардаги стойка ёки шкафлар ичига бемалол ўрнатилади, бу эса шкаф ёки стойкани универсал бўлишини таъминлаб беради.

Ҳозирги пайтда буюртмачи операторлар телекоммуникацион стойка ва шкафларнинг ўлчамларини ва баҳосини камайтиришга интилоқдалар, бунинг учун эса кўпгина жиҳоз ишлаб чиқарувчилар рақобат, кураш олиб бориш мақсадида турли специфик авзалликларга эга бўлган кросс ускуналарни ишлаб чиқариб етказиб бермоқдалар, бунга мисол қилиб чуқурлиги 250 ёки 300 мм стойкаларни кўрсатиш мумкин. Бундай ҳоларда энг тўғри йул кросс ва ускуналарга ўрнатиш учун режалаштирилаётган «геометрия» жуда ҳам катта аҳамиятга эга.

Кросс ускуналарининг монтаж жараёнидаги энг бошланғич даврида келажакдаги кабелни ётказилувчи трассани ва коммутацион шнурларни танлашга катта эътибор бериб, уларни кросс корпусдаги ёки унинг яқинида жойлашган узатиш аппаратураси ичидаги ёки бошқа ускуна ичидаги хулосани тўғри ўйлаб кўриш керак. Оптик-толали кабелни киритишда энг яхши вариантлардан бири шкафга ёки стойкага киритишда кабелнинг ташқи қобиғини ва зирх қатламларини стойка ёки шкаф асосига (цоколига) яқин жойда жойланиши анча аҳамиятли ҳисобланади. Ундан сўнгра кабел махкамланувчи органайзерга киритилиб махкамланади ва у ерда кабел қобиғи ёки зирх қатлам ер билан уланади. Органайзернинг чиқиш томонидан кроссга боровчи кабелни белбоғли изоляцияси полиэтилен тортиб махкамлагичлар ёрдамида шкафнинг вертикал ва горизонтал органайзерларига ёки стойкага махкамлаб боғланади. Лозим бўладиган бўлса кабелнинг белбоғли қобиғи ғижимланган (кодирланган) шланг ичига киритилиши мумкин. Оптик-толали кабелнинг охириги манзилгоҳ томонидаги учи оптик кросснинг корпусига киритилади. Кросс корпусига махкамланувчи кабел ва кроссга киритилувчи бурчагига, унинг ўлчамларига ва кабелнинг бошқа конструктив элементларига, кабелни корпусига киритилишдаги химояланишга, максимал киритилувчи кабеллар сонига асосий эътибор қаратилиши керак. Энг яхши ҳолат оптик-толали кабелларни «ён томонидан» киритиш ҳолати ҳисобланади, чунки унда шкаф ёки стойка ичидаги чуқурлик бўйича бўшлиқ монтаждан ортиб қолган захира узунликлардаги кабелни осон ҳолда ётқизиш имконини беради ва бу билан оптик толали кабелнинг марказий кучланувчи элементи (агар кабелда булса) махкам ҳолда боғлаш ҳисобланади. Кросс корпусининг конструктив тузулишда ҳам кабел зирх қатламининг ва кабелнинг марказий кучлантирувчи элементини агар стойка кроссига кабел киритишда ер билан уланган бўлса, у ҳолда улар ер билан албатта уланиши керак.

Кросснинг конструктив тузилишидаги органайзер корпус ичидаги оптик-толалар кабелнинг захира узунликларини ётқизиш учун қўлланади ва органайзер хисобига кабелнинг монтажи сифатли бўлишини таъминлаб беради.

Кросснинг асосий элементларидан бири сплайс-кроссларнинг (сплейс-пластика) ҳисобланади ва у оптик-толаларни бир-бири билан пайвандлаб уланган жойларини, КДЗС Co'relink ёки Fiberlock туридаги гильзалар билан ҳимояланган жойларни жойлаштириш учун қўлланилади. Сплайс-кассетанинг тузилиши КДЗС гильзаларини мустаҳкам ҳолда жойланишини кафолатлайди ва оптик-толаларни яхши жойланишини таъминлаб беради ва толани эгилиш радиусида бўлиш талабларини бажарган ҳолда таъминлаб беради. Кассетанинг ташқи юқори томонидаги қопқоғи бўлиши керак. Монтаж жараёнида қўлланувчи КДЗС туридаги гильзаларни режалаштирилувчи гильзалар ўлчамларини бир-бирига мос келишига ва улар элементларига катта эътибор бериш керак. Кассета КДЗС да 1,2 мм бўлган диаметрда жойланиши мумкин.

Кросснинг яна бир аҳамиятли жойидан бири коммутацион панел (патч-панель) бўлиб унинг устида оптик адаптерлар (портлар) жойланади. Оптик портлар турини танлаш анча аҳамиятли ҳисобланади. Агар оптик кросснинг порт турлари ва жохозлари бир-бири билан уланмайдиган бўлса, у ҳолда фойдаланувчи ускуна ишлаб чиқарувчига бир-бирига ўтиб боғланадиган оптик коммутацион шнурларга буюртма беради. Оптик коммутацион шнурларнинг хизмат кўрсатиш муддати стандарт шнурлардан анча юқори. Чунки уларнинг иккала томон учидан бир хил оптик разъёмлар (улагичлар) мавжуд. Бу эса оптик-тола узатиш тизимни қуриш муддатларида бир мунча таъсир кўрсатади.

Ҳозирги замон оптик кроссларнинг коммутацион панелларининг асосий авзаллиги уларни кросс корпусидан тортиб чиқариб олиш хусусиятидир. Бунинг хисобига таъмирлаш ва профилактик ишларни ўтказиш бир мунча енгиллаштиради, аммо оптик-толаларни бир-бири билан пайвандлаб уланган жойларига тегиб кетиш олиндини олиб бўлмайди. Бунинг учун бу ерда асосий талаблардан бири корпуснинг тортиб чиқариб олинмайдиган қисми қаттиқ қилиб ўрнатилиб, буларга кулфлар қўйиш керак бўлади. Шунини таъкидлаш керакки ҳар бир коммутацион панел ҳар бир оптик порт (адаптер) русумловчи рақамига эга бўлиши керак. Тармоқнинг келажак ривожланиши адаптер уланмаган тарқишлар албатта қопқоқлар билан беркитилиш керак.

Кроссдан аппаратураларгача боровчи коммутацион шнурлар стойкага ўрнатиш пайтида шикастланиш олдини олиш мақсадида кросснинг олд қисми албатта муҳофазаловчи экран билан беркитиш керак бўлади, деворга осилувчи кросс монтажида эса пластик ёпма билан ҳимоялаш талаб этилади.

Ускуна ва жохозларни сотиб қабул қилши пайтида асосий эътибор етказиб берилувчи ускуналарнинг комплектларга (жамланмасига) монтаж бўйича инструкцияларга, паспорт ва бошқа лозим бўладиган ҳужжатларга эътибор берилса, у ҳолда монтаж қилинувчи линия сифати ва мустаҳкамлигини оширишга олиб келади. Қуйида 7.4- жадвалда оптик кабелнинг бир қанча намуналари ҳақидаги маълумотлар келтирилаган.

<b>Шкаф тури.</b>	<b>Қўлланилиш жойи.</b>
ШКО-С-1V-...	19,23, 1U стойкаларига монтаж учун.
U1КО-С-2U-...	19,23, 2U стойкаларига монтаж учун.
ШКО-С-1U-ВП-...	19,23, тортиб чиқариб олинувчи. 1U стойкаларига монтаж учун.
ШКО-С-2U-ВП-...	19,23, тортиб чиқариб олинувчи, 2U стойкаларига монтаж учун.
ШКО-СУ-1U-НП	19,23, қисқартилиган, 1U стойкаларига монтаж қилиш учун.
ШКО-СУ-2U-НП	19,23, қисқартилиган, 2U стойкаларига монтаж қилиш учун.
ШКО-С-3U-...	19,23,3Uстойкаларига монтаж қилиш учун.
ШКО-С-СК-...	Универсал каркасли стойкаларга жойлаштириш учун.
ШКО-Н-МИ-...	Деворга ўрнатиш учун, МИНИ/МИНИ 2.
ШКО-Н-МИЗ-...	Деворга ўрнатиш учун, МИНИ.
ШКО-Н-СТ-...	Деворга ўрнатиш учун, СТАНДАРТ/СТАНДАРТ 2.
ШКО-Н-МА-...	Деворга ўрнатиш учун, МАКСИ/МАКСИ2.
ШКО-Н-96F-...	Деворга ўрнатиш учун, катталаштирилган сиғимда, 96 та порт
ШКО-К-...	Комбинацияланган кросс шкафи

ООО «Волоконая оптика» МЧЖ томонидан ишлаб чиқарилувчи кросслар ҳақидаги маълумотларни [WWW/fot.ru](http://WWW/fot.ru) сайтидан олиш мумкин.

### **Хулоса**

Тупроққа оптик кабелларни ётқизиш ва уларни ҳаво-устун таянчларга ўрнатиш(осиш).Оптик-толали алоқа линия қурилиши Кабелни олдиндан кавланган траншеяга ётқизиш Траншеясиз усул ёрдамида кабелларни ётқизиш  
Оптик-толали

кабелларни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ёрдамида ерга. Оптик кабелларни телефон кабел канализациясига ётқизиш ётқизиш. Оптик кабелларни осиш Оптик-толали алоқа линиясининг дистанцион назорати

ва мониторинги Оптик-толали узатиш тизими жиҳозларининг монтаж учун стандарт тузилмалар Оптик кросс шкафлари Конструктив тузилмаларни ташқи муҳит таъсиридан

ҳимоялаш. Шкаф ва стойкалар конструктив тузилиши Охирги оптик кросс ускуналари.

## Назорат саволлари

1. ТООАЛ қурилиши.
2. Тупроққа оптик кабелларни ётқизиш ва уларни ҳаво-устун таянчларга ўрнатиш(ошиш).
3. Оптик-толали алоқа линия қурилиши Кабелни олдиндан қавланган траншеяга ётқизиш
4. Траншеясиз усул ёрдамида кабелларни ётқизиш
5. Оптик-толаликабелларни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ёрдамида ерга Оптик кабелларни телефон кабел канализациясига ётқизиш ётқизиш.
6. Оптик кабелларни ошиш
7. Оптик-толали алоқа линиясининг дистанцион назорати ва мониторинги
8. Оптик-толали узатиш тизими жиҳозларининг монтаж учун стандарт тузилмалар Оптик кросс шкафлари
9. Конструктив тузилмаларни ташқи муҳит таъсиридан ҳимоялаш.
- 10.Шкаф ва стойкалар конструктив тузилиши
- 11.Охириги оптик кросс ускуналари.

## 5. ТОЛА ОПТИК АЛОҚА ЛИНИЯЛАРИДА ЎЛЧАШЛАР

### 5.1. Ўлчов турлари

ТОАЛни монтаж ва эксплуатация қилиш жараёнида назорат қилинадиган асосий оптик параметрлар қуйидагилар ҳисобланади:

- ❖ линиядаги суммар йўқотишлар, дБ;
- ❖ ТОАЛ даги сўнишлар ва унинг тақсимланиши, дБ/км;
- ❖ ТОАЛ боғловчилари ва элементларида сўнишлар (кавшарланувчи боғловчилар, ажратгичлар, разъемлар), дБ;
- ❖ тракт узунлиги ва ва носозликларгача (бир турли бўлмаган жойларгача) бўлган масофа, м;
- ❖ трактдаги акс этиш коэффициенти, дБ;
- ❖ аварияларда оптик толаларнинг узилган жойини аниқлаш, км;
- ❖ хроматик ва поляризацион (кутб)-модали дисперсиянинг фактик қийматини ўлчаш, пс.

### **ЎЛЧАШЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ !!!**

**Ўлчашлар** – алоқа объектларини қуриш ва эксплуатациясида реал параметрларни берилган талабларга мослигини ўрнатиш ва агар ушбу натижалар талабларга жавоб бермаса шикастланган жойни аниқлашнинг ягона усули ҳисобланади.

ТОАЛ қурилиши лойиҳа ҳужжатларига киритилган ўлчашлар нархи жуда юқори бўлади. Бунга сабаблар иккита: ўлчов аппаратураси нархининг жуда юқорилиги ва ўлчашлар сонининг ортиқчалигидир яъни жуда кўп сонлигидир.

Қурилиш-монтаж ишларининг технологияси бирор-бир босқичда бузилганда ОК шикастланиши мумкин, шунинг учун назорат ўлчовлар, ишлар бошланишидан аввал ва қурилиш жараёни тугагандан сўнг амалга оширилиши зарур. Барча ўлчашларнинг натижалари линия паспортининг алоҳида шаклига(жадвал) ёзилади.

Толали тракт монтажида уланган жойларни ўлчашлар ҳажмининг катталиги унинг параметрларини ўлчашнинг хусусиятларидан ҳисобланади. Кавшарланган уланишлар сифатини назоратлашда киритилаётган сўниш катталигини 0,001-0,05дБ тартибида ўлчаш талаб қилинади.

***ТОАЛ қурилишида қуйидаги ўлчовлар ҳажми тавсия этилади.***

Буюртмачидан кабел қабул қилинганда рефлектметр билан ташқи шикастланишларга ёки паспорт бўйича сўнишнинг чегаравий қийматларига

эга бўлган битта тола параметрлари ўлчаниб ушбу кабелни ётқизиш мумкинлиги тўғрисида қарор қабул қилинади.

ОК ни ётқизишдан олдин ҳар бир қурилиш узунлигида рефлектометр билан барча ОТларда сўниш ўлчанади. Ўлчовларни паспортда кўрсатилган шароитларда ўтказиш тавсия этилади (тўлқин узунлиги, индекс ёки тарқалиш тезлиги коэффиценти, зондлайдиган импульс давомийлиги ва ҳк.), агар ушбу шароитларни таъминлаш имкони бўлмаса, у ҳолда ўлчанган маълумотлар паспортда келтирилган маълумотлар билан солиштирилганда инобатга олинади.

ОК ётқизилгандан сўнг ҳар бир қурилиш узунлигида барча ОТларда сўнишнинг назорат ўлчашлари бажарилади. Паспортга ундан ташқари ётқизилган линия охиридаги узунлик маркерли қиймати (кабелдаги белгилар бўйича) ёзилади. К ётқизилгандан сўнг ҳар бир қурилиш узунлигида мегометр ёрдамида зирҳ ва”ер” орасидаги шланг изоляциясининг электрик қаршилиги ўлчанади. Кассетага уланиш(сросток) ўрнатилгандан сўнг муфта монтаж қилинганда унинг сўнишининг назорат ўлчови бажарилади. Агар у 0.05дБ дан ошмаса ва рефлектометр ҳамда кавшарлаш қурилмасининг кўрсаткичлари ўртасидаги фарқ ўлчашлар хатолиги чегараларида бўлса, у ҳолда ОТ ни бирлаштириш (срачивание) ниҳоясига етди деб ҳисобланади.

Акс ҳолда қўшимча ушбу толаларнинг, лекин 4 тадан ортиқ бўлмаган, уланишнинг берилган сўниш (0.05дБ) сатҳи олинмагунча бирлаштирилиши амалга оширилади. Жадвалга сўниш сатҳларининг барча қийматлари ҳамда муфтага кириш ва чиқишдаги узунликнинг кабел белгилари ёзилади.

Ҳар бир тўла монтажланган регенерацион линия участкасида барча ОТ лар рефлектометр ёрдамида икки томондан ўлчанади.

Охирги ўлчовларни имкони борича эксплуатация давомида ишлатиладиган рефлектометрларда бажариш лозим, натижаларни эса ахборот ташувчи (диск, дискета) ёки рефлектометрнинг ички хотирасига ёзиш керак.Хотирага яна муфталар тўғрисида аввал ёзилган маълумотлар (уларнинг масофаси,ОТ сўниши) киритилади. Сақланган ахборот кейинчалик эксплуатацион ўлчашларда рефлектограммаларни солиштириш учун ишлатилади.

ТОАЛ да эксплуатацион ўлчовлар ўз ичига қуйидагиларни олади:

- оптик қувватнинг сатҳларини ўлчаш;
- сигналларнинг сўнишларини ўлчаш;
- ТОК шикастланган жойи ва характерини аниқлаш.

Ушбу ўлчовларда оптимал **разрешение**, минимал ўлик(жонсиз) зоналарни,ўлчашлар вақтининг кам бўлишини таъминлашга эришиш керак.

Оптик қувватни ва сигналлар сўнишлари сатҳларини ўлчашлар ўзаро боғлиқдир.ТОАЛ га нисбатан ушбу оддий масалани ечиш маълум бир қийинчиликларга эга,чунки сигнал сатҳини ўлчаш натижалари оптик сигнал тест генератори интерфейсининг параметрларига, тола ташқи қиррасини қайта ишлаш сифатига, мазкур қирранинг нурлаш манбаининг юстировкасига ва ҳок.ларга боғлиқ.

## 5.2. Сўнишни ўлчашлар

Ахборотни узатишнинг тола-оптик муҳитини таҳлил қилиш стабиллаштирилган нурланиш манбаларидан (StabilizedLightSource-SLS) ва оптик сигналларни қабул қилгичлардан (Electro-OpticalReceiver-EOR) фойдаланишга асосланган, уларнинг параметрлари ТОК кўрсаткичлари ва назорат характеристикаларини белгилайди.

Оптоэлектрон қурилмаларнинг маълумотларига асосланиб қуйидагилар амалга оширилади:

- ✚ импулсли рефлектометрларнинг оптик вақтлари (Optical Time Domain Reflectometr-OTDR);
- ✚ оптик қувват сатҳини ўлчагичлар (OpticalPowerMeter-OPM);
- ✚ оптик кабелдаги сўнишни таҳлиллагичлар (OpticalLossTestSet-OTS).

Бунда OTDR ТОАЛни кабелнинг бир томонидан таҳлил қилиш учун қўлланилади, OPM ва OT эса ТОК нинг кириш-чиқиш қисмида ўлчашлар учун мўлжалланган.

Кабелнинг битта охиридан ўлчаш ТОКни эксплуатация қилишда носозликларни тезкор билан локаллаштириш имконини беради.

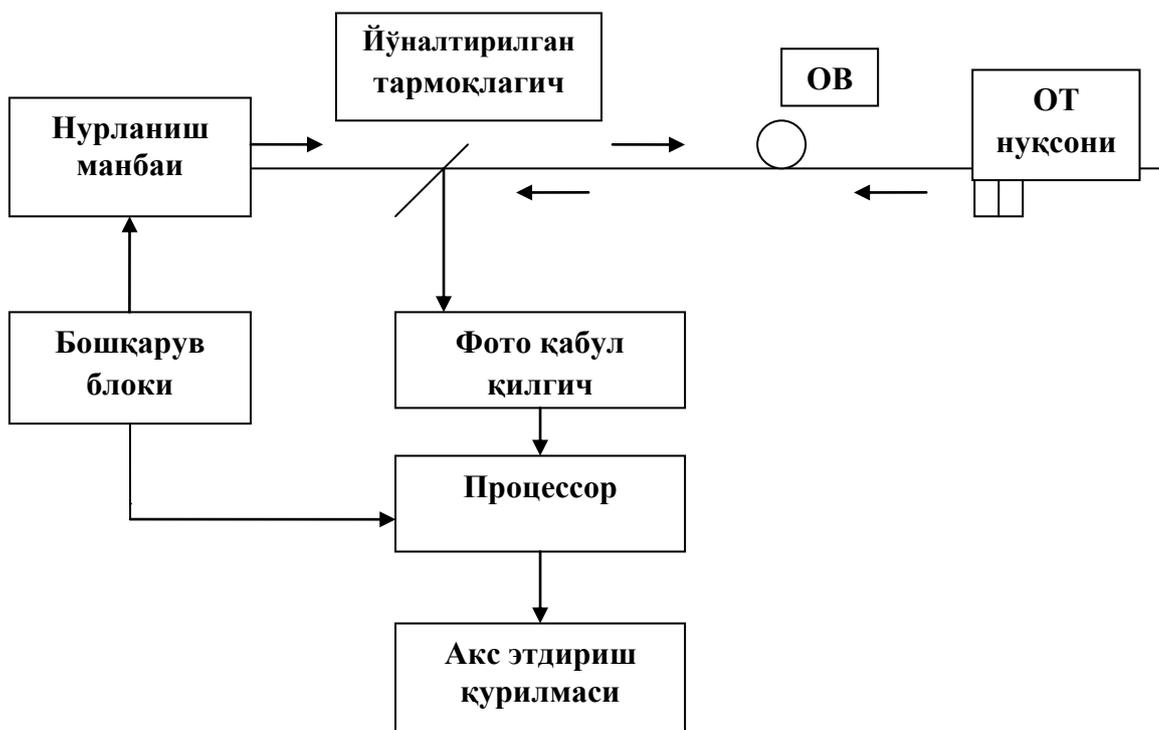
OTDR нинг бу устунликлари OPM билан солиштирилганда, OPM нуқта-нуқта схемаси бўйича ўлчовларни ташкил этишни талаб этади шу сабабли, OTDR уларни эксплуатация қилишда кенг қўлланишлигига сабаб бўлди. Ундан ташқари, рефлектограмма бўйича кабелларнинг сифатини визуал таҳлил қилиш қулай ва кўрсатмалидир.

## 5.3. Тесқари сочилиш методи

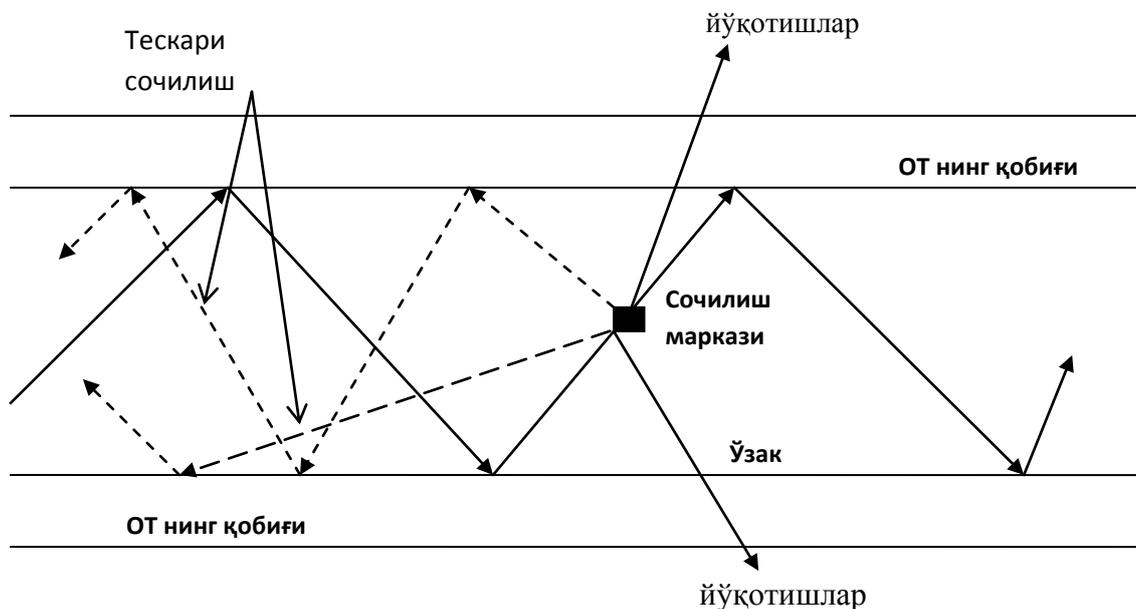
Рефлектометрнинг ишлаш принципи тесқари сочилиш методига асосланган оптик рефлектометрнинг содаллаштирилган структуравий схемаси 5.1- расмда келтирилган. Рефлектометрнинг ўлчаш принципи толага импулсли оптик нурланишни киритиш ва уни кейин тесқари сочилиш ва акс этиш натижасида ҳосил бўлган нурли оқимнинг манбадан келаётган(расм.5.2). кичик бир қисмини таҳлил қилишга асосланган.

**Рефлектометрнинг ўлчаш принципини тушуниб олинг!!!**

**Рефлектометрнинг ўлчаш принципи** - толага импулсли оптик нурланишни киритиш ва уни кейин тесқари сочилиш ва акс этиш натижасида ҳосил бўлган нурли оқимнинг кичик бир қисмини таҳлил қилишга асосланган. Рефлектометр нурли оқим сатҳининг тола бўйича масофага боғлиқлик графигини тузади



Расм.5.1 Оптик рефлектометрнинг соддалаштирилган структуравий схемаси



Расм 5.2. Толанинг бир турли бўлмаган жойларида нурнинг сочилиши

Тўғри ва тескари нур оқимларини ажратиш мос равишда нурланиш чиқишига, фотоқабулқилгичга ва назоратланаётган алоқа линиясига йўналтирилган ажратгич ишлатилади. Натижада, оптик қабул қилгич чиқиш сигналинини рақамли қайта ишлагич бошқарув блоки синхронлаётган, дисплей экранида рефлектограмма- акс этган нурланиш қувватининг оптик кабел узунлигига боғлиқлиги шаклланади (расм. 5.3).

## РЕФЛЕКТОГРАММА нима ??

**Рефлектограмма – акс этган нурланиш қувватининг оптик кабел узунлигига боғлиқлигини кўрсатувчи диаграмма**

Вертикал шкала тарқалган (акс этган) сигнал сатҳини логарифмик бирликларда кўрсатади. Горизонтал ўқ рефлектометрнинг толани тестланаётган соҳасигача бўлган масофасига мос келади. Ётиқ чизик толанинг ўзидаги тескари сочилишни характерлайди.



Рис 5.3. ТОАЛ нинг типик рефлектограммаси

Рефлектограммада кабелларнинг сифатсиз уланган жойларидан, кавшарланган жойларини, ОТ материалининг технологик бир турли бўлмагани(аралашмалар заррачалари, тузилманинг нуқсонлари ва ҳок.) туфайли тасодифий сочилиш соҳаларини ва акс этишини, сигнални кабелнинг охиригича четидан акс этганини кўриш мумкин.

Сатҳнинг бошланғич сочилиши **френелевли** акс этиш билан юзага келади, бунга сабаб асбобни тестланаётган тола билан боғловчи ажратгич оптик боғловчида, толанинг қирраларида синиш коэффициентининг кескин ўзгаришидир.

**Френелевли** акс этиш “ўлик зона” (ноаниқлик зонаси) билан боғлиқ бўлиб, у OTDR қабул қилгичнинг тўйиниши сабабли юзага келади

юқори сатҳли акс этган сигнал уни киришига келиши билан

Наличие френелевского отражения связано с «мертвой зоной» (зоной неопределенности), появление которой вызвано насыщением приемника OTDR при поступлении на его вход отраженного сигнала высокого уровня, так как в этом случае ему потребуется некоторое время для восстановления чувствительности после подобной перегрузки, а это приведет к потере информации после насыщения. Как результат, определенный сегмент

волокну оказывается исключенным из процесса тестирования т.е. «**мертвой зоной**» рефлектометра называется время восстановления (хотя в действительности это расстояние), в течении которого сильное френелевское отражение маскирует последующие отражения или рассеивания.

“Ўлик зоналарни” минималлаштириш учун зондлайдиган импульс давомийлигини камайтириш керак. Кавшарланган боғланишларда френелевли акс этиш мавжуд эмас, чунки толанинг парчаланган қирралари бир-бири билан қўшилишиб кетади. Бироқ уларда йўқотишлар *релеевли сочилиш* ҳисобига мавжуд бўлади.

Рефлектограммада улар сигнал қувватини кескин отилишсиз сўнишнинг ортиши жойидек акс этади. Яхши кавшарланган уланишни аниқлаш қийин, чунки уунда йўқотишлар катта эмас, ва рефлектограммада пайдо бўладиган “поғонача” жуда кичик. Микроэгилишларда йўқотишлар ўхшаш характеристикаларга эга ва шунинг учун уларни кавшарланган уланишлар дағни йўқотишлардан фарқлаш жуда қийин.

Оптик тола сифати ёмонлашувининг асосий сабаби турли-туман нуқсонларни пайдо бўлишидадир, уларга: ёриқлар, эгилишлар ва узилишлар киради. Рефлектометр билан кўрсатилган нуқсонлар билан ОТ тестланганда одатда нуқсонларда френелевлик акс этишга мос келадиган импульсларни кузатиш мумкин. ОТнинг узилиши ёки сезиларли даражадаги шикастланишлари акс этган сигнал қувватининг кескин отилишига хос акс этиш нуқтасидек тасвирланади.

ТОАЛ нинг муҳим устунлигидан бири бу унинг потенциал узок муддатли бўлишидир. Бироқ, узок муддатли ишлашини таъминлаш учун зарур шароитлар ва улардан асосийси: толада механик кучланишларнинг бўлмаслиги, улар кабелни ишлаб чиқаришда технологияни бузилишида, уни ётқизишда, тупроқнинг совуқ ҳароратда деформацияланишида, шамолда юкланишлар ва осма кабел музлаб қолганда, ҳароратнинг катта ўзгаришларида, телефон канализацияси ёки тупроқнинг чўкишида (айниса катта бино ва кўприклар олдида), автомагистрал ёнида тқизилшан кабелнинг титрашларида, ер қимирлашларида ва бошқа техноген аралашувларда пайдо бўлиши мумкин.

Кабелда толанинг ўта тортилиши унинг мусаҳкамлик характеристикаларин деградациясига олиб келади, ва охир пировард толанинг узилишига сабаб бўлади. Эксплуатациянинг нормал шароитларида (толанинг нисбий чўзилишида 0,3% дан кам бўлганда) толанинг яшаш вақти 25 йил ва ундан ортиқ, бироқ нисбий чўзилиш 0,-0,7% бўлганда толанинг узилиши бир йил давомида бўлиши мумкин. Шунинг учун ТОК нинг ишончилигин баҳолаганда кабелда толанинг тортилиши тўғрисида ишончли ахборотга эга бўлиш керак. Одатдаги OTDRлар толанинг тортилиш даражасини аниқлай олмайди, чунки толада кучланиш юзага келганда оптик йўқолишларнинг катталиги, одатда толанинг узилиши юз бергунга қадар норма чегараларида қолаверади. Бугунга келиб ОТ узунлиги бўйича кучланишнанг тақсимланишини аниқлаш имконини берувчи ягона асбоб бўлиб япония фирмаси ANDO – AQ8602, AQ8603 ишлаб чиқараётган

бриллюэнов рефлектометрлари (BOTDR – Brillouin optical Time Domain Reflectometer) ҳисобланади.

Ушбу рефлектометрнинг ишлаш принципи мажбурий Мандельштама – Бриллюэна сочилишни баҳолашга асосланган, у модда зичлиги ўзгаришида синиш кўрсаткичининг ҳаракатчан биртурли бўлмаган жойларида пайдо бўлади.

ОТ шишасида гипертонувшли тўлқинлар вужудга келади (ёки акустик фонлар), уларда нурнинг нозичли сочилиши юз беради, натижада нурланиш спектрида янги компонентлар ҳосил бўлади(торлар тортилганда товуш ўзгаргани каби). BOTDR имкониятлари битта асбобда рефлектометр ва спектрал таҳлиллагич қўшилганига асосланган.

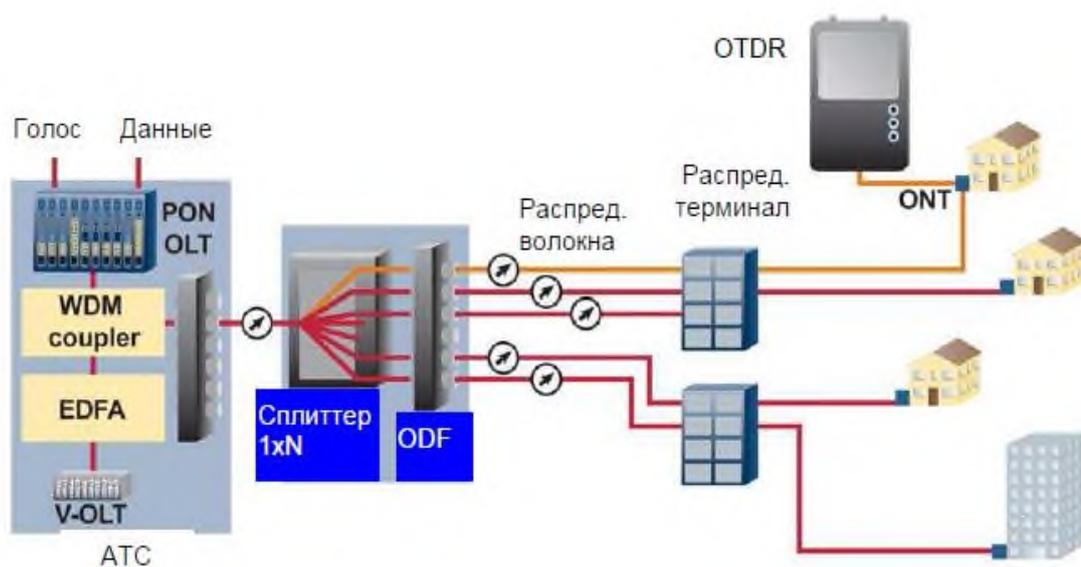


Рисунок 107: Измерения с помощью рефлектометр ёрдамида ўлчаш

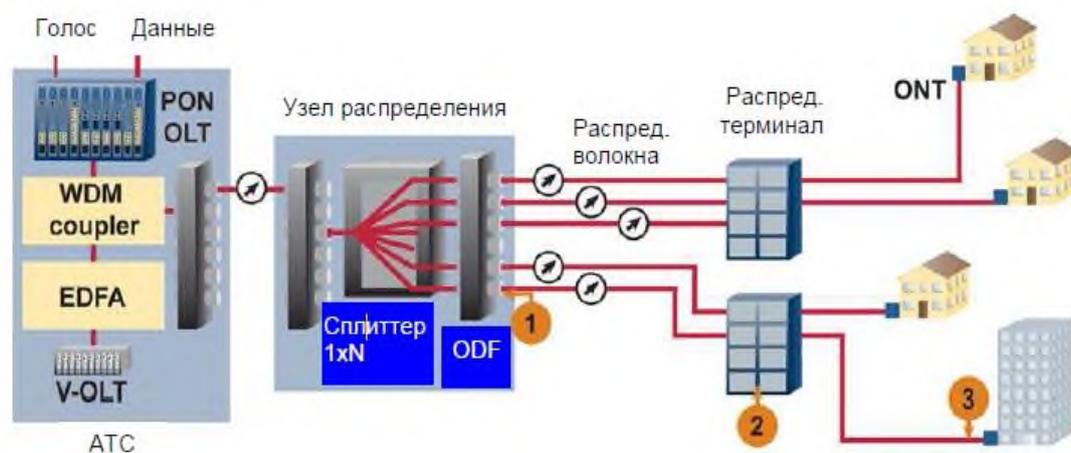


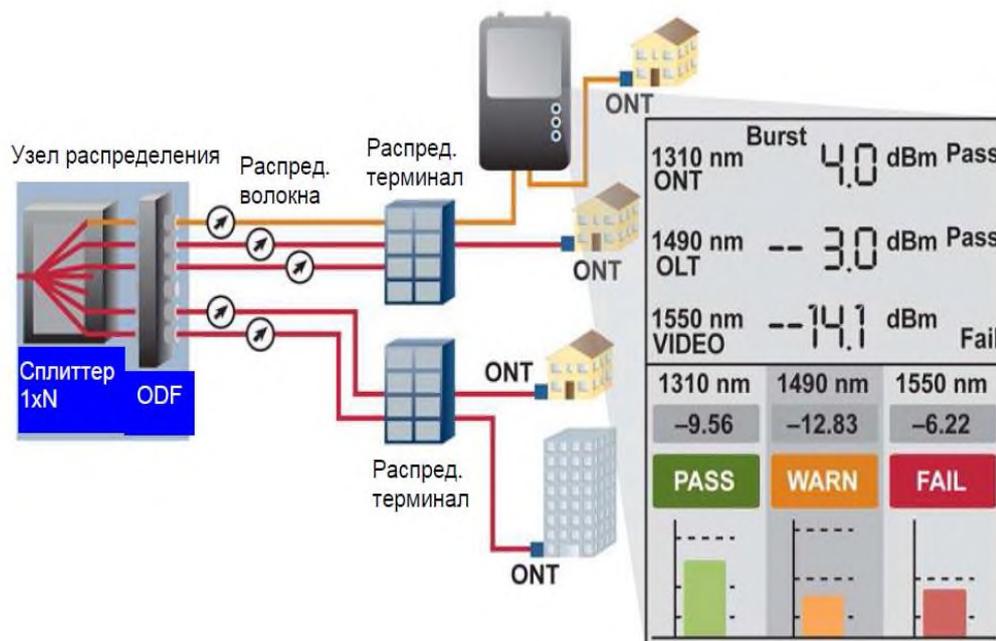
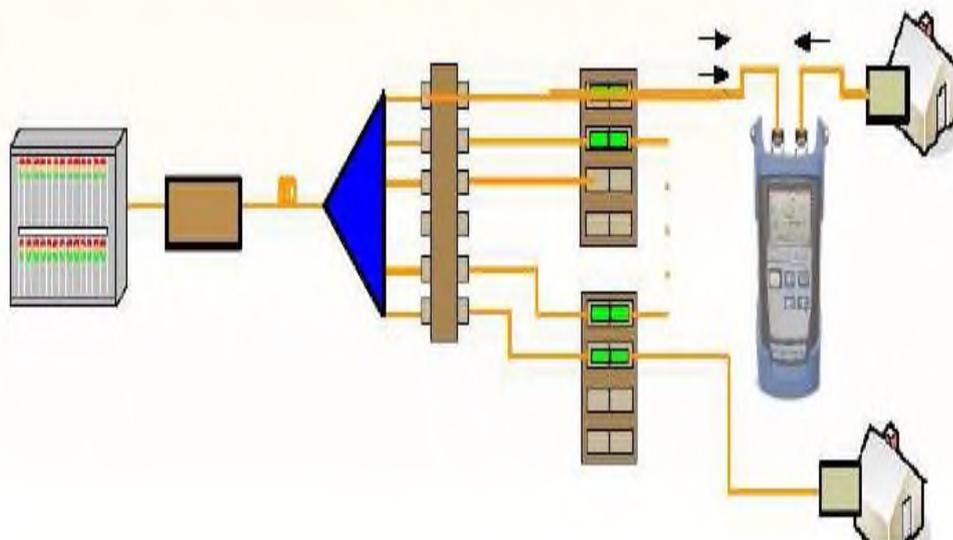
Рисунок 111: Бир неча нуқталарда ўлчашларни ўтказиш

Рисунок 112: Измерения уровня оптического сигнала на трёх длинах волн  
**На рисунке: PASS** – уровень сигнала в норме; **WARN** – предупреждение об опасно низком уровне сигнала; **FAIL** – очень низкий уровень сигнала

## 12 Поиск неисправностей

Измерения, связанные с поиском и устранением неисправностей в кабельной сети, включают в себя рефлектометрию на различных участках с использованием четырех длин волн:

- 1490 нм - передача голоса и данных (прямой поток) к абоненту;
- 1550 нм - дополнительный канал для передачи видеосигнала;
- 1310 нм - передача голоса и данных (прямой поток) от абонента;
- 1625/1650 нм - служебный канал для поиска неисправностей.



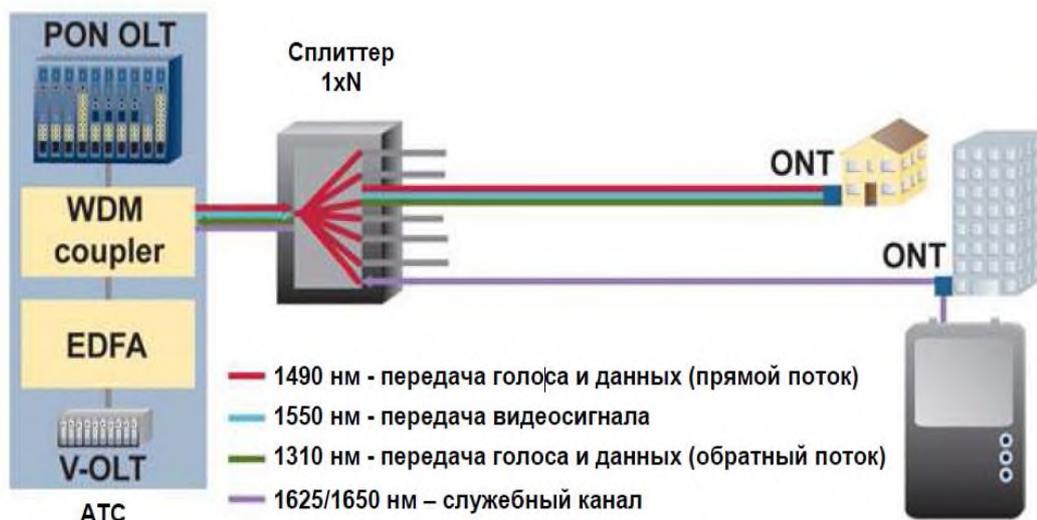


Рисунок 114: Поиск неисправностей в сетях PON

**OTDRга қўйиладиган умумий талаблар ўз ичига қуйидаги тавсифларни олади:**

**1.Рефлектометрнинг динамик диапазони ва биртурли бўлмаган жойлар масофасини аниқлаш.**

OTDR динамик диапазонини чегаралаш 40 Дб ни ташкил этади, бу ТОАЛ ни максимал даражада 200-240 км узунликда назоратлаш имконини беради. Бундан узун олислаштирилган тестлаш ТОАЛ тизимлари учун, ОТ ни 300 км гача ва ундан ортиқ назоратлаш имконияти бўлган OTDR керак бўлади, бу талабни фақат 45 Дб га тенг динамик диапазонли рефлектометр таъминлаши мумкин.

**2.Фазовий раз қобилият** OTDRни иккита қўшни воқеаларни аниқлаш қобилиятини характерлайди.

**Разреш** қобилият зондлаш импульсининг давомийлигига боғлиқ (импульс давомийлиги 10пс 1м бўлган фазовий **разр-га**, 20мкс эса – 2 км га мос келади).

**3.“Ўлик зона” узунлиги** (метрларда ёки футларда) – рефлектометрнинг энг муҳим характеристикаларидан бири ҳисобланади, чунки ундан фазовий **разр**, ҳамда ўлчаш аниқлиги воқеа олдида сигнал сўнишининг аниқлиги боғлиқ бўлади. Носезгирликнинг яқиндаги зонаси замонавий рефлектометрлар учун 1 дан 20 м гача ни ташкил этади.

#### 5.4. Сўнишни ўлчашнинг тўғридан-тўғри методлари

Агар тўла йўқотишларни ўлчашларда ТОАЛ тракти бўйлаб сўниш тақсимотини назоратлашга зарурат бўлмаса, унда оддий асбоблар ишлатилади

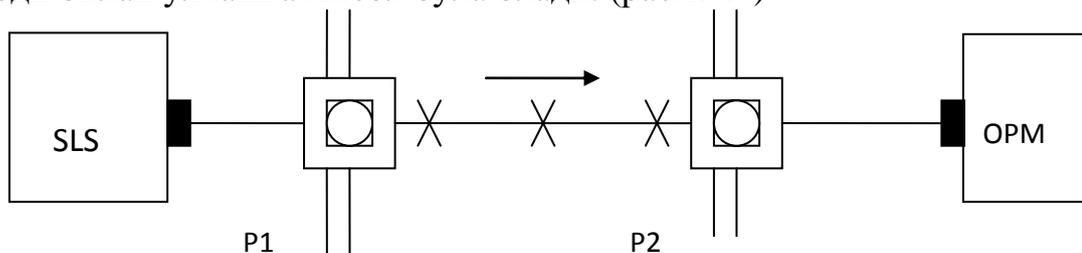
- **оптик қувват ўлчагичлари ёки оптик тестерлар(мултиметрлар).**

Конструктив равишда оптик қувватни ўлчагич (ОҚЎ-ОРМ) оптик кабулқилгич бўлиб у қувват бирликлари калибрланган бўлади, **оптик**

**тестерлар OTS эса** – битта корпусда бажарилган бўлади ва оптик характеристикалари бўйича мувофиқлаштирилган бўлади, булар: оптик нурланиш манбаи(SLS), оптик қувват ўлчагичи(OPM)ва қайта ишлаш блоки.

Одатда ушбу асбобларда нурланиш манбалари ёки яримўтказгичли лазерли диод(LD) ёки яримўтказгичли суперлюминисцентли нурли диод (LED)хизмат қилади, фотоқабулқилгичлар эса – яримўтказгичли фотодиодлар: германийли (Ge), кремнийли (Si) ёки арсенид – индий билан легирланган (InGaAs) гелийли бирикма.

ТОК киритаётган сўнишни тўғридан-тўғри ўлчаш методи, “нуқта-нуқта” методи билан ўлчашга мисол бўла олади. (расм.4.4)



Расм 5.4. ТОК да сўнишни ўлчаш схемаси

**Киритилаётган йўқотишлар методи** унчалик аниқ бўлмаса ҳам, у толани узишни талаб этмайди. Ушбу методга биноан, даставвал оптик нурланиш манбаи чиқишида оптик қувват ва эталон толани ўлчаш амалга оширилади, сўнгра ўлчашлар тизимга ўлчаш зарур бўлган толани қўшиш билан олиб борилади. Ушбу иккита ўлчашлар ўртасидаги фарқ айнан тола йўқотишларини кўрсатади.

Бунда ITU-TG.651, ЕТА/ГТА тавсияномаларига биноан сўнишни ўлчашнинг иккита асосий методини фарқлаш керак – бузувчи(узувчи) методлар ва бузмайдиган (йўқотишларни киритувчи) ўлчовлвр.

**Узиш методи** толанинг узун кесими охиридаги чиқишдаги ўлчанган оптик нурланиш қуввати қийматини, толанинг қисқа участкасидаги чиқишидаги ўлчанган қувват қиймати, манба томонидан унинг узунлигини бир қисмини кесиш ҳисобига (2матрофида) билан солиштиришга асосланган. Узиш методи сўнишни ўлчашни энг аниқ методи ҳисобланади, бироқ у толани узишни талаб қилади, уни инсталляцияда, техник хизмат кўрсатишда ва дала шароитларида ишлатиш самарали эмас, шунинг учун фақат оптик толаларни ишлаб чиқаришда қўлланилади.

### 5.5. Дисперсияни ўлчаш

Хроматик ва кутбли мода дисперсиянинг (ҚМД ПМД) амалдаги қийматларини ўлчаш масалалари юқори тезликдаги (2,5 Гбит/Т ва ундан юқори) линияларни қуришда, ҳамда мавжуд линияларни модернизация қилишда ахборот узатиш тезлигини ошириш мақсадида юзага келади.

Линияларни қуриш жараёнида ПМД нинг фактик қийматини ўлчаш унинг максимал ўтказиш полосасини(йўлагини) ва регенерацион участканинг узунлигини тўғри ҳисоблаш имконини беради. Ўтказиш қобилиятини

ошириш мақсадида линияларни модернизациялашда фактик ПМД ни ўлчаш ўтказиш қобилиятини орттириш йўли билан тезликни орттириш мумкинми ёки спектрал зичлаштириш (DWDM) усули асосида узатиш тизимини татбиқ этиш керакми деган саволга жавоб бериш имконини беради.

Хроматик дисперсиянинг муҳим хусусияти бўлиб **пассив** қурилмалар, ишлатиш йўли билан уни компенсация қилиш имкони борлиги ҳисобланади, компенсация қилиш учун алоқа линиясида дисперсия компенсаторлари – манфий эгилишга эга дисперсион эгри чизикли билан махсус оптик толадан иборат қурилма(пассив қурилма) ёки Брегг панжараларида дисперсия компенсаторларини ишлатиш йўли билан. Хроматик дисперсиянинг фактик (амалдаги) қиймати берилган линия участкасини максимал ўтказиш полосасини аниқлаш ва дисперсия компенсаторлари параметрларини тўғри ҳисоблаш, ҳамда уларни ўрнатиш частотасини ҳисоблаш имконини беради.

**Хроматик дисперсияни ўлчашнинг асосий методи бўлиб фазаларни силжитиш методи ҳисобланади. Ўлчашнинг қуйидаги методларини кўрсатиб ўтиш мумкин:**

- фазаларни силжитиш методи;
- фазаларни дифференциал силжитиш методи;
- амплитудавий модуляция методи.

**Қутбلى мода дисперсиясини ўлчаш методларига қуйидагилар киради:**

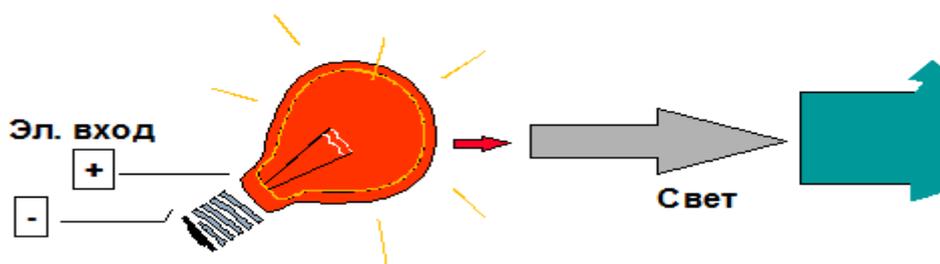
- тўлқинли метод – тўлқин узунлигини сканирлаш методи.
- PMD ни вақт бўйича (интерферометрик) ўлчаш методи.

### 5.6. ТОАЛ да энг кўп учрайдиган ўлчов методлари ва воситалари

Қуйида ТОАЛ да ўлчашлар амалга оширилганда энг кўп учрайдиган методлар ва ўлчов воситаларини қисқача ишлаш принципи келтирилган

#### Тола-оптик узатиш тизимлари :

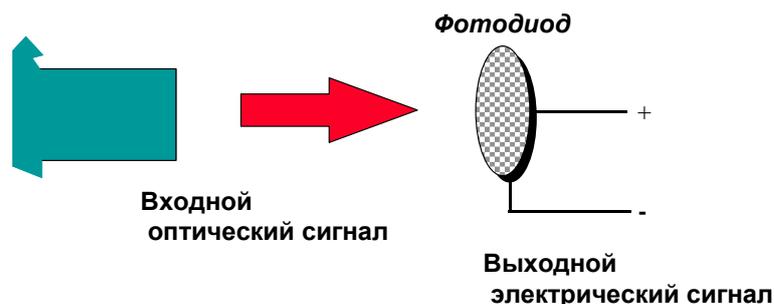
1. Узатиш ( $\Theta > 0$ ) ; Электрооптик ( $\Theta - O$ ) ўзгартиргич



Ўзгарувчан ёруғлик – Аналог сигнал  
Липиллаш – Рақамли сигнал

2. Оптик –тола –узатиш муҳити.ОВ на основе кварц шиша асосидаги ОТ





4. Кувват (Ваттлар ёки децибеллар) - дБм – ўлчов бирлиги, у одатда оптик нурланишни оптик кувватни ўлчагич ёрдамида ўлчаш учун ишлатилади

- Лампадек: кувват катта бўлса = ёруғлик шунча равшан.
- Узатгичлар: тахминан 1 мВт (0 дБм).
- ТОАЛ даги кувват диапазони : +20 дБм to -70 дБм.

5. Ранг (тўлқин узунлиги) - **нанометрларда (нм)** ёки **микронларда (мкм)** ўлчанади

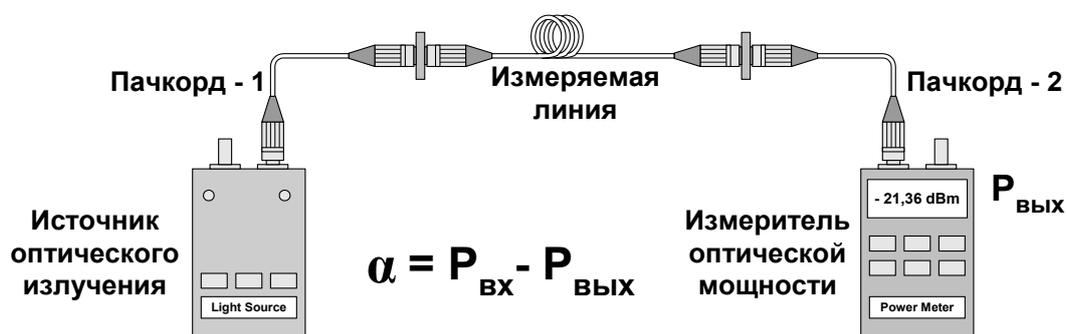
- ❖ 300нм (яшил) – 700нм (қизил) одам кўра оладиган нур.
- ❖ ТОАЛ инфрақизил диапазондаги нурланишни ишлатади (850, 1310, & 1550нм)

**Оптик йўқотишларни тўғридан-тўғри ўлчаш методи.**

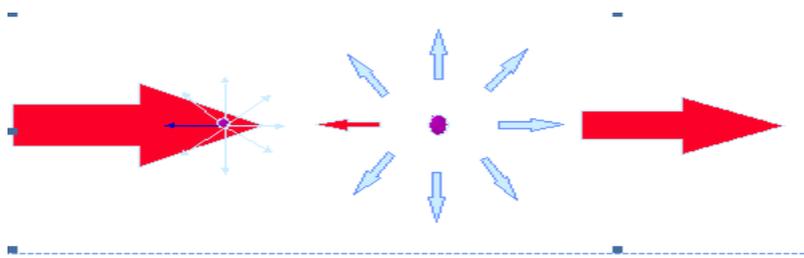
### 1. Калибрлаш



### 2. Ўлчаш



4. Рефлектометр ёрдамида оптик йўқотишларни ўлчаш.  
Релеев сочилиши



Тола бўйича нур тарқалганда унинг бир қисми барча йўналишларда *сочилади* . Жуда кичик қисми яна нурланиш манбасига қайтади(тахминан 0,0001%).

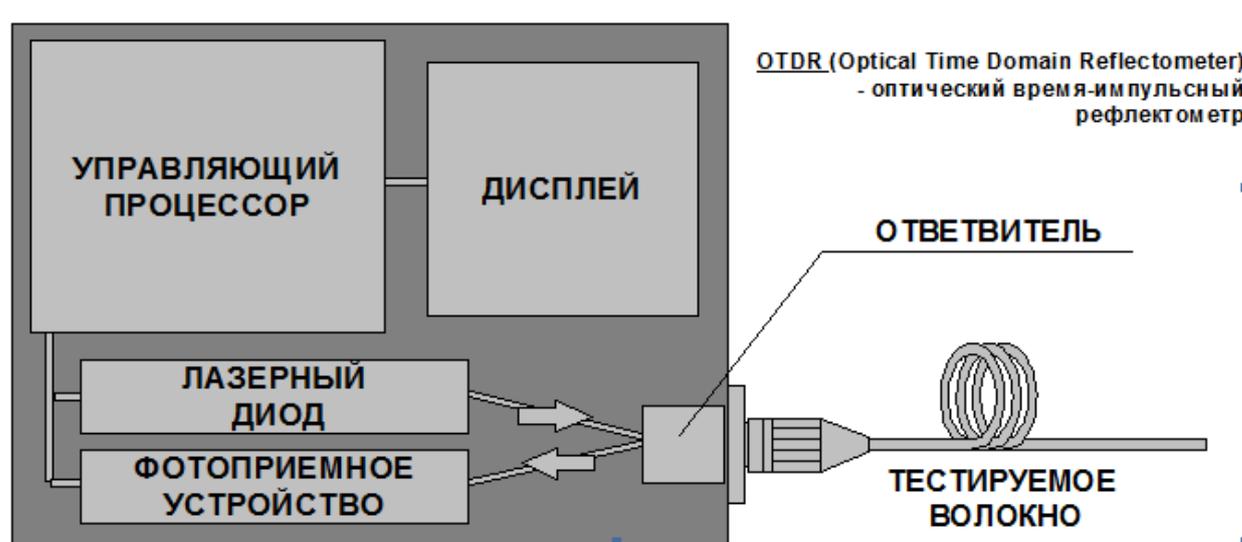
**Френелевли акс этиш** - .нур бир мухитдан бошқа мухитга ўтганда 4% гача акс этади.



### Рефлектометр ёрдамида ОТ параметрларини ўлчаш принципи.

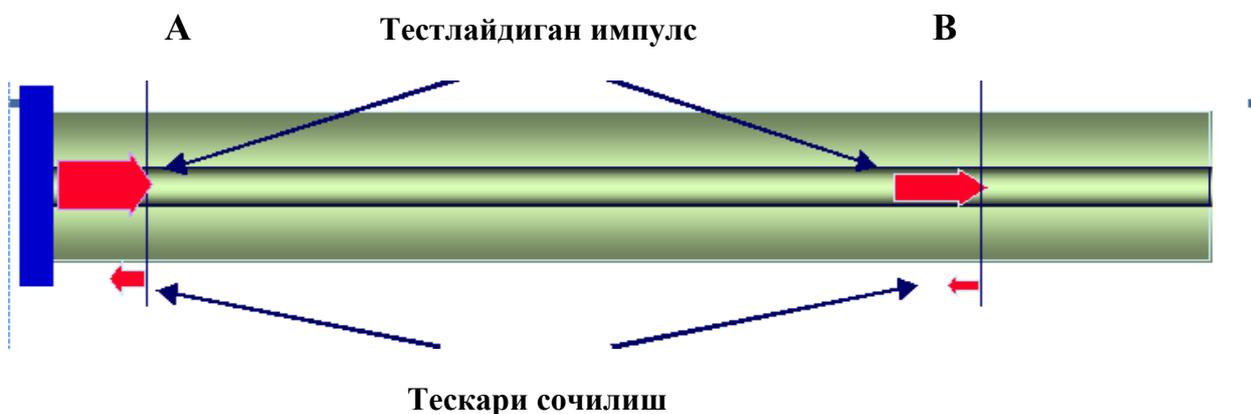
#### 1.Толада сўнишни ўлчаш.

Рефлектометрнинг ўлчаш принципи толага импульсли оптик нурланишни киритиш ва уни кейин тесқари сочилиш ва акс этиш натижасида ҳосил бўлган нурли оқимнинг кичик бир қисмини таҳлил қилишга асосланган. Рефлектометр нурли оқим сатҳининг тола бўйича масофага боғлиқлик графигини тузади



Расм 4.5.Рефлектометрнинг тузилиши

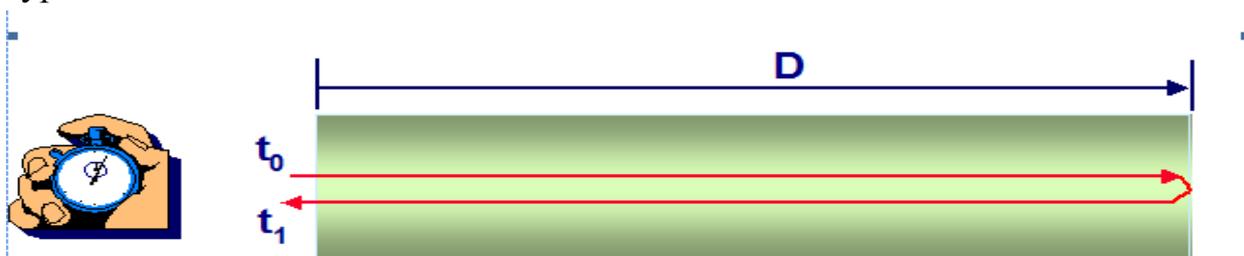
Тескари сочилиш сатҳи тестлаётган импульс қувватига сатҳига тўғри пропорционал. импульс қувватининг сатиҳи нурни тола бўйича ўтиб борган сари камайиб боради, тескари сочилиш сатҳи билан ҳам худди шу нарса юз беради. Рефлектометр маълум дискретлик билан тола узунлиги бўйича тескари сочилган нур сатҳини аниқлайди ва *рефлектограммани* тузади – яъни масофага боғлиқ равишда толада нурнинг сўниш графигини тузади.



## 2. Тола бўйича масофани ўлчаш.

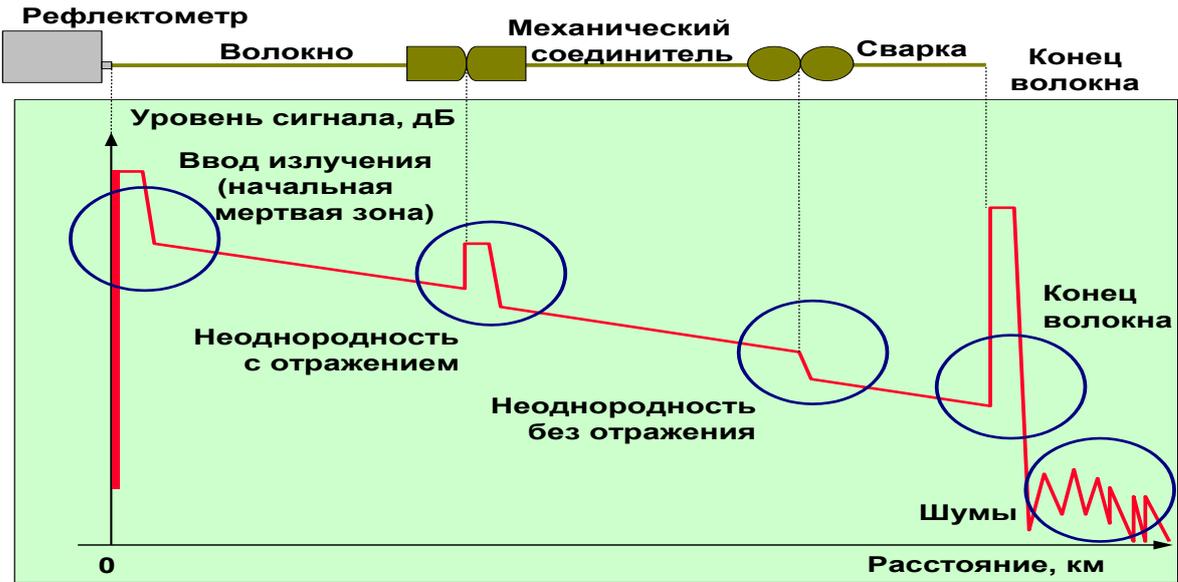
$$D = \frac{C t}{2 n}$$

Бу ерда:  $D$  - тўлқин узунлиги;  $C$  - нурнинг ваакумдаги тезлиги;  $t$  - толада нурнинг тарқалиш тезлиги;  $n$  – толада нурнинг синиш коэффициенти кўрсаткичи.



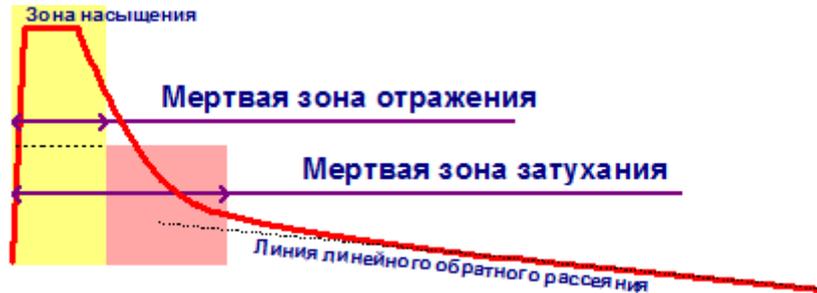
$$t = t_1 - t_0 \quad \text{Ваакумда нурнинг тезлиги :} 299.792.460 \text{ м/с.}$$

### 3. Рефлектограмминг умумий кўриниши.



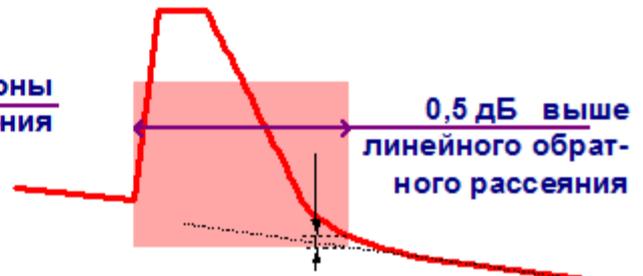
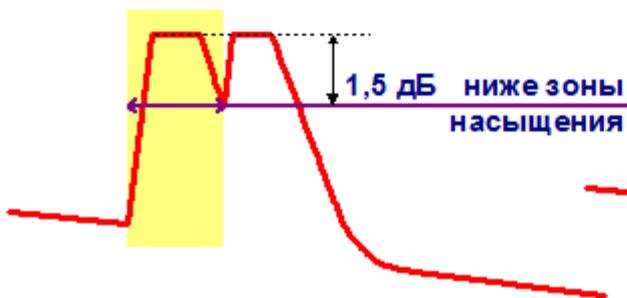
### 4. Жонсиз(ўлик) зоналар.

**Бошлангич”ўлик”зона** – рефлектометрни қанчалик яқин масофадан толани ўлчашини кўрсатишини аниқловчи зонадир, зондлайдиган импульс узунлигини катталаштириш ўлик зонанинг узунлигини ҳам катталаштиради.



Акс этишининг ўлик зонаси

Сўнишининг ўлик зонаси



Иккита воқеани ажратиш имконини беради

Линиявий ўлчашлар имконини беради

## 5.6. Оптик параметрларни рефлектометр билан ўлчаш. Оптик толанинг сўниш йўқотишларини ўлчаш.

Оптик толанинг сўниш йўқотишларини ўлчаш режимида иккита маркер ва рефлектометр ўртасидги масофа ва сўнишни ўлчаш мумкин ва ушбу ўлчашлар асосида ОТ нинг километрик сўнишини ўлчаш мумкин.

$\alpha$  – иккита маркер орасидаги сўниш;  $L$  – иккита маркерлар орасидаги масофа  
Рефлектометр куйидагини ҳисоблайди:  $\alpha/L$  - толанинг километрик сўниши.

Рефлектометрнинг дастурий таъминоти олинган ўлчашлар натижасида олинган эгри чизиқ бўйича оптик сигнални толадаги сўнишини тавсифловчи тўғри чизиқни ясади. Бундай чизиқни қуриш иккита метод (**2PA** ва **LSA**) билан амалга оширилиши мумкин



### 5.1. Ўлчаш методлари.

#### 2PA методи – икки нуқта методи

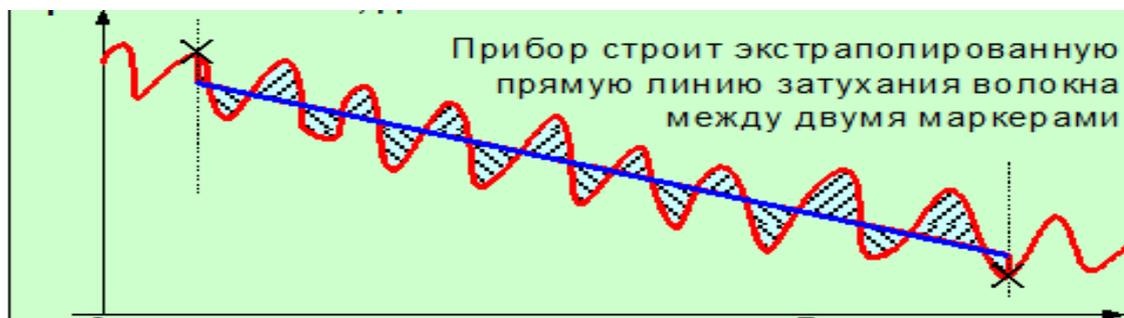
Сигнал сатхи, Дб



Масофа, км.

## LSA методи – кичик юзалар методи

Сигнал сатҳи,Дб

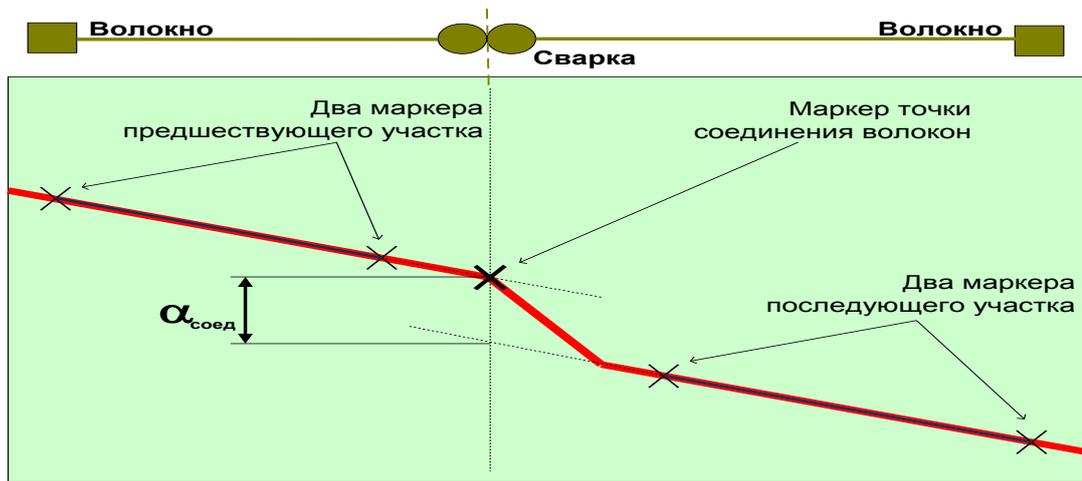


Масофа,км.

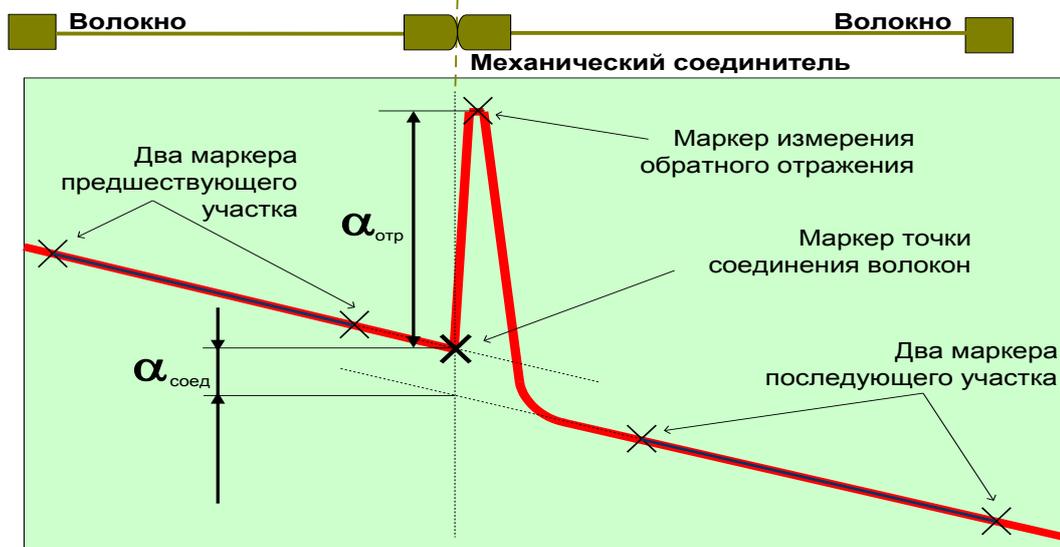
### 5.2. Оптик толаларнинг уланган жойида йўқотишларни ўлчаш.

Оптик толаларнинг уланган жойида йўқотишларни ўлчаш бешта маркерлар ёрдамида амалга оширилади: марказий маркер ўлчанаётган ҳолатини аниқлайди, бундан олдинги иккита маркер эса ТОАнинг олдинги кейинги қисмларидаги характеристикаларини ўлчайди.

### Кавшарлаб уланишдаги йўқотишларни ўлчаш.

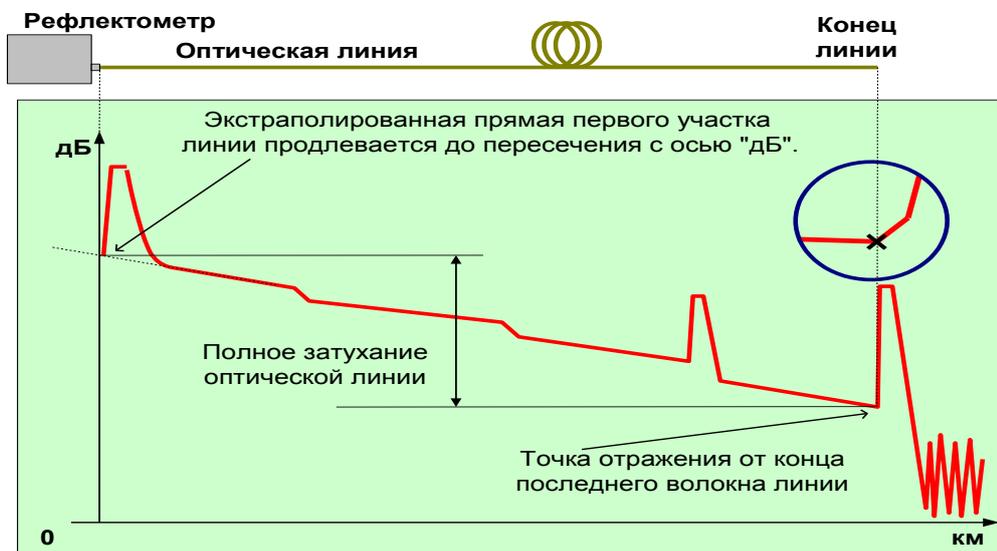


5.5. Механик улашда йўқотишлар ва тескари акс этишни ўлчаш.



Яъни толалар уланган нуктада йўқотишларни ўлчаш учун рефлектометр билан ўлчанганда ўлчовларни икки томондан ўтказиш зарур ва уларни ўрта қийматини ҳисоблаш керак..

### Линиянинг тўла сўнишини ўлчаш.



## ORLни ўлчаш(кайтараоптик йўқотишлар)



### 5.7.Оптик рефлектометр блокнинг асосий характеристикалари

Рефлектометр блоки- рефлектометрларнинг асосий қисмларидан бири бўлиб оптик блок ҳисобланади, у оптик линияни сканирлайди ва ўлчайди, ҳамда ушбу ўлчовлар натижаси бўйича рефлектограмми тузади.Ушбу блокнинг линияни ўлчаш бўйича имкониятларини белгиловчи асосий характеристикалари бўлиб динамик диапазон ва **разр** қобиляят ҳисобланади.

#### 1.Динамик диапазон.

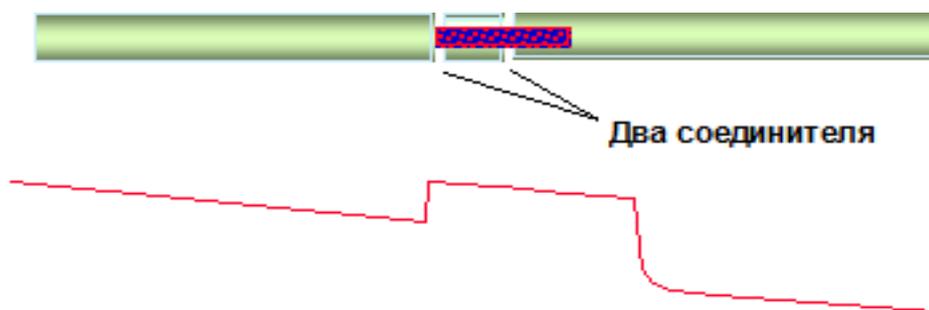
**Динамик диапазон.**- оптик параметрларни ўлчаш учун линиянинг максимал узунлигини аниқлаш имконии беради



Импульс узунлиги катталаштирилганда динамик диапазон катталашуви юз беради.Ўлчовлар диапазонини кенгайтириш ўрта қийматни ҳисоблаш процедураси ҳисобига амалга оширилиши мумкин.

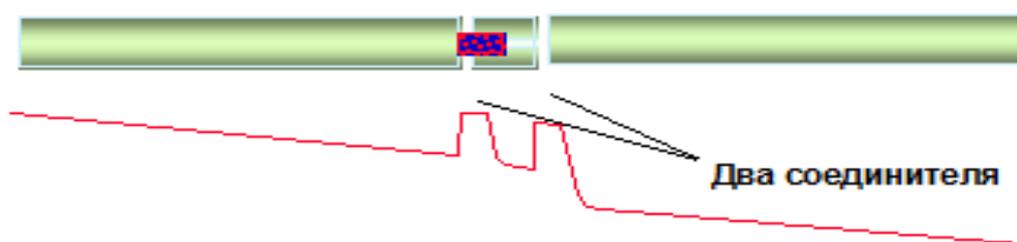
#### 1.Механик улашни акс этдириш.

Катта узунликдаги импульс



Нур импулсининг узунлиги боғловчилар ўртасидаги масофадан катта.Рефлектограмма шаклидан қайси бир боғловчи катта йўқотишларга эга эканлигини билиб бўлмайди.

### Кичик узунликдаги импулс



Нур импулсининг узунлиги боғловчилар ўртасидаги масофадан кичик.Бу ҳолда иккита боғловчидан қайси бири катта сўнишгаэгаэканлигини билиб олиш осон.

## 2.Кавшарланган уланишни тасвирлаш.

Сигнал сатҳи, Дб

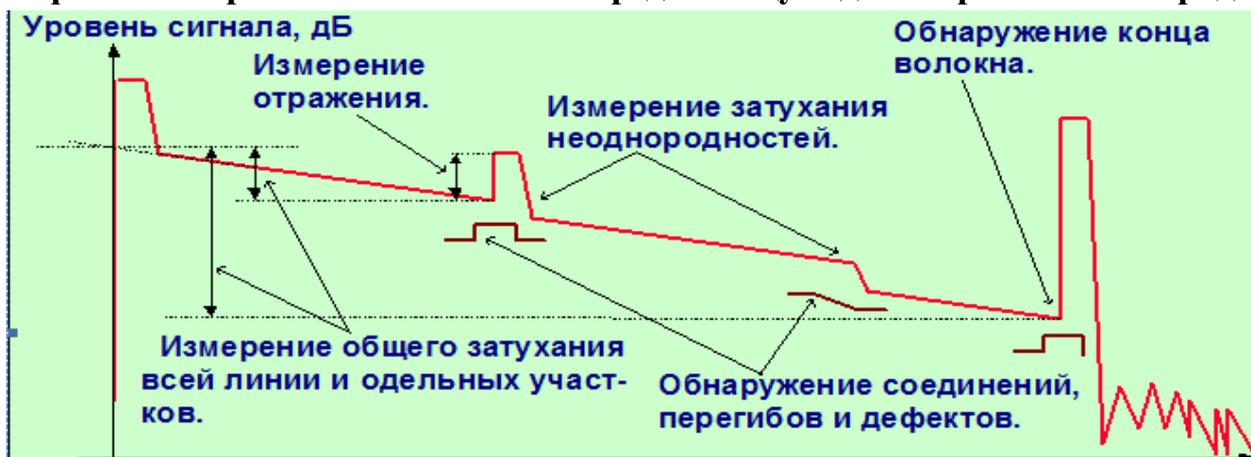


Катта узунликдаги импулс иккита тола уланган жойда тескари сочилиш сигналлари ўртасида узунроқ ўтишни бегилайди. Қисқа импулс бу ўтишни кескинроқ қилади.

## Рефлектограммаларни автоматик тарзда қайта ишлаш

Рефлектометр автоматик тарзда оптик линиянинг бир турли эмаслигини аниқлайди ва улардаги сўнишларни ҳамда акс этишни аниқлайди, ундан ташқари бутун линиянинг тўла сўнишини ва аниқланган ҳодисалар ўртасидаги линияларнинг сўнишини ўлчашни амалга оширади ва ҳисоблайди. Ўлчовлар натижалари бўйича ҳодисалар жадвали тузилади, унда ўлчовлар бўйича барча маълумотлар жамланган бўлади.

Рефлектометр автоматик тарзда қуйидагиларни бажаради



Масофа, км

## ХУЛОСА

ТОЛА оптикалоқалинияларида ўлчашлар ўлчов турлари Сўнишни ўлчашлар  
Тескари сочилиш методи

OTDRга қўйиладиган умумий талаблар ўз ичига қуйидаги тавсифларни олади  
Сўнишни ўлчашнинг тўғридан-тўғри методлари

Дисперсияни ўлчаш ТОАЛ да энг кўп учрайдиган ўлчов методлари ва  
воситалари ТОАЛ қурилишида қуйидаги ўлчовлар ҳажми тавсия этилади  
рефлектограмма

Оптик параметрларни рефлектометр билан ўлчаш.

Оптик толанинг сўниш йўқотишларини ўлчаш

## Назорат саволлари:

1. ТОАЛ да ўлчаш турлари
2. ТОАЛ да эксплуатацион ўлчаш турлари
3. ТОАЛ да ўлчаш учун асбоблар
4. ОТ сўнишини ўлчашнинг тескари сочилиш методи
5. Рефлектограмманинг вазифаси
6. Оптик толанинг рефлектограммаси

## **6.ТОЛАЛИ ОПТИК АЛОҚА ЛИНИЯЛАРИГА ТЕХНИК ХИЗМАТ КЎРСАТИШ**

### **6.1. Техник эксплуатация асослари**

Толали оптик узатиш тизимининг техник эксплуатацияси деганда тизимнинг ҳамма техник объектларини ишловчанлигини таъминлаб берувчи тадбирлар мажмуаси тушунилади. Техник объектнинг ишлаб чиқариш ҳолати бутун эксплуатация муддати давомида техник хизматлар учун бутун харажатлар ва бутун даромаднинг йўқотуви авария ва шикастланишлар хисобига минимал ҳолатда ташкиллаштирилган ҳолатидир.

Шу муносабат билан техник эксплуатация жараёни техник хизмат кўрсатиш ва ишлаб чиқариш ҳужжатларини олиб боришни ўз ичига олади.

Техник хизмат толали оптик узатиш тизимини ўрнатилган тартибдаги норма ва талабларига чегарасида юқори сифатли ҳамда мустаҳкам равишда ишлашга йўналтирилгандир ва у ўз ичига қуйидагиларни олади:

- узлуксиз эксплуатацион ва техник назорат;
- ишчи тавсилотларининг ўлчов ишлари;
- таъмирлаш, созлаш ва уларни захирага улаш ишлари.

Ишлаб чиқариш ҳужжатлари толали узатиш тизимларини систематик равишда таҳлил қилиш мақсадида, қўлланувчи эксплуатация усулларини самарадорлиги учун ҳамда авария ҳолатини ва характерини билган ҳолда унинг муддатини камайтириш мақсадида қўлланади. У ўз навбатида эксплуатацион-техник ва техник ҳолатларга бўлинади. Эксплуатацион-техник ҳужжатлари таркибига қуйидагилар киради:

- толали оптик узатиш тизимининг ўлчов ишлари ва параметрларини назорат ўлчов баённомалари;
- шикастланишлар ва авариялар ҳақидаги маълумотлар;
- носозликларни бартараф этиш ва таъмирлаш ҳақидаги маълумотлар;
- толали оптик узатиш тизимини қўриқлаш бўйича ҳужжатлар;
- қабул қилиш-топшириш тажриба ишларининг баённомалари ва норматив-меъёрий ҳужжатлар.

Толали оптик узатиш тизимларини эксплуатацияси билан шуғулланувчи муҳандис ва техниклар учта асосий гуруҳга бўлиш мумкин:

Биринчи гуруҳ - бошқарув гуруҳи, техник хизмат кўрсатишнинг ташкилий принципларини ишлаб чиқарувчи ва уларни ҳаётга тадбиқ этувчилар бўлиб, улар толали оптик узатиш тизимларини конструктив тузилиш ишларини бажариш, модернизация лойихаларини тадбиқ қилиш ва уларни бажарилишини назорат қилиб, метрология мосламаларини ечиш ва тадбиқ қилиш ҳамда эксплуатацион-техник ҳужжатларни олиб борадилар.

Иккинчи гуруҳ таъмирлаш – созлаш ва таъмирлаш-тиклаш ишларини олиб борадилар, шунингдек улар толали оптик узатиш тизимларини қўриқлаб сақлаш (қўриқлаш ҳудудида қурилиш ва ер билан боғлиқ бўлган ишларни олиб боришда назорат қилиш) тадбирларини олиб борадилар.

Учинчи гурухнинг бошқарув маркази ишчи ва хизматчиларини ташкил этиб, улар узлуксиз равишда эксплуатацион ва техник назорат ишларини, тракт ва каналларнинг ишчи тавсилотларини ўлчайдилар ва у билан боғлиқ ишларни олиб борадилар ҳамда авария-тиклаш ишларини ташкил этадилар ва бошқариб борадилар.

Хозирги замон толали оптик узатиш тизимларининг техник эксплуатацияси дастурлаш-техник мажмуалар воситалари ва қурилмалари асосида олиб борилиб, улар техник хизматни бошқарув принципини тадбиқ этадилар. Унинг афзаллиги шундаки, техник эксплуатациянинг жорий ишлари маълум бир жадвал бўйича олиб борилмасдан ундаги ишлар ушбу моментда хизмат кўрсатувчининг сифати ёмонлашадиган участкаларда олиб борилади. Бу билан эса профилактик техник хизмат кўрсатувчи участкани аниқлашга талаб бўлмайди ва техник эксплуатация ишларини бажариш муддати камаяди. Толали оптик узатиш тизимларининг аппаратураларини назоратловчи техник қурилма статистик таҳлил асосида беркитилган носозликларни аниқлаб осонлаштирувчи маълумотларни етказиб беради.

## **6.2. Толали-оптик алоқа линия эксплуатациясининг умумий масалалари**

Толали оптик алоқа линиясининг техник эксплуатацияси техник хизмат кўрсатиш алгоритм услубларининг жамланмаси бўлиб, у ўз навбатида толали оптик алоқа линия учун талаб этиладиган ва ўрнатилган меъёрларни ушлаб туришини таъминлаб беришидан иборат. Техник эксплуатациянинг асосий мақсади ишламай қолиш ҳолатларини минимал ҳолатга етказиш ва тизимни ишламай қолиш ҳолатини толали оптик алоқа линиянинг сифатли ишлашига таъсиридир.

Техник эксплуатация қуйидагилардан ташкил топган:

- толалиоптик алоқа линияни эксплуатацияга топшириш(паспортизация);
- эксплуатация жараёнида ишловчанлик қобилиятини ушлаб туриш(техник хизмат кўрсатиш);
- ишловчанлик қобилиятини қайта тиклаш (таъмирлаш ва авариядан сўнг қайта тиклаш ишлари).

Техник эксплуатация- услублар, алгоритмлар, техник воситалар мажмуи бўлиб, толалиоптик алоқа линияга техник хизмат кўрсатиш ва бошқарилишини таъминловчи ҳамда фойдаланувчи ишчи ходимларнинг жамланмаси бўлиб, у ўз навбатида кўрсатилган усулларни, алгоритмларни ва техник воситаларни талаб этиладиган сифат кўрсаткичи ҳолатида ишлашини таъминлаб беради.

Толалиоптик алоқа линиясининг техник эксплуатациясини ташкил этиш учун Ўзбекистон алоқа ва ахборотлаштириш агентлигининг рахбарий хужжатлари соҳа тармоқ қоидалари ҳамда рахбарий хужжат талабларига риоя этган ҳолда бажарилиб, у ўз ичига қуйидаги ташкилий-техник тадбирларни бажаришидан иборат:

- толалиоптик алоқа линияни эксплуатацияга қабул қилиш;

- толалиоптик алоқа линияга хизмат кўрсатувчи худудларда эксплуатация қилувчи бўлимларни (ташкilotларни) эксплуатация учун жавобгар шахсларни мажбурий ва тасдиқланган ҳолда тақсимлаш;

-каналлар ҳосил қилувчи актив ускуналарга (мисол учун PDH, SDH, технологиялари учун) техник хизмат кўрсатиш жараёнида ва толалиоптик алоқа линия трактининг пассив қисмларига техник хизмат кўрсатишда ўзаро боғлиқлик бўлишини таъминлаб беришни талаби учун келишган ҳолда бажариш;

- толалиоптик алоқа линиянинг актив ускуналари ва пассив қисмларига техник хизмат кўрсатиш;

-эксплуатация бўйича ишларни режалаштириш;

- хизмат кўрсатувчи техник ва таъмирловчи шахсларни ишга тайёрлаш ва уларни ишлашига рухсат бериш;

-техник эксплуатация жараёни ҳақида маълумотларни йиғиш ва йиғилган маълумотларни таҳлил қилиш;

-эксплуатацион техник хужжатларни олиб бориш ва компьютерда маълумотлар базасини йиғиб бориш.

Техник хизмат кўрсатиш - эксплуатация даврида режа бўйича фойдаланиш, кутиш, сақлаш ва ташиш вақтида толали-оптик алоқа линиянинг созлиги ёки ишлаш қобилиятини сақлаб туриш мажмуидан иборат.



6.1-расм. Техник хизмат кўрсатиш усулларининг ўзаро боғланган тузилма схемаси

Ҳозирги пайтда ривожланиб бораётган алоқа воситалари ва алоқа тармоқларини бошқарувида асосий ўринни бошқарув техник хизмат кўрсатиш усули эгаллайди ва бундай техник хизмат кўрсатиш ёрдамида ишдан чиқиш ҳолатларини аниқлаш ва уни бутунлай тузатиш мумкин, баъзи бир ҳолларда эса алоқани тўхтатмай ва танаффуссиз ҳолда тиклаб ишлатиш мумкин. Ҳозирги пайтда тармоқларда ишлаётган SDH ва WDM технологияси асосида ишлайдиган алоқа узатиш воситаларига техник хизмат кўрсатиш бошқарув техник хизмат кўрсатишга асосланган.

### **Толали оптик алоқа линия параметрлари ва тафсилотларининг эксплуатация назорати**

Толали оптик алоқа линияларининг қурилиш ва эксплуатация жараёнида толали-оптик кабелнинг техник ҳолатини ва каналлар ҳосил қилувчи қурилмаларнинг ишдан чиқишини олдини олиш мақсадида, ҳамда алоқа тизимларининг бутун бўлган ҳолатида эксплуатация ишончилигини ошириш мақсадида статистик маълумотлар йиғиш учун ўлчов мажмуа ишлари бажарилади.

Толали оптик кабелли узатиш тизимларининг технологик қурилмалари параметрлари ва тавсилотлари ишлаб чиқариш шароитида аниқланади ва улар паспорт маълумотлари кўринишида келтирилади, бу эса қоида бўйича маълум бир стандарт талаблари ва бошқа қўлланувчи меъёрий ҳужжатлар талабларига жавоб беради.

Қурилиш учун тақдим этилувчи ҳамма жамланма махсулотлари кириш назоратидан ўтказилади ва уларнинг ўлчанган натижалари паспорт маълумотлари билан солиштирилади ҳамда уларнинг назорат натижалари асосида уларнинг монтажга лаёқатлилиги ҳақида хулоса қилинади.

Қурилиш ишлари жараёнида қуйидагилар ўлчанади:

- ҳар бир оптик толанинг сўниш қиймати;
- ҳар бир пайвандлаб уланган тугун томонидан ҳосил бўлувчи йўқотувчанлик қиймати;
- нур ўтказгичнинг чиқиш томонидаги оптик нурланишнинг қувват сатхи;
- қабул қилгич томондаги оптик электрон модулга кирувчи қувват сатхи.

Оптик толанинг сўниш қийматини ўлчаш ишлари регенерация участкасининг иккала узатув томонларида бажарилади ва бу билан ўлчанадиган қийматларни бир мунча аниқликда аниқлаш имконини беради. Эксплуатация жараёнида бажариладиган ўлчов ишлари авариявий, назоратловчи ва профилактик ўлчовларга бўлинади.

Авариявий ўлчов ишлари толали оптик алоқа кабелининг жуда ҳам катта аниқлик даражасида шикастланган жойини аниқлаш учун, яъни толали оптик кабелнинг сифати ёмонлашган ёки вақтинча уланган жойларни,

сифатсиз пайвандлаб уланган жойни ва шикастланган нуқтани бартараф этиш мақсадида бажарилади.

Бу ишлар бажарилгандан кейин қайта тикланган толали оптик алоқа кабеллини ва пайвандлаб уланган жойларининг оптик тавсилотларини тўлиқ равишда аниқлаш учун тўлиқ ўлчов ишлари бажарилади. Авариявий ўлчов ишлари махсус дала шароитида бажариладиган ўлчов усуллари ёрдамида бажарилади.

Профилактик ва назорат ўлчов ишлари толали оптик узатиш тизимларини ишдан чиқиб ишламаслик олдини олиш ва улар хақида огохлантириш мақсадида олиб борилади одатда улар линия трактининг аппаратурасига ўрнатилган махсус назорат ўлчов қурилмалари ёрдамида бажарилади. Ҳозирги замон SDH ва WDM тармоқ ускуналарига ўрнатилган назорат тизимлари ёрдамида тармоқнинг ҳолати хақида кундалик кузатув ишлари билан биргаликда хатолик кўрсаткичларининг кундалик сатҳини аниқлаш, ҳамда тармоқ тузилишини ўзгартириш мумкин, бу ишларни режали тадқиқотларсиз ҳам бажариш мумкин.

Эксплуатация жараёнида толали оптик алоқа линияларида ўлчов ишларини бажариш учун қоида бўйича қуйидаги ўлчов аппаратуралари қўлланилади:

-оптик кувват ўлчагичлар (оптик сигналнинг стабил манбаларини қўллаш ҳисоби);

-оптик линиянинг йўқотувчанлик ўлчагичлари;

-ўзгарувчан оптик аттенюатерлар;

-оптик рефлектометрлар;

-оптик сўзлашув жихозлари.

Толали оптик алоқа кабелнинг эксплуатация амалиётида кабелнинг ташқи қопламани бузмаган ҳолда назорат тестидан ўтказиш масаласи кўплаб учрайди. Бунинг учун бузилмаган оптик кабеллар ва оптик рефлектометрлар қўлланади, шунингдек бошқа ишчи оптик диапазон чегарасидан ташқарисидаги тўлқин узунликлар қўлланади. Бундай приборлар ёрдамида оптик толанинг бутунлигини назорат тестидан ўтказиш, кабелнинг русумини текшириш ва аниқлаш ёки оптик толада сигналнинг бўлиш-бўлмаслигини тасдиқлаш ва оптик толанинг эгилган жойи орқали оптик сигнални чиқариб олиш мумкин.

Ҳозирги пайтда кўплаб ишлаб чиқарилаётган оптик ўлчов приборлари ёрдамида толали оптик алоқа линияда қуйидаги ўлчов ишларини бажариш мумкин:

-оптик кувватни (узатгичдан чиқувчи, қабул қилинувчи сигнал сатҳи).

-толали оптик кабелда, интерфейсларда ва толалардаги оптик сўнишни;

-акс қайтган йўқотувчанлик сатҳини;

-толали оптик кабелнинг шикастланиш ҳолатлари ва шикастланган жойини аниқлаш учун.

Толали оптик узатиш тизимларининг кескин равишда ривожланиши ва уларни тўхтовсиз равишда ишлашини таъминлаш учун биринчи навбатда марказлаштирилган назорат ва толали оптик кабелнинг носоз бўлган жойини

аниқлаш асосий масала қилиб қўйилган. Шу мақсадда оптик толаларни маълум бир масофадан туриб тестдан ўтказиш тизими қўлланади, бунинг учун оптик рефлектометрлар қўлланиб, улар ёрдамида толанинг актив ва пассив параметрлари ўлчанади.

Оптик толанинг пассив параметрларини ўлчаш деганда, бутунлай кабелнинг соз ҳолати тушунилади. Оптик толанинг актив параметри деганда, эса ҳамма маълумотлар узатиувчи толанинг тестдан ўтказиш ҳолати тушунилади. Бунинг учун линияда қўлланувчи тўлқин узунлигига эга бўлган нурлантиргичнинг тўлқин узунлигидан фарқланадиган сигнал киритилиб, қабул қилгични томонда эса улар бир-биридан ажратилади. Бундай принципти оптик кабелнинг назоратловчи ҳамма толалари учун ва битта тола учун қўллаш мумкин, аммо унда ишлаб турувчи толали оптик узатиш тизими учун қўшимча компонентлар талаб этилмайди.

## **6.2. Толали оптик алоқа линияларида авария тиклаш ишлари**

Толали оптик алоқа линияга техник хизмат кўрсатишнинг асосий қисми авария-тиклаш ишлари ҳисобланади ва бу ишлар эксплуатация қилувчи кабел участкаларида бажарилади. Толали оптик алоқа линияни авария-тиклаш ишлари деганда толали оптик алоқа линияларининг махсус кўринишдаги таъмирлаш ишлари тушунилади ва унинг асосий талаби толали оптик алоқа линияни қисқа муддатларда тиклаб ишлашини таъминлаб, тезда маълум ҳажмдаги ишларни бажариш ва уларни ташкил этиш, ҳамда ташқи шароитлардан, носоз ҳолатидан ҳамда вақтинчалик ишловчанлик қобилятини таъминлаб беришдан иборат.

Авария ҳолатида шикастланган толали оптик алоқа линияни қайта тиклаш жараёнида қуйидаги ишлар бажарилади:

- толали оптик алоқа линияни вақтинчалик схема бўйича ишлашини ва кейинчалик ўзгармас ҳолатда ишлаб ўз ҳолатини ўзгартириб беришни таъминлаш;

- толали оптик алоқа линияни ўзгармас ҳолатда ишловчи схемага қайта тиклашни ташкил этиш.

Толали оптик алоқа линияни вақтинчалик схема бўйича қайта тиклаш ишлари ҳамма ҳолатларда ташкил этилиб, унда ўзгармас схема ҳолатидан қайта тиклашнинг кутилаётган вақти ўрнатилган меъёрий вақтдан ошиб кетади.

Толали оптик алоқа линиянинг ўзгармас схема бўйича қайта тиклашда қуйидаги ишлар ташкил этилади:

- вақтинчалик қайта тиклаш схемасини ишлатиб бўлгандан сўнг ўзгармас схемага ўтказиш;

- баъзи бир ҳолатларда толали оптик кабелнинг бир жойи шикастланганда толали оптик алоқа линияни қайта тиклашнинг меъёрий вақти вақтинчалик қайта тиклаш схема олдиндан қўлланган ҳолда бажарилиши мумкин.

Узатиш линияларида авария - қайта тиклаш ишларини ташкиллаштиришда асосий талаблар қуйидагилар учун қўйилади:

-максимал равишда механизация воситаларини қўллаш ва максимал равишда бир вақтнинг ўзида турли хил ишларни ва операцияларни бирлаштирилган ҳолда бажариш;

-иложи бориша бир вақтнинг ўзида таъмирлаш ишлари бажариладиган жойга механизация воситаларини ва таъмирлаш бригадаларини етказиб бориш;

-толали оптик алоқа линиянинг авария бўлган жойига техник воситалар ва хизмат кўрсатувчи техник шахсларни тезда бир жойга йиғишни таъминлаб бериш.

Толали оптикалоқа линиядаги авария ишлари махсус ўқитилиб тайёрланган бригадалар ёрдамида бартараф этилади. Авария ишларини бартараф этишда махсус жиҳозланган мобил лаборатория қўлланиб, у ўз навбатида вақтинчалик уланувчи оптик кабел бўлаклари, ўлчов асбоблари, асбоб-ускуналар, керак бўладиган воситалар билан жамланган бўлиши керак.

Толали оптик алоқа линияни қайта тиклаш учун кўрсатиб ўтилган усулларни турли хил усуллар ёрдамида ётқизилган ёки турли хил усуллар ёрдамида осилган оптик кабеллар асосида қурилган линиялар учун таълуққидир. Толали оптик алоқа линиясини электр узатиш линия симёғочларига, электрлаштирилган темир йўлларнинг контакт тармоқларига, шаҳар электр транспорт ва шаҳар ёритиш бошқарма симёғочларига осилган оптик кабелли линияларда авария-тиклаш ишларини бажаришда бундай тармоқларга хизмат кўрсатувчи бригадалар жалб этилади.

Авария-тиклаш ишларининг босқичлари, турли операциялар ҳамда кетма-кетлиги ва ҳисобланган муддатлари технологик хариталар томонидан ҳисобга олинади. Одатда технологик хариталар ҳар бир толали оптик алоқа линиялар учун кабел тури, толали оптик алоқа линиялари трассаси, йил вақтини эътиборга олган ҳолда бажариладиган ҳар қандай иш кўринишлари ва авария ишларини бартараф этиш жараёнлари асосида ишлаб чиқарилади ва технологик хариталар эксплуатация қилувчи корхона раҳбари томонидан тасдиқланади.

Толали оптик алоқа линияни қайта тиклаш вақти минимал бўлиб тармоқ кўрсатмаларида кўрсатилган муддатлардан ортиқ бўлмаслиги керак. “Ўзбектелеком” АЖ нинг толали оптик алоқа линияси учун кўрсатилган тиклаш вақти 10 соатдан ошиб кетмаслиги керак.

### **6.3 Толали оптик алоқа линияларда кабелнинг қўшимча қурилмаларининг қўлланилиши.**

Толали оптик алоқа линияда оптик кабелнинг ишловчанлик қобилиятини қайта тиклаш ишлари кабелнинг қўшимча қурилмалари ёрдамида бажарилади. Кабелнинг қўшимча қурилмасининг қўлланиш жойи ва туркумланиши RN 45.180-2001 раҳбарий хужжат бўйича аниқланади, улар қуйидагидан иборат:

1. Оптик кабел қўшимча қурилмаси қуйидагиларга бўлинади:

-доимий оптик кабел қўшимча қурилмаси - толали оптик алоқа линиянинг доимий равишда ишлаши учун қайта тиклаш схемаси бўйича ташкил этиш учун қўлланилади;

-вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси - толали оптик алоқа линиянинг вақтинчалик ишлаши учун қайта тиклаш схемаси бўйича ташкил этиш учун қўлланилади.

2.Вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси ўз навбатида қуйидагиларга бўлинади:

-бир элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси - кичик механик шикастланган оптик кабеллар учун қўлланиб, кабелнинг шикастланган жойини визуал равишда аниқланадиган ҳолатларда қўлланади, бундай ҳолатда доимий оптик кабел қўшимча қурилмасининг монтаж жараёни меъёрий муддатларда бажариб бўлмайди;

3. Кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси, у қуйидаги вақтларда қўлланилиши мумкин:

-кабелнинг шикастланган жойи кичик ва кўринмайдиган характерга эга бўлиб, уни визуал равишда шикастланган жойини аниқлаш вақтини аниқлаб бўлмайдиган ҳамда, у ўз навбатида оптик кабелни доимий ишловчи схема бўйича тиклашнинг меъёрий вақти аварияни бартараф этиш вақт меъёридан анча юқори;

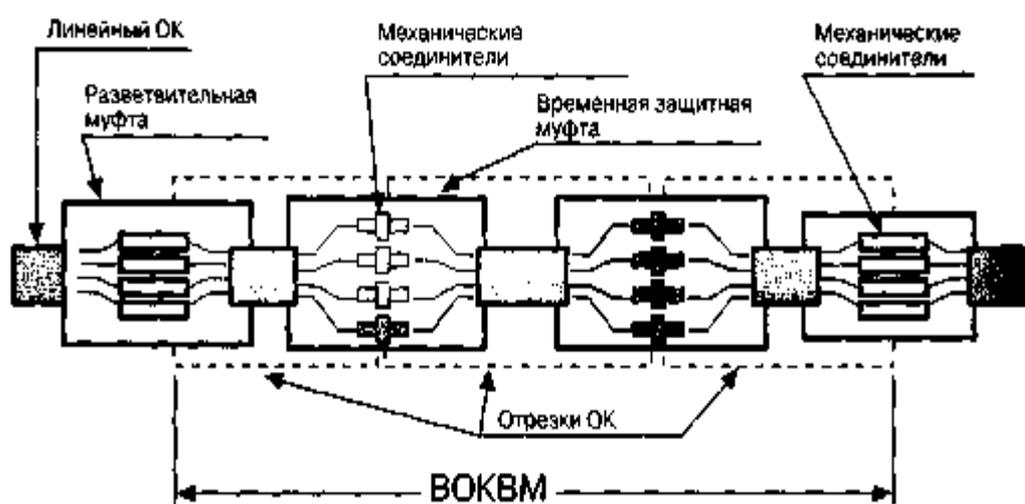
-шикастланган оптик тола маълум бир узунликга эга бўлиб, битта ёки бир нечта қўшни қурилиш узунликларда бир нечта шикастланишлар бўлиши мумкин.

Доимий ишловчи оптик кабелнинг қўшимча қурилмаси учун қўлланивчи кабел тури шикастланган кабел русуми ва сифими сингари бўлиши керак. Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасининг линия узунлиги ётқизилган оптик кабел усули бўйича аниқланади, ерга ётқизилган оптик кабел учун унинг узунлиги 50 метрдан кам бўлмаслиги керак бўлса, симёғочларга осилувчи кабеллар учун эса унинг узунлиги иккита таянчлар (симёғочлар) орасидаги масофа узунлигига қўшимча равишда муфта монтажи учун зарур бўлган захира узунликда бўлиши лозим.

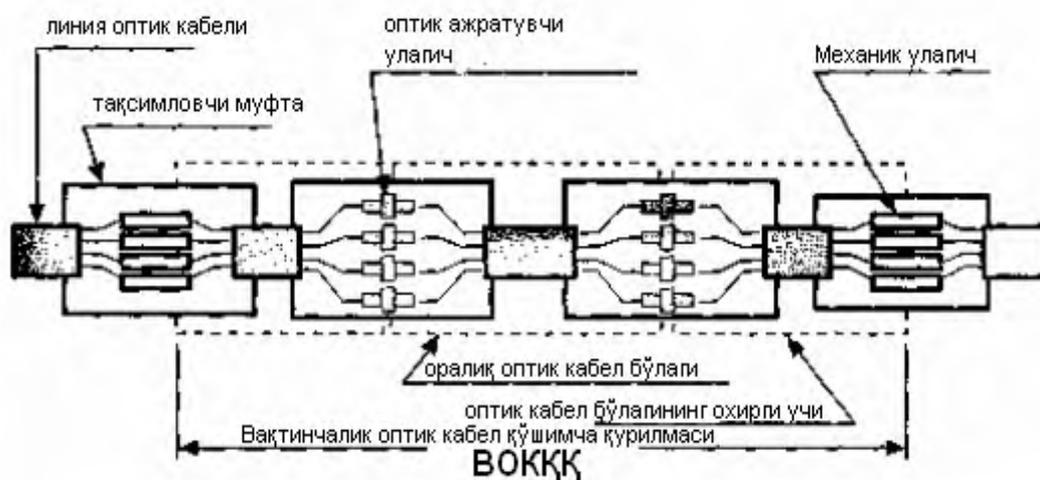
Бир элементли доимий оптик кабел қўшимча қурилмаси ушбу линия учун қўлланивчи эксплуатацион захира учун қўлланивчи оптик кабелнинг бир бўлаги кўринишида бўлиб, унинг охир учлари монтаж қилиш учун тайёрланган бўлади ёки кичик ўлчамли махсус оптик кабел кўринишида тайёрланади. Жуда ҳам узун бўлган оптик кабелнинг шикастланган линия участкасида вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини қўллаш мумкин бўлиб, унинг узунлиги линия оптик кабелнинг қурилиш узунлигига қадар боради. Шикастланган кабел толаларини бир-бири билан улаш учун ва бир элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасида толаларни бир-бири билан улаш учун механик улагичлар ёки пайвандлаб улаш ёрдамида бажарилади.

Кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси линия оптик кабелнинг узундан-узун бўлган участкаларини оператив (зудлик

билан) равишда улаш учун қўлланади. Уларнинг конструктив авзаллиги шундай бўлиши керакки, уларда қўлланувчи оптик кабелни қўл кучи ёрдамида ёйиб чиқиш осон бўлиши керак. Кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси ҳар бири иккитадан саккизтагача оптик толалардан ва ҳар бирининг узунлиги 800 метрдан 1000 метргача бўлган кабеллар жамланмасидан иборат бўлиб, бундай оптик кабел қўшимча кабел қурилмаси бир-биридан фарқланиши оптик кабел бўлақларининг уланиш усули билан ва вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини шикастланган оптик кабелга улаш усули билан фарқланади. Бундай уланишлар оптик толаларни бир-бири билан пайвандлаб улаш, механик улагичлар ёрдамида (6.2-расм) ёки оптик ажралувчи улагичлар ёрдамида уланади(6.3-расм).



6.2-расм. Кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасининг механик улагичлар ёрдамида уланиши.



6.3-расм. Кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини оптик ажралувчи улагич ёрдамида уланиш схемаси.

#### **6.4. Толали оптик алоқа линиясини вақтинчалик ва доимий схема бўйича қайта тиклаш**

**Вақтинчалик схема** -Толали оптик алоқа линиянинг кабелни ҳар қандай ётқизилиш усулига қарамай унинг ишловчанлигини қайта тиклаш учун қуйида келтирилган ташкилий-техник тадбирлар ўтказилади, булар:

-шикастланган элементар кабел участкани аниқлаш;

-шикастланган кабел участкасига авария-тиклаш бригадасини йиғиб шикастланган жойга чиқиш;

-оптик кабелнинг шикастланган жойини тезда аниқлаш;

-шикастланган оптик кабелни вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмаси билан монтаж ишларига тайёрлаш (оптик кабелнинг шикастланган жойида котлован қавлаш, муфтани жойлаштириш, оптик кабелни таянчдан ёки симёғочдан тушириш, оптик кабел охири учларини монтаж қилиш учун ажратиш);

-кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини ёйиб чиқиш (оптик кабелни ётқизиш, маҳкамлаш, симёғочга осиб, кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилма элементларини улаш);

-кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасининг монтажи (кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасининг кабел толаларини муфта ичидаги линия кабел толаларига улаш);

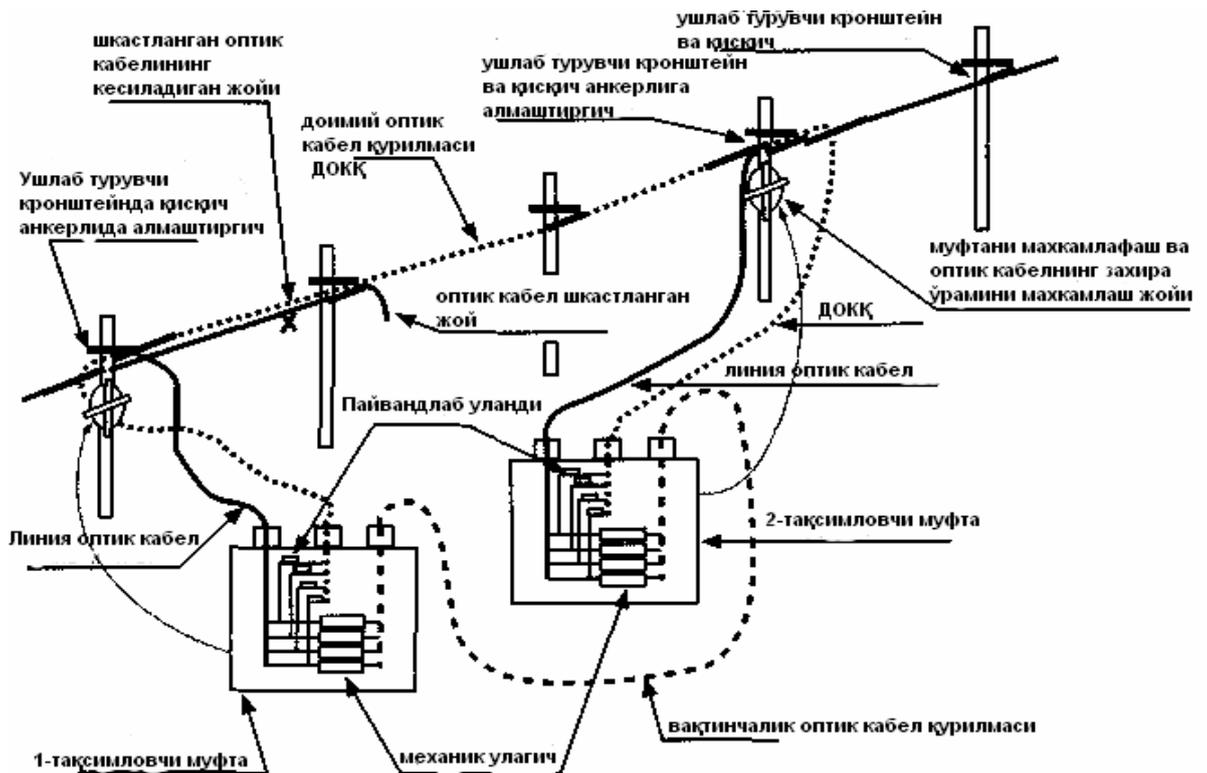
-кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасининг оптик параметрларини ва кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини регенерация участкасида ташкил этиш жараёнида оптик параметрларнинг назорат ўлчов ишлари;

-кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасининг кўриқлаш ишларини ташкил этиш.

Толали оптик алоқа линиядаги таянчларга ёки симёғочларга осилган оптик кабелни тиклаш учун кўп элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини қўллаш схемаси 6.4-расмда келтирилган.

**Доимий схема** - Шикастланган толали оптик алоқа линияни доимий схема бўйича қайта тиклаш ишлари вақтинчалик схема бўйича қайта тиклаш ишларини бажариб бўлгандан сўнг ва кўринувчи кичик битта жойи шикастланган оптик кабелларда толали оптик алоқа линияларни қайта тиклашнинг меъёрий вақти вақтинчалик схема бўйича қайта тиклаш ишларини ташкил этмаган ҳолда бажарилади, аммо бу ишлар ўзгармас оптик кабел қўшимча қурилмасисиз бажарилади.

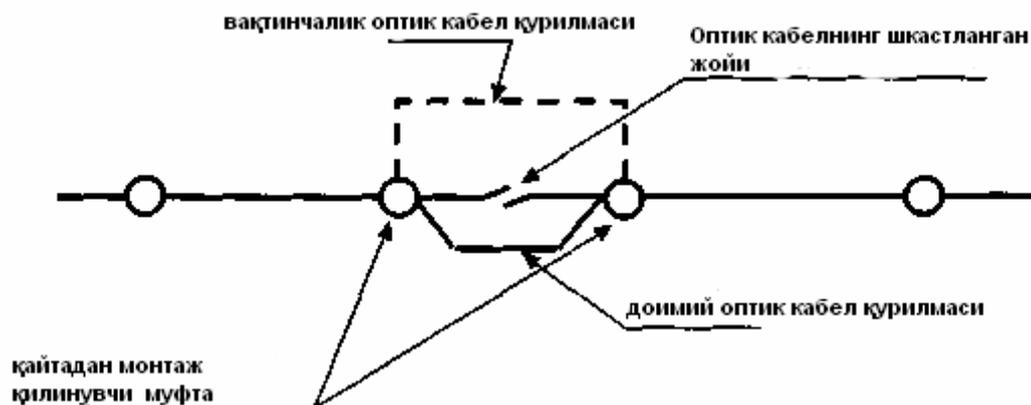
Толали оптик алоқа линиянинг сифатли ишлаши учун доимий оптик кабел қўшимча қурилмаси учун қўлланувчи оптик кабел тури ва унинг оптик толалар сони қайта тикланувчи оптик кабелли алоқа линиясидаги кабел ичидаги оптик толалар тури ва толалар сони билан бир хил бўлиши керак. Қурилиш узунлигидаги оптик кабелни ётқизишдан аввал доимий оптик кабел қўшимча қурилмаси учун қўлланувчи оптик кабел кириш назоратидан ўтказилиши керак.



6.4-расм. Толали – оптик алоқа линияни қайта тиклаш учун бир элементли вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини қўллаш схемаси.

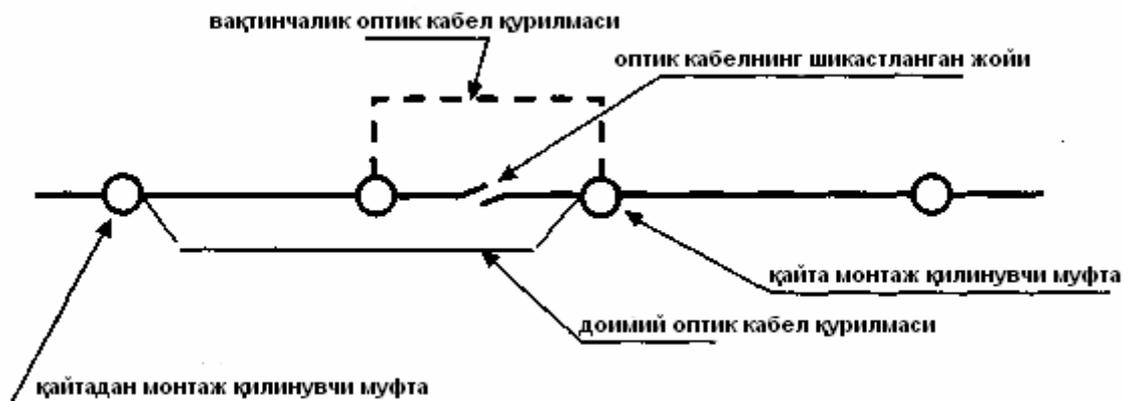
Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини уланиш жойини аниқлаш учун шикастланган оптик кабелнинг шароити ва характериға боғлиқ ҳолда бажарилади. Бундай ҳолда доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини қўйида келтирилган вариантлар бўйича уланади:

-линия оптик кабелнинг қурилиш узунлигига доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини кесиб улаш йўли билан бажарилиб, унда умумий муфталар сони иккитага ошиб боради (6.5-расм).



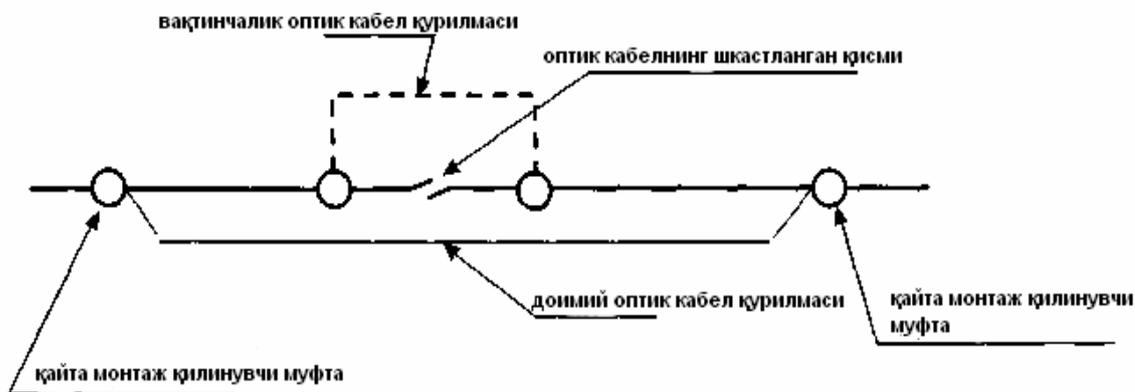
6.5-расм. Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини линия кабелнинг қурилиш узунлигига кесиб улаш варианты.

-оптик кабелларнинг қурилиш узунликларини бир-бири билан уланган жойига доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини кесиб улаш усули билан бажарилиб, унда умумий муфталар сони биттага ошиб боради (6.6-расм).



6.6-расм. Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини қурилиш узунликлари уланадиган жойга уланиш варианты.

-бутун қурилиш узунлиқдаги оптик кабелни бутунлай алмаштириш йўли билан бажарилади, бунда умумий муфталар сони ўзгармайди (6.7-расм).



6.7-расм. Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини бутун қурилиш узунлигини алмаштириш йўли билан улаш варианты.

Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини монтаж ишларидан аввал қуйидаги ишлар бажарилади:

-доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини олдиндан тайёрланган траншеяга, кабел ётқизгич ёрдамида, канализацияга ёки осиш йўли билан ётқизилади;

-муфта ва захира оптик кабел узунлигини жойлаштириладиган жой тайёрланади;

-оптик кабел охир учларини оптик муфта ичига киритилиб оптик кабел охир учлари ажратилади.

Доимий оптик кабел қўшимча қурилмасини линия оптик кабел билан монтаж қилиш ишларини оптик толаларни муфта ичига бир-бири билан пайвандлаб уланиш ишлари бир вақтнинг ўзида иккита бригада ёрдамида

бажарилади. Монтаж ишларини бажаришдан аввал лозим бўладиган хизмат алоқаси ташкил этилади. Оптик толаларни бир-бири билан пайвандлаб улангандан сўнг рефлектометр ёрдамида сўниш қийматининг назорат ўлчов ишлари бажарилади. Монтаж қилиб бўлингандан сўнг муфтлар герметизация қилинади, уларга паспорт тайёрланади ва қайта тикланган толали оптик алоқа линия эксплуатацияга топширилади.

## ХУЛОСА

Охирги пайтларда толали оптик тармоқлар ва турли қўлланиш тизимларида толали оптик алоқа линияларини қурилиш ишлари ва уларни эксплуатацияга топшириш ишлари кенг равишда ривожланиб бормоқда. 2010 йилга келиб бутун ер кўраси толали оптик алоқа кабеллари билан ўралиб кетган ва улар асосида глобал маълумотлар тармоғи яратилган.

XXI аср бошига келиб толали оптик узатиш тизимларининг техник томондан ривожланиб бориши биринчи навбатда янгидан янги бўлган ишлаб чиқариш ва маълумотлар технологиясини ҳаётга қўллаган ҳолда бормоқда, уларнинг иқтисодлиги, ишончилиги ва потенциал хусусиятларига боғлиқдир. Бугунги кунда оптик кабелларга тенг бўладиган альтернатив йўналтирувчи узатиш тизимлар ишлаб чиқилмаган, шу асосда яқин ўн йиллар мобайнида оптик кабеллар асосий йўналтирувчи узатиш тизими бўлиб қолади. Чунки улар жуда ҳам катта ўтказиш қобилиятига эга бўлганлиги учун уларнинг хизмат кўрсатиш муддати даврида толали оптик узатиш тизимининг линия трактларининг модернизацияси учун кўшимча харажатларсиз маълумотлар алмашинуви тезлигини ва ҳажмини бир неча баробарга ошириш мумкин бўлади.

Шунинг учун толали оптик узатиш тизимларини яқин орада асосий йўналишлари узатилувчи маълумотлар ҳажмини кескин равишда ош ириш хисобланади. Бунда янги турдаги дисперсияси кичрайтирилган оптик толалар ишлаб чиқарилиши, янги оптик кучайтиргичлар ишлаб чиқариш хисобига эришилади. Бундан ташқари оптик кабеллар асосида тўлиқ оптик коммутация элементлари, оптик регенераторлар ва солитонлар ишлаб чиқарилмоқда. Ҳозирги пайтда абонент фойдалана олувчи тармоқларда FTTx ва тўлиқ оптик PON технологиялари асосида кўплаб ишлар олиб борилмоқда. Бу билан тўлиқ оптик “терабитли” толали оптик узатиш тизимлари яратилиб қайта тадбиқ этилади.

## Назорат саволлари

1. Толали оптик узатиш тармоғининг техник эксплуатацияси деганда нима тушунилади?
2. Техник хизмат кўрсатишнинг асосий вазифалари?
3. Эксплуатацион техник ҳужжатлар таркиби нимадан иборат?
4. Техник эксплуатациянинг асосий мақсади?
5. Техник хизмат кўрсатиш усуллари?
6. Қурилиш ишлари жараёнида бажариладиган ўлчов ишлари.

7. Эксплуатация жараёнида қўлланувчи ўлчов асбоблари.
  8. Толали оптик алоқа линияларида авария-тиклаш ишлари?
  9. Толали оптик алоқа линияларида қўлланувчи кабел қўшимча қурилмалар?
  10. Вақтинчалик опти кабел қўшимча қурилмасини механик улагичлар ёрдамида уланишни тушунтириб беринг.
  11. Вақтинчалик оптик кабел қўшимча қурилмасини оптик ажралувчи улагич ёрдамида уланишни тушунтириб бериш.
  12. Симёғочларга осилган оптик кабел учун қўшимча қурилмаси уланишни тушунтириб беринг.
- Толали оптик алоқа линиясини доимий схема бўйича қайта тиклаш ишларини тушунтириб беринг.

## 7. ТАРМОҚЛАРНИНГ РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

### 7.1. Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқлари.

Ҳар бир давлатнинг гармоник ривожланиши учун, мамлакатни ишончли халқаро, шаҳарлараро ва маҳаллий алоқа каналлари билан таъминлаш масалалари, биринчи даражали аҳамиятга эгаллиги шубҳасиздир. Ўзбекистон Республикаси мустақилликка эришган 1991 йилдан бошлаб, мустақил давлатнинг талабларидан келиб чиқиб, алоқа тизимини ривожлантириш соҳасида биринчи ўринга, телекоммуникация тармоқларини тубдан яхшилаш ва ривожлантириш масалалари чиқди.

Мустақилликкача Республикада ҳамма магистрал ва зона ичи тармоқлар мис симли кабеллар ва хаво алоқа линиялари асосида ташкил этилган эди. Шаҳарлараро телефон станциялари эскирган конструкцияларда, аксарият холларда декада-одимловчи, координата ва квазиэлектрон базаларда ташкил этилган эди. Ўша пайтда, Республикада ягона, 2267 каналли АХЕ-10 русумли электрон шаҳарлараро телефон станция Тошкент шаҳрида ишлаб турган эди. Республиканинг халқаро алоқаси эса, автоматик алоқа ва каналлар сони чекланган, Москва халқаро станцияси орқали ташкил этилган эди. Йўлдошли алоқа 1980 йилда фойдаланишга топширилган “Азимут” йўлдошли алоқа станцияси орқали амалга оширилган эди, у Москвадан телевизион эшиттиришнинг иккита дастурини, радио эшиттиришнинг ўн та дастурини ва тўқсонга телефон каналини қабул қилишни таъминлар эди. Республика маҳаллий телефон тармоқларида маънавий эскирган, узок муддатли фойдаланилган, аналог координатали ва декада-одимловчи станциялар ишлаб турар эди.

Бу шароитларда Ўзбекистон Ҳукумати Республика телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш асосий йўналишлари сифатида қуйидаги биринчи даражали масалаларни белгилади:

- халқаро тармоқларга мустақил чиқишни таъминлаш;
- Республика рақамли магистрал транспорт тармоғини ташкил этиш;
- шаҳарлараро станцияларни рақамлаштириш ва халқаро коммутация марказларини ташкил этиш;
- рақамлаштириш даражасини ошириш ва маҳаллий телефон тармоқларини ривожлантириш;
- телекоммуникацион хизматларнинг янги турларини жорий этиш.

Қўйилган масалалардан келиб чиқиб Республикада телекоммуникация тармоқларини тубдан реконструкциялаш ва модернизациялаш бошланди. Биринчи навбатда бу ўзгаришлар халқаро телекоммуникация тармоқларига тегишли бўлди.

**Халқаро телекоммуникация тармоқлари.** Мустақил алоқа тизимини қуриш учун 1991 йилнинг ўзидаёқ Ўзбекистон Республикаси Ҳукумати “Интелсат” тизимининг Халқаро йўлдошли алоқа станциясини ва сифими 810 каналли NEAX-61 халқаро коммутацион станцияни қуришга молиявий ёрдам кўрсатди. Биринчи навбатда Японияга 20 та канал ташкил қилинди. Бундан ташқари, Туркия Ҳукумати томонидан IBS русумидаги йўлдошли алоқа

станцияси тортиқ қилинди, бу станция орқали Туркияга 30 та йўлдошли канал ташкил қилинди. Бу эса Ўзбекистон Республикасини халқаро телекоммуникация тармоқларига мустақил чиқиш имкониятини таъминлади.

Халқаро алоқани ривожлантириш борасидаги кейинги йирик қадам 1995 йил Тошкент шаҳрида 4270 портли EWSD русумли халқаро/шаҳарлараро рақамли коммутацион станцияни қуриш бўлди, 2001 йил қайта жихозланиш натижасида унинг сифими 4 марта оширилди ва портлар сони 16659 га етказилди. Ушбу лойихани амалга ошириш натижасида, қисқа муддатларда 12 та йўналишларда бевосита халқаро каналлар ташкил қилинди, улар: Япония, Германия, Туркия, Буюкбритания, АҚШ, Франция, Хиндистон, Исроил, Италия, Корея, Сингапур, Покистон давлатларидир.

**Халқаро ва зонаичителекоммуникация тармоқлари.** Республика рақамли магистрал транспорт тармоғини яратиш 1995-1997 йиллар транс-азия-европа оптик толали алоқа линияси (ТАЕ ВОЛС) нинг миллий сегментини қуришдан бошланди, у эса узунлиги 830 км дан ортиқ магистрал ОТАЛ ни фойдаланишга жорий этишни таъминлади. Магистрал тармоқнинг кейинчалик рақамлаштирилиши Япония кредити ҳисобига амалга оширилган ОЕСФ-1 лойихаси рамакисида 1995-2000 йилларда давом эттирилди. Лойихани амалга оширилиши натижасида узунлиги 1028 км бўлган РРЛ (радио реле линияси), узунлиги 1080км бўлган зона ичи ОТАЛ фойдаланишга топширилди, рақамли оқимлар ҳамма вилоят марказлари ва 39 туман марказлари ва ажратилган шаҳарларга етказилди, шунингдек умумий сифими 24161 портли 4та рақамли ШАТС фойдаланишга топширилди. Бундан ташқари, 1999-2001 йиллар қурилган Тошкент - Бухоро РРЛси ТАЕ ВОЛСнинг Ўзбекистон сегментини резервлашни таъминлади.

2001 йил Корея Республикаси Хукумати кредити ҳисобига Андижон ва Фарғона вилоятларида EDCF лойихаси амалга оширилди, лойиха доирасида Андижон ва Фарғона вилоятлари зона ичи телекоммуникация тармоқларининг реконструкцияси амалга оширилди. Бу лойихани амалга ошириш натижасида узунлиги 354км бўлган зона ичи оптик толали алоқа линияси қурилди, рақамли оқимлар Андижон вилоятининг саккизта туманига ва Фарғона вилоятининг олтита туманига етказишди, умумий сифими 46 минг номерли коммутацион ускуналар ўрнатилди.

1992-2001 йилларда Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқларини реконструкциялаш ва модернизациялаш юқори ўтказувчанлик қобилиятига эга рақамли синхрон иерархиялар технологиялари базасида юқори ишончли ва юқори яшовчан транспорт тармоғини яратиш ва нафақат анъанавий хизматларни янада ривожлантиришдан ташқари, телекоммуникациялар бозорига замонавий хизматларни жорий этишни таъминлаш, шунингдек сотали алоқа, маълумотлар узатиш ва Интернет хизматларини тақдим этиш учун инфраструктурани янада ривожлантириш имконини берди.

Телекоммуникация тармоқларини реконструкциялаш ва ривожлантириш лойихаларини амалга ошириш натижасида 1992-2001 йиллар

мобайнида “Ўзбектелеком” АК си тармоқланган магистрал ва зона ичи алоқа линиялари тармоқларини курди, улардан:

- 38,4 % оптик толали кабелда;
- 28,28 % радиореле линияларида;
- 32,7 % мис симли кабелда

ва фақат 0,62 % хаво алоқа линияларида курилди.

Ўзбекистон Республикасининг ҳамма вилоят марказларига ва 47 туман марказларига рақамли оқимлар етказилди. Магистрал телефон каналларининг узунлиги 10506,9 минг канал км га етказилди, жумладан рақамли узатиш тизимлари орқали ташкил этилганлар 7876,3минг канал км га етказилди, бу эса 74,9% ташкил этади.

Зона ичи телефон каналларининг узунлиги 1349,1 минг канал км га етказилди, жумладан рақамли узатиш тизимлари орқали ташкил этилганлар 500,5минг канал км га етказилди, бу эса 37,0 % ташкил этади.

Халқаро ва шаҳарлараро алоқа коммутацион ускуналарининг монтажланган сифими 63569 портга етказилди, улардан 55449 порт рақамли коммутация тизимларида ташкил этилган. Тошкент шаҳрида ва 10 та вилоят марказларида рақамли ШАТСлар ўрнатилган. ШАТСларни рақамлаштириш даражаси 87.5% етди, шаҳарлараро автоматик телефон алоқага 178 туман марказлари ва вилоят (республика) микёсидаги шаҳарлар эга, бу эса умумий соннинг 94.18% ташкил этади.

Республика транспорт тармоғини кейинчалик рақамлаштириш Япония ташқи иқтисодий ҳамкорлик банки кредити ҳисобига JBIC (OECF-2) лойихаси рамкасида амалга оширилди. Лойихада Фарғона водийининг учта вилоятини халқалаштириш, Тошкент, Қашқадарё, Самарқанд вилоятлари зона ичи телекоммуникация тармоқларини халқалаштириш, Бухоро-Навоий-Зарафшон-Учқудуқ-Нукус оптик толали алоқа линияси (ОТАЛ) орқали Бухоро-Нукус участкада ОТАЛни резервлаш, шунингдек ЎзР бирламчи (транспорт) тармоғи учун бошқариш секциясини яратиш кўзда тутилган. Ушбу лойиха рамкасида 2000 км яқин магистрал, 700 км зона ичи оптик толали линиялар, 300 км радиореле алоқа линиялари, Фарғона ва Қарши шаҳарларидаги АМТСларни рақамлаштириш, Қорақалпоғистон Республикаси, Хоразм, Бухоро ва Навоий вилоятларида умумий сифими 37 минг номерли рақамли АТСларни ўрнатиш, шунингдек Республиканинг тўртта шимолий регионларида CDMA-450 стандартининг симсиз кириш тизимини фойдаланишга топшириш назарда тутилган.

JBIC лойихасини амалга ошириш натижасида Фарғона водийи учта вилоятининг магистрал ва зона ичи тармоқларини тўлиқ рақамлаштириш таъминланди, ўз-ўзидан қайта тикланувчи халқавий структура базасида трактлар ва каналларни резервлаш, рақамли узатиш тизимлари (STM-1, STM-4, STM-16) қўлланилган оптик толали алоқа линияларини резервлаш таъминланди. Бундан ташқари, шаҳарлараро телефон станцияларни тўлиқ рақамлаштиришга эришилади, Республика шаҳар ва туман марказларининг 80% ортиғи рақамли транспорт тармоғини билан камраб олинади.

2008 йил давомида “Ўзбектелеком” АК ўзининг телекоммуникация тармоғини янада кенгайтириш мақсадида энг замонавий телекоммуникация курилмаларини ишлаб чиқараётган кўплаб чет эл корхоналари билан импорт шартномаларини имзолади. Буларга Хитой Халқ Республикасининг “Huawei, ZTE”, компаниялари, Германиянинг “Siemens, Alcatel” компаниялари яққол мисол бўла олади.

Тошкент-Фарғона магистралада ишлатилиб келинаётган SDH технологиясининг STM-16 сатҳидаги узатиш тизими «Huawei» компаниясининг DWDM технологияси узатиш тизими билан алмаштирилди. Прогрессив технология DWDMнинг (Dense Wavelength Division Multiplexing) имкониятлари ва афзалликлари кўпдир.

Мазкур лойиҳанинг тўлиқ, ишга тушиши натижасида Тошкент-Фарғона магистралада телефон каналларига бўлган танқислик йўқолади ва кўшимча захира каналлари пайдо бўлади. Натижада ҳозирги кунда эксплуатация қилинаётган STM-16 сатҳидаги узатиш тизими ташкил қиладиган 30240 телефон канали (2,5 Гбит/с) ўрнига, дастлабки босқичда 4 та оптик нурларни зичлаштириш асосида 120960 телефон канали (10 Гбит/с) ташкил қилинади. Магистрал каналларга бўлган талабнинг ортишига қараб кегусида оптик нурларни зичлаштириш сони ортиб боради. DWDM магистралларини қуришда юқори тезликда каналларни уловчи интерфейсларга эга бўлган DWDM мултиплексорларини қўллаш лозим. Мультиплексорларорасидагимасофа 100 километрни, регенераторлар орасидагимасофаэса500-600 километр ва унданортиқ бўлиши мумкин. МустахкамDWDMтармоқлариниқуришучунэсаAdd-Drop (OADM) мултиплексорлариқўлланилади (кириш-чиқишнитаъминловчи) вабундай оптик сатҳдагиDWDMмагистраллари (оптик сигналниэлектр сигналга ўзгартирмасдан) тарқалувчи оптик транспорт тармоғиниташкилқилишимконини беради. Ушбу технология ёрдамидабитта оптик тола орқали 2 Гбит/с.ли 10 та каналнизичлаштиришмумкин. Бунда ёруғликоқимлари турли тўлқин узунликларидаузатилади, яънибир тола бўйлабюзлабстандарт каналлар (160 тагачатўлқинузунлик)ни ташкил этишмумкин.

**Маҳаллий телекоммуникация тармоқлари.** Маҳаллий телефон алоқани муваффақиятли ривожлантириш ва рақамлаштириш даражасини ошириш учун 1991-2004 йилларда, маънавий ва физик эскирган аналог АТС ларни реконструкциялаш ва кенгайтиришни назарда тутган бир қатор лойиҳалар амалга оширилди. Аналог телефон алоқа тармоғини реконструкциялаш 1993- йил Давлатлараро келишув бўйича Кредит ҳисобига DAЕWOO Corporation (Жанубий Корея) фирмаси билан контракт рамкасида “Фарғона, Марғилон, Қўқон шаҳарларида 50 минг номерли телекоммуникация тармоқни реконструкциялаш ва кенгайтириш” лойиҳасини амалга оширишдан бошланди. Лойиҳани амалга ошириш аналог АТС ларни TDX-1В русумли рақамлм коммутация тизимлари билан алмаштириш, ривожлантириш ҳисобига АТС ларнинг монтажланган сифимини ошириш имконини берди. Фарғона вилоятида республикада

биринчи бўлиб умумий монтажланган сиғими 50 минг номерли рақамли АТСлар фойдаланишга топширилди, жумладан Фарғона шахрида – 30 минг номерли, Қўқон ва Марғилон шаҳарларида 10 минг номердан АТСлар жорий этилди. Станциялараро йўналишларда 65 км оптик толали алоқа кабеллари ётқизилди. 6330 каналли ИКМ-480/5 узатиш тизимлари ўрнатилди. 1994 йил Фарғона вилояти рақамли АТСларининг абонентлари биринчи бўлиб янги хизматларга кириш имкониятига эга бўлишди. Тармокни рақамлаштириш электралоқа тақдим этадиган хизматлар сифатини оширишга, маҳаллий сўзлашишлар нархини вақт бўйича ҳисоблашни жорий этишга имкон яратди.

Тошкент шаҳар телекоммуникация тармоғини модернизациялаш ва кенгайтириш мақсадида 1994 йил Германия KfV банки кредити ҳисобига “ALCATEL SEL AG” компанияси билан контракт бўйича “Тошкент шаҳар телекоммуникация тармоғини модернизациялаш” лойихаси амалга оширилди. Лойиха рамкасида умумий сиғими 23400 номерли маънавий эскирган аналог қурилмалар алмаштирилиб, сиғими 61208 номергача кенгайтирилди. Ушбу лойихани амалга оширилиши қуйидагиларга имконият берди:

- Тошкент шаҳар телекоммуникация тармоғининг мавжуд 23400 нафар абонентларини (АТС - 32, 33, 36, 39, 44) юқори сифатли алоқа билан таъминлаш;

- Тошкент шаҳар телефон тармоғига 37000дан ортиқ янги абонентларни улаш ва уларни юқори сифатли алоқа билан таъминлаш;

- рақамли тармоқ абонентларини қўшимча хизмат турлари билан таъминлаш;

- сўзлашишлар нархини вақт бўйича ҳисоблашни жорий этишга имкон яратиш;

- халқаро тармоққа чиқиш имконияти.

Республикада телекоммуникацияни илгариланма жадал ривожлантиришни ва уни жаҳон ахборот тизими билан чуқур интеграциялашни таъминлаш мақсадида Вазирлар Маҳкамасининг Қарори бўйича 1995 йил Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқларини 2010 йилгача реконструкциялаш ва ривожлантириш Миллий дастури қабул қилинди.

Тошкент шаҳар телефон тармоғининг бундан буён рақамлаштирилиши, 1996 йил “АО SIEMENS” компанияси билан тузилган контракт доирасида, умумий сиғими 36338 номерли EWSD русумидаги коммутацион ускуналарни олиш бўйича (поставка) амалга оширилди.

Ушбу лойихани амалга оширилиш қуйидагиларга имконият яратди:

- Тошкент шаҳар телекоммуникация тармоғининг мавжуд 20000 нафар абонентларини (АТС - 62, 91, Бектемир туман АТС) юқори сифатли алоқа билан таъминлаш;

- Тошкент шаҳар телефон тармоғига 16000 янги абонентларни улаш ва уларни юқори сифатли алоқа билан таъминлаш;

- учта тандем станциясини қуриш қуйидаги муаммоларни хал қилди: аналог тармокни рақамли тармоқ билан боғланишни; сотали алоқа

операторларини уланиши ва уларни аналог тармоқ билан сифатли боғланишни; УКС-7 сигнализациясини қўллаш транспорт халқа линиялари бўйича ахборотни юқори тезликда узатиш; рақамли тармоқ абонентларига қўшимча хизмат турларини кўрсатиш; операторларни Интернет тармоғига уланиш масалари хал қилинди.

Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш Миллий дастури бўйича 1994-1997 йиллар мобайнида декада-одимловчи АТС - 32, 33, 36, 39 (21248 абонент номерик) ва АТС-44 (10240 абонент номерик) рақамли АТС га алмаштирилди. “Alcatel” компанияси ишлаб чиқарган 1000 S – 12 турдаги ускуналар қўлланиб янги АТС-125 (10240 абонент номерли), АТС-173(10240 абонент номерли), АТС-152 (9240 абонент номерли) курилди. АТС-62/69 (18000 абонент номерли), АТС-91/99 (13892 абонент номерли) станциялар ускуналари “Siemens” компанияси ишлаб чиқарган EWSД туридаги ускуналарга алмаштирилди. Янги АТС-137 (6932 абонент номерли), АТС-195 (10014 абонент номерли), Ўрикзор массивида сифими 1832 абонент номерли, Қўйлиқ-Айланма массивида сифими 912 абонент номерли чиқарма АТС лар курилди. АТС-21/24 биносида сифими 1832 абонент номерли, АТС-170 да сифими 10000 абонент номерли “Italtel” италян фирмасининг LineaUT русумидаги ускуналари ўрнатилди. МТ-20/25 ускуналари базасида АТС-22 биносида АТС-116 дан 720 абонент номерли чиқарма АТС курилди. HUAWEI фирмасининг HONET ускуналаридан фойдаланиб Қўйлиқ-7 массивидв сифими 1024 абонент номерли АТС курилди. HUAWEI Technologies компаниясининг SDH ускуналаридан фойдаланиб 4-узел кичик халқасининг қисми курилди.

1996-1997 йиллар “Siemens” компанияси ишлаб чиқарган SDH (синхрон рақамли иерархия) ускуналари базасида Тошкент шахрида катта транспорт халқаси курилди. STM-4 русумидаги узатиш тизими оптик толали алоқа линияси қўлланган халқа ҳамма электрон АТСларни, шунингдек тугуний аналог АТСларни бирлаштирди. Бундан ташқари, “NEC” ва “Alcatel” фирмаларининг рақамли радиореле ускуналари базасида 20та йўналишга станциялараро алоқа ташкил қилинди.

Ўзбекистон Республикасининг регионларида ҳам маҳаллий телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш давом этди. 1997-1999 йиллар Япония кредити хисобига ОЕСФ–1 лойихаси бўйича Бухоро, Навоий, Хоразм вилоятларида ва Қорақалпоғистон Республикасида умумий сифими 251,5 минг номерли электрон АТСлар фойдаланишга топширилди. 1999-2000 йиллар EDCF корея кредити хисобига Андижон ва Фарғона вилоятлари телекоммуникация тармоқлари ривожлантирилди ва 46 минг номерли электрон АТСлар ўрнатилди.

Шундай қилиб, 1995-2003 йиллар умумий сифими 710 минг номерли рақамли АТСлар фойдаланишга топширилди. АТС сифимларини рақамлаштириш даражаси 37% га етказилди, Бухоро, Навоий, Хоразм вилоятлари, Қорақалпоғистон Республикасида ва Чирчиқ шахрида эса рақамлаштириш даражаси 70-80 % га етказилди. АМТСга автоматик чиқиш

имкониятига эга АТСларнинг монтажланган сифими 1230 минг номердан (1992 й) 1768 минг номергача (2004 й) кўпайди, шу жумладан мос ҳолда, шаҳар АТСларида 1157 минг номердан 1532 минг номергача, қишлоқ АТСларида 103 минг номердан 236 минг номергача кўпайди. Маҳаллий тармоқларда 600 км дан ортиқ оптик толали алоқа кабеллари ётқизилди, улардан станциялараро алоқа ташкил этиш учун қўлланилади. Бундан ташқари симсиз радиокириш тизимлари жорий этилмоқда.

180 мингдан ортиқ рақамли АТС абонентлари рақамли АТСлар тақдим этадиган кўшимча хизмат турларидан (ДВО) фойдаланилмоқдалар.

Телекоммуникация тармоқларини реконструкциялаш ва модернизациялаш натижаси сотали алоқани, маълумотлар узатиш ва бутун жаҳон тармоғи Интернетга киришни ривожлантириш, электралоқа тақдим этадиган хизматлар сифати ва номенклатурасини сезиларли яхшилаш, маҳаллий сўзлашишлар қийматини вақт бўйича ҳисоблашни жорий этишга, айрим йўналишларни аналог линиялардан рақамлига ўтказиш ҳисобига станциялараро алоқа сифатини яхшилаш учун база яратиш имкониятини берди. Телефон тармоқларида аврия вазиятларида ўтказилаётган юкломани қайта йўналтириш ҳисобига барқарор алоқани таъминлаш учун SDH технологияларидан фойдаланиш имконияти туғилди.

Маҳаллий телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш асосий йўналишлари қуйидагилар бўлиб қолмоқда:

- аналог-рақамли тармоқдан рақамли телекоммуникация тармоқларига аста-секин бир текис ўтиш;

- ISDN хизматларини тақдим этувчи хизматлари интеграцияланган рақамли тармоқни ташкил этиш;

- туман ва тугуний АТСлардан чиқарилма концентраторларни қўллаб кириш тармоқларини ташкил этиш;

- вилоят қарамоғидаги шаҳарлар ва туман марказларида, бошқа аҳоли пунктларида телекоммуникация хизматларини (телефон, факс, электрон почта, Интернет ва бошқалар) тақдим этувчи марказларни яратиш;

- абонент кириш тармоғини ташкил этувчи истиқболли технологияларни (оптик толали, мавжуд абонент линияларида рақамли, радиокиришдан кенг фойдаланиш) жорий этиш;

- интеллектуал тармоқлар хизматлари билан бирга, телекоммуникация хизматларининг янги турларини жорий этиш.

Маҳаллий телекоммуникация тармоқларини рақамлаштириш электралоқа тармоқларининг ишлаш сифатини сезиларли даражада ошириш имкониятини берди, тармоқ абонентларига хизматларнинг янги турларини тақдим этишни таъминлади, шунингдек фойдаланувчиларнинг кенг қатламга Интернет тармоғига юқори тезликли коммутацияланувчи киришни ташкил этишга имкон яратди.

Маҳаллий телекоммуникация тармоқларини рақамлаштириш ва ривожлантиришга “Коинот” ОАЖ ўз хиссасини кўшмоқда.

**“Коинот” ОАЖ.** Республикада ахборот-коммуникация технологиялари воситаларини ишлаб чиқишни ташкил этиш ва амалга ошириш “Коинот” ОАЖнинг асосий вазифасидир

“Коинот” ОАЖ фаолиятининг асосий йўналиши телекоммуникация тизимларида фойдаланиш учун мўлжалланган замонавий электрон маҳсулотларни ишланма қилиш, лойихалаш ва бевосита ишлаб чиқишдир.

2003 йилдан бошлаб “Коинот” ОАЖ қуйидаги телекоммуникация воситаларини ишлаб чиқди:

- рақамли алоқа линияси бўйича АТСлар орасида боғланиш линияларини ташкил этиш учун мўлжалланган аналог-рақамли мультимплексорлар;

- Интернет тармоғига юқори тезликда киришни таъминлаш учун фойдаланиладиган HDSL модемлар;

- E1 оқимларни ажратилган линиялар бўйича узатиш, марказий DTS ва чиқарилма станциялар орасида алоқани ташкил этиш учун қўлланиладиган E1/ HDSL модемлар;

- локал тармоқларнинг олдидаги участкаларини E1 оқими орқали бирлаштириш учун хизмат қиладиган Ethernet/E1, E1/ Ethernet конверторлари;

- “Ўзбектелеком” АК телекоммуникация тармоқларини реконструкциялаш ва ривожлантириш учун фойдаланиладиган “Фальшпол” маҳсулоти.

Булардан ташқари “Коинот” ОАЖ телекоммуникация соҳаси бирнечта тажрибавий ускуналарнинг конструкторлик хужжатларини, уларнинг тажрибавий макетларини яратган ва улар бугунги кунда эксплуатация синовларига топширилган.

Бугунги кунда жамиятнинг асосий ишлаб чиқарилмаси олислаштирилган абонент концентратори маҳсулотидир – УАК “КоинотЭл-СГМ” концентратор рақамли АТСларга EDSS ва R1.5 сигнализациялари бўйича E1 G.703 стик бўйича уланади ва битта жуфт сим бўйича 16 дан 416 гача абонентларни чиқариш имконини беради.

Шуни таъкидлаш лозимки, юқорида кўрсатилган ҳамма маҳсулотлар импортни алмаштирувчи бўлиб, Ўзбекистонда тйёрланмоқда. “Коинот” ОАЖ алоқа соҳасида телекоммуникация воситаларини тайёрловчи амалда ягона корхонадир.

**Симсиз алоқа тармогининг ривожланиши.** Телекоммуникация тармоқларининг 1991-2004 йиллардаги ривожланиши янги технологиялар ва хизматларнинг янги турларининг жадал суратда ривожланиши билан ҳамоханг бўлди.

2003 йилдан бошлаб “Ўзбектелеком” АК янги турдаги фаолиятни – CDMA-450 стандартида симсиз радиокириш хизматларини кўрсатишни ўзлаштиришни бошлади. Шу мақсадда “Ўзбектелеком” АКнинг “Ўзбектелеком Мобайл” филиали ташкил этилди, унинг асосий вазифаси Ўзбекистон Республикасида умуммиллий симсиз алоқа тизимини

ривожлантириш деб белгиланди. 2003 йилнинг ўзидаёқ Самарқанд ва Жиззах вилоятларида симсиз радиокириш алоқа тизими ишлай бошлади. 2004 йил декабрида Бухорода CDMA-450 стандарти қўлланилган, Қорақалпоғистон Республикаси, Бухоро, Навоий, Хоразм вилоятларининг бориш қийин бўлган туманлари аҳолисини симсиз алоқа билан таъминлаш учун, симсиз абонент кириши тармоғининг жорий этилиш тантанаси бўлди. Ушбу ишлар JBC лойихаси доирасида бажарилди.

Хозирда Ўзбекистоннинг шимолий тўртта региониди (Қорақалпоғистон Республикаси, Бухоро, Навоий, Хоразм вилоятлари) умумий сифими 20000 абонентли Lucent Technologies компаниясининг 5ESS коммутатори ва 30 базавий станциялари монтажланиб фойдаланишга топширилган. Шунингдек мазкур лойихада юқорида кўрсатилган региондаги ҳамма вилоятларга 4250 стационар терминаллар ўрнатиш назарда тутилган. CDMA-450 стандартининг янги ускуналари Ўзбекистоннинг шимолий тўртта региони аҳолисига нафақат одатий телефон алоқа хизматларини кўрсатибгина қолмай, уларга маълумотлар узатиш бўйича хизматларни, жумладан Интернет тармоғига 153 кБит/сек тезликда кириш имконини берди.

Телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш замонавий босқичида биринчи ўринга маълумотларни узатиш бўйича хизматларни ривожлантириш, жумладан жаҳон тармоғи Интернет ресурсларига сифатли кириш чиқмоқда.

“Ўзбектелеком Мобайл” филиали бугунги кунда миждозларга CDMA-450 стандартидаги симсиз алоқа хизматларини тақдим этиб келаяпти. Ушбу филиал миждозлари сонини кескин ошириш, алоқа сифатини янада яхшилаш ва тармоқни ривожлантириш мақсадида 2008 йилда Хитой Халқ, Республикасининг «ZTE» корпорацияси ва Германиянинг «Alcatel Shanhay Bell» компанияси билан кўплаб шартномалар имзолади. Мазкур импорт шартномалари асосида «ZTE» корпорациясидан CDMA-450 стандартидаги мобил ва турғун телефон аппаратлари олинди.

«Alcatel Shanhay Beli» компанияси билан тузилган импорт шартномалари асосида филиалга 40дан ортиқ, CDMA-450 стандартидаги база станциялари келтирилиши режалаштирилган. Ушбу база станцияларини абонентлар зич жойлашган ҳамда тармоқ, яхши камраб олмаган худудларга жойлаштириш натижасида алоқа сифати кескин ортади ҳамда хизмат доираси кенгаяди.

Ўзбекистон аҳолисининг 40 % дан ортиғи сотали алоқа хизматларидан фойдаланади, ҳамма йирик операторлар ўзларининг 3G тармоқларини тестли эксплуатацияга чиқаришганини эълон қилишди.

2008 йил октябрида “Ўздунробита” (МТС савдо маркаси) Ўзбекистонда 3G тармоқни ишга туширганини эълон қилишди. МТС 2009 йилда 3G тармоқни Самарқанд, Бухоро, Хива ва Урганчда ишга туширишни режалаштирган.

2008 йил 1 октябрдан МТС абонентларининг хорижди фойдалироқ мулоқатда бўлиш имконияти пайдо бўлди. МТС нинг янги “Халқаро альтернатив кўнғироқлар” хизмати дунёнинг ҳамма континентидаги 190 дан ортиқ мамлакатларга ягона фойдали нархда – минутга \$ 0,99 кўнғироқ

қилишга имкон беради. “Халқаро альтернатив қўнғироқлар” хизматидан фойдаланиш учун учта нол ва халқаро форматда <000><телефон номери халқаро форматда> териш кифоя. Бу холда + (плюс) белгиси номердан олдин қўйилмайди.

2008 йил сентябрида COSCOM (UCell савдо маркаси) компанияси Тошкент ва Самарқанд шаҳарларида ўзларининг 3G тармоқларини тестли эксплуатацияга чиқаришди. Яқин орада компания Бухоро ва Республиканинг бошқа шаҳарларини қамрашни режалаштирган.

Сотали оператор - Unitel (Билайн савдо маркаси) компанияси Ўзбекистонда сотали алоқа учинчи авлодининг тажрибавий тармоғини ишга тушираётганини эълон қилди.

Perfektum Mobile компанияси 2009 йил CDMA стандартли учинчи авлод сотали алоқани жорий этишни режалаштирган.

“Ўзбектелеком” АКнинг “Ўзбектелеком Мобайл” филиали 3G тармоқни 2009 йил жорий этиш режасини баён қилган, шунингдек бу компани мавжуд тармоқни модернизациялаш ва кенгайтиришни давом этмоқда.

МДХ мамлакатларида 3G – тармоқларнинг тўплами мавжуд, лекин улар бошқа CDMA-2000 стандартида ишлайдилар.

Хозирда Ўзбекистонда мобил алоқанинг бешта оператори фаолият кўрсатмоқда, жумлада: МТС (“Ўздунробита”, GSM стандарти), Unitel (Билайн савдо маркаси, GSM стандарти), COSCOM (UCell савдо маркаси, стандарт GSM), Perfektum Mobile (Rubicon Wireless Communcation, CDMA стандарти) ва “Ўзбектелеком” АКнинг “Ўзбектелеком Мобайл” филиали (Uzmobile савдо маркаси, CDMA стандарти).

Мобил алоқа тармоқларини авлодларга (Generation) ажратиш қабул қилинган, бундан 1G, 2G, 3G ва 4G аббревиатуралар келиб чиққан. Яъни ҳаракатдаги сотали алоқаларнинг биринчи, иккинчи, учинчи ва тўртинчи авлодлари ҳақида айтиш мумкин. Шунингдек ўтиш тармоқлари 2,5G, 3,5G ва ҳаттоки 4,5G тармоқлари мавжуд. Мобил алоқа авлодлари маълумотлар узатиш тезлиги, амалга оширилиши мумкин бўлган сервислар ва хизматлар билан характерланади.

**1G авлод тармоқлари.** Биринчи авлод тармоқларида товуш аналог усулда узатилади, фойдаланилган FDMA маълумотлар узатиш тезлиги камлиги сабабли, 3 Кбит/с дан кўп эмас, фақат телефония функциясини бажаришга қодирдир. Биринчи авлод тармоқларининг шубҳасиз хизмати – абонентлар бир-бирлари билан гаплаша олганлиги. 1984-йил ишга туширилган бу тизим 9,6 Кбит/с маълумотлар узатиш имконига эга эди.

**2G авлод тармоқлари.** Иккинчи авлод тармоқларида товуш рақамлашган холда узатилади, бунда тармоқ ишончилиги ортади, узатиш тезлиги 14,4 Кбит/с кўпаяди ва кичик ҳажмдаги матнлар, SMS узатилади. Фойдаланишга 1991 йил чиқарилган. Сервислари телефон (товушни рақамли узатиш), қисқа SMS узатиш/қабул қилиш, ўйинлар, 9,6 Кбит/с дан 14,4 Кбит/с гача тезликда маълумотлар узатиш, WAP протоколи бўйича Интернет тармоғига кириш.

**2,5G авлод тармоқлари.** Бу авлод тармоқлари оралиқ стандарт бўлиб, узатиш тезлиги оширилган. Иккинчи авлодни Интернетга симсиз кириш билан таъминлайди: GPRS ва унинг эволюцияси EDGE. Улар графикани ва оқимий видеони узатади. Фойдаланишга 1999 йил топширилган. Сервислари: телефон (товушни рақамли узатиш), узун SMS узатиш/қабул қилиш, товушларни, расмларни узатиш/қабул қилиш, факслар узатиш/қабул қилиш, товуш почтаси, Интернет, радио/MP3-плеер, караоке, 30та ўйин, 57,6 Кбит/с дан 153,6 Кбит/с гача тезликда маълумотлар узатиш.

**3G авлод тармоқлари.** Учинчи авлод тармоқлари мобил алоқанинг бир нечта стандартини билдириб, бир қатор фарқли белгиларни кўрсатади. Фойдаланишга 2002 йил топширилган. Сервислари: телефон (товушни рақамли узатиш), видеотелефон, электрон хабарларни узатиш/қабул қилиш, товушларни, расмларни узатиш/қабул қилиш, факслар узатиш/қабул қилиш, товуш почтаси, видеопочта, Интернетга юқори тезликли кириш, радио/MP3-плеер, караоке, мультимедиа, ТВ ва видеоплеер, 144 Кбит/с дан 2 Мбит/с гача тезликда маълумотлар узатиш.

**4G авлод тармоқлари.** Тўртинчи авлод тармоқлари учинчидан асосан маълумотлар узатиш тезликлари билан фарқланади. Тўртинчи авлоднинг тизим ва стандартлари ҳозирда ишланмада, тахминий амалга оширилиши 2009 йил.

3G тармоқларининг ривожланиши мультимедиа контентини юқори тезликда юклатиши, электрон почта, файлли иловалар, он-лайн ўйинлар билан ишлаш қулайлиги сабабли маълумотлар алмашилиши бўйича хизматлар ва сервислардан фойдаланиш сифати ва қулайлигини абонентлар учун сезиларли яхшилади.

Мобил алоқа учинчи авлоди технологияси – бу мулоқатга ва ахборотга киришнинг кардинал янги технологиясидир. Абонент ўз суҳбатдоши билан нафақат гаплашади, балки уни мобил тармоққа телефон ёки махсус сим-карта ёрдамида уланган видеотелефон ёки ноутбук ёрдамида кўриши, Интернет тармоғи бўйича саёхат қилиши ва интернет- киришнинг ҳамма афзалликлардан фойдаланиши мумкин.

**Маълумотлар узатиш тармоқлари.** “Ўзбектелеком” АК ҳозирда маълумотларни узатиш бўйича кенг спектрли хизматларни, Интернет хизматларини тақдим этмоқда ва Республикада хусусий ва ягона рақамли транспорт тармоққа эгадир. 1997-1999 йиллар қурилган рақамли магистрал телекоммуникация тармоғи Тошкент, Нукус шаҳарлари ва Республика вилоят марказлари орасида юқори тезликли маълумотлар узатиш каналларини (64 кБит/сек дан 2048 кБит/сек гача) ташкил этишга имконият берди. Қувватли транспорт тармоғининг мавжудлиги, бирламчи ва иккиламчи тармоқларга эгалик “Ўзбектелеком” АКга фойдаланувчилар кенг оммасига маълумотлар узатиш тармоғининг хизматларини, Интернет ва унинг иловалари бўйича хизмат кўрсатишга имконият берди.

Маълумотлар узатиш тармоқлари хизматларини ривожлантириш кетма-кетлигини қуйидагича тавсифлаш мумкин:

- провайдерлар тармоқларини яратиш бўйича хизматлар;

- глобал Интернет тармоғи билан боғланиш хизматлари;
- амалий (электрон тижорат, телемедицина, телемаркетинг) хизматлар;
- жамоа (реклама, маълумотнома, дастурий махсулотлар, бизнес, ўйинлар ва бошқалар) хизматлари;
- молиявий хизматлар;
- тармоқ бўйича электрон савдо хизматлари.

Маълумотлар узатиш воситаларининг ва ҳар хил турлардаги тармоқларда товуш трафиғи ва видеоларни қайта ўзгартириш форматлари технологияларининг бундан буён ривожлантирилиши тақдим этилаётган хизматлар турларини, жумладан Интернет хизматларини сезиларли оширишга имконият туғдирди.

Хозирги вақтда маълумотлар узатиш тармоғини, “UzNet” ва “ТШТТ” филиаллар тармоқлари билан биргаликда, ривожлантириш ва кенгайтириш бўйича сезиларли ишлар олиб борилмоқда.

“UzNet” филиали томонидан тузилган маълумотлар узатиш тармоғи ҳамма вилоят марказларига ва айрим туман марказларига етказилган ва тармоқни ҳамма туман марказларига етказиш бўйича ишлар олиб борилмоқда. Бундан ташқари Тошкент шаҳрида марказий узелда ташқи канал имкониятини ошириш учун маълумотлар узатиш транспорт тармоғини Е1 дан GE гача кенгайтириш бўйича ишлар олиб борилмоқда. Ахборот алмашилишини ва Интернет тармоққа чиқишни таъминловчи, Республика вазирликлари ва идоралари, бир қатор Республикадаги халқаро ташкилотлар ва ваколатхоналар фойдаланувчиларига Веб-хостинг бўйича хизматларни тақдим этувчи идоралараро компьютер тармоғи ўзининг кейинги ривожланишини топмоқда.

Маълумотлар узатиш тармоқлари қўлланган энг янги хизматлар видео конференцияларни ташкил этиш бўйича хизматлардир, шунингдек Интернет протоколларни қўллаб Ўзбекистон Республикасининг ҳамма аҳолисига IP-телефония хизматларини кўрсатишдир.

“Ўзбектелеком” АКнинг ТошТТС филиалида VoIP шлюзини кенгайтириш ва ТШТТ ва UzNet филиаллари базасида иккита қўшимча VoIP узелларни ташкил этиш бўйича ишлар олиб борилмоқда, бу эса аввалдан тўланган универсал чипталар (карточкалар) бўйича ҳам халқаро, ҳам шаҳарлараро телефон сўзлашишлар, шунингдек Интернет тармоғига кириш хизматларини тақдим этиш имконини бермоқда.

Янги универсал чипталар аҳолининг кенг қатламига мўлжалланган, ижтимоий йўналишга эга, чунки уларнинг тарифлари кам таъминланган фойдаланувчиларга етишишлидир. Чипталар жисмоний шахсларга мўлжалланган. Республиканинг ҳамма миждозларига ушбу хизматлар тақдим этиш имкониятларини бир хиллигини таъминлаш мақсадида 2004 йилдан, сервис интеллектуал хизматлари учун тармоққа киришнинг ногеографик коди 805 жорий этилган, бу эса Ўзбекистоннинг исталган пунктдан исталган телефондан аввалдан тўланган чипта бўйича халқаро сўзлашишни амалга оширишга имкон беради. “Ўзбектелеком” АК филиалларининг чипталари универсал бўлиб, нафақат IP-телефониядан

фойдаланиб халқаро ва шаҳарлараро сўзлашишларни амалга ошириш, шунингдек Dial-Up уланишдан фойдаланиб Ўзбекистондаги исталган вилоят марказидан Интернет тармоққа кириш мумкин.

Тармоқ самарадорлигини ошириш, хизмат турларини кўпайтириш учун хар хил компаниялар бу борада ўз ечимларини таклиф этмоқдалар.

Телекоммуникациянинг тармоқларининг келажак ривожини бу тўлиқ оптик тармоқлардир.

## **7.2. Кенг полосали киришнинг ривожланиш истиқболи**

Кенг полосали киришнинг асосий турлари:

- симли кенг полосали кириш (xDSL);
- оптик кенг полосали кириш;
- симсиз кенг полосали кириш: WiMAX, WiFi, WiBro, уяли (3G).

*Симли кириш технологиялари* куйидагича тавсифланади. xDSL технологияси шаҳар телефон тармоғининг симли линияларида юқори тезликли алоқа каналлари хосил қилиш имконини беради. Бу ҳолда эришилаётган тезлик ва узатиш сифати фақат авваллари оптик толали алоқа линияларида мумкин бўлар эди. xDSL модемлар регенерацияли ёки регенерациясиз битта ёки иккита жуфтли симметрик электрик кабеллар бўйича сигналлар оқимини узатишга мўлжалланган. xDSL ларнинг куйидаги модификациялари мавжуд:

- ADSL- Asymmetric Digital Subscriber Line;
- HDSL - High-bit-rate Digital Subscriber Line;
- SDSL - Single Pair Digital Subscriber Line;
- VDSL - Very High-bit-rate DSL

*Оптик кириш технологияларини* куйидагича тавсифлаш мумкин. FTTH (Fiber To The Home). Бу термин 1990 йиллар охириги телекоммуникация “бум”и пайтида пайдо бўлган ва МДХ давлатларида “тола уйга” деб таржима қилинган. FTTH нинг ғоясида оммавий абонент ва абонент қурилмасининг арзонлигига урғу берилган. FTTH билан бирга FTTC /FTTB/ FTTP терминлар ҳам кенг қўлланилади. FTTC (Fiber To The Curb) энг кенг тарқалган маъноси, тола “узелга”ёки рақамли алоқанинг тақсимлаш узелига, ёки кабел телевидениенинг узелига деб тушунилади. FTTB(Fiber To The Building) – тола бинога. Бунинг потенциал мижозлари компаниялар провайдерлар, алоқа ва кабел телевидение операторлари. FTTB нинг хусусияти – охириланма қурилманинг арзон бўлиши шарт эмас, лекин кўпчилик фойдаланувчиларни хизмат билан таъминлаши шарт. FTTB қўлланишларининг асосий мижозлари бизнес мижозлар - алоқа операторларидир, FTTB нинг қуввати эса кўп сонли оддий абонентларга етиши керак. FTTP (Fiber To The Premises) – тола компаниялар (бизнес) мулкига. Агар компания ер участкаси, бинолар гуруҳи, омборхона, битта бино, битта офис ва бошқаларга эгалик бўлса, буларнинг ҳаммаси Premises

дейлади. Шунинг учун FTTP нинг маъноси оддий, телекоммуникация бизнесини оптик толали алоқа линиясига уланишидир.

**Симсиз кириш технологияларини** қуйидаги операторлар амалга оширади, жумладан “Ўзбектелеком” АК, “ИСТ-Телеком”, “Бузтон” ҚК, “Super iMAX” компаниялари. Симсиз кириш технологияларидан фойдаланиш маълум афзалликларга эга. Уларни қисқача кўриб чиқамиз.

**1. Wi-MAX** дан фойдаланиш афзалликлари:

- абонент комплектининг компактлиги, уни иш столига жойлаштириш мумкин;

- ускунани ўрнатиш осонлиги, ўрнатиш вақти 10-20 дақиқадан ошмайди;

- абонент қурилмасидан фойдаланишнинг осонлиги;

- базавий станциянинг бевосита кўриниши бўлмаганда ҳам ишончли алоқа бўлишлиги;

- комплекс хизматлар олиш имконияти – ускуна бир пайтнинг ўзида, сифатни пасайтирмасдан, телефония хизматларини олишни, Интернетга киришни ва корпоратив тармоқларни ташкил этишни таъминлайди;

- хизматнинг чекланган мобиллиги, яъни компания Wi-MAX тармоғи қоплаган зонасидаги исталган янги жойга кўчиб ўтганда, созланишлар сақланади ва алоқа аввалгидай ишлайди;

- инсталляцияни аренда қилинган бинонинг маъмурияти билан келишиш керак эмас;

- хизматга уланиш учун сим тортиш ёки деворларни тешиш лозим бўлмайди.

**2. Wi-Fi** дан фойдаланиш афзалликлари:

- тармоқни кабел ётқизмасдан ривожлантириш мумкинлиги, тармоқни ривожлантириш ва кенгайтириш нархини (қийматини) камайтириш мумкин. Кабель ётқизиш мумкин бўлмаган жойда, масалан бинодан ташқарида ва тарихий ахамиятга эга биноларда симсиз тармоқ хизмат кўрсатиши мумкин;

- Wi-Fi қурилмалар телекоммуникация бозорида кенг тарқалган. Хар хил ишлаб чиқарувчиларнинг қурилмалари эса сервисларнинг базавий сатҳида ўзаро боғланиши мумкин;

- Wi-Fi тармоқ роумингни қўллайди, шунинг учун мизжоз станцияси битта кириш нуқтасидан иккинчисига ўтиб, мухитда ҳаракатда бўлиши мумкин;

- Wi-Fi бу глобал стандартларнинг тўпламидир. Сотали телефонлардан фарқли равишда, Wi-Fi ускунаси дунё бўйича ҳамма мамлакатларда ишлаши мумкин.

**3. Симсиз кириш технологияси (Wi-Bro)**. Samsung компанияси Wi-MAX симсиз алоқа стандарти учун янги ечим топди ва унинг асосида уяли алоқа учун хусусий Wi-Bro (Wireless Broadband кенг полосали симсиз алоқа) стандартини ишлаб чиқди. Samsung компанияси мутахассисларининг таъкидлашича Wi-Bro нинг WiMAX қурилмалари билан мослиги сақланиб қолган, Wi-Bro адаптерлари кам энергия таъминотли бўлганлиги сабабли,

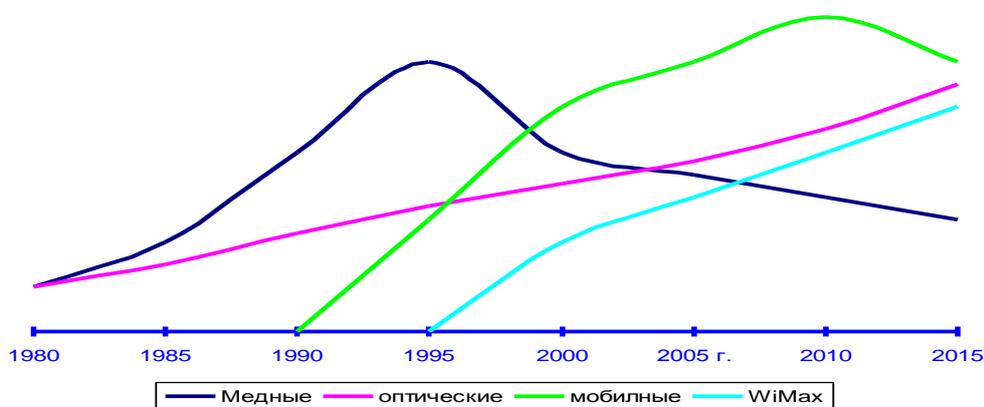
улар билан сотали телефонларни жихозлаш ва шунингдек уларни ноутбукларга жойлаштириш режалаштирилмоқда.

### **Ўзбекистонда мобил алоқанинг ривожланиш тенденциялари.**

Мамлакатимизда мобил алоқа стандартларини жорий этилиши куйидагича бўлди. 1991 йил (1G) - NMT-450 стандарти, 1994 йил (1G) - AMPS/DAMPS стандарти, 1996 йил (2G) - GSM стандарти, 2004 йил (2,5G) - CDMA-1x стандартлари (CDMA800, CDMA-450), 2009 йил (3G) - CDMA-1x-2000 (CDMA800 EV-DO Rev A, CDMA-450 EV-DO Rev A) стандарти ва (3G) - UMTS стандарти жорий этилиши режалаштирилган.

Кенг поласали киришнинг йиллар давомида ўзгариш динамикаси 7.1-расмда келтирилган. Расм тахлили “охирги миля” телекоммуникация технологияларини ривожланиш замонавий босқичида мис симлардан фойдаланишга қизиқишлар камайиб бораётганини кўрсатади. Мис линиялар ўрнига оптик толали линиялар ва симсиз (мобил (сотали) ва WiMAX симсиз кенг минтақали кириш) технологиялар кириб келяпти, улар оммавий авжигга яқин келажакда чиқиши мумкин. Мобил (сотали) абонентлар 2010-2012 йиллар авжигга етиб сўнгра камайиши мумкин.

Хозирги пайтда Ўзбекистон республикасида симсиз технологиялар, шунингдек мобил ва WiMAX симсиз кенг минтақали кириш технологиялари кенг жорий этилмоқда.



7.1-расм. Кенг поласали киришнинг йиллар давомида ўзгариш динамикаси

### **7.3. Фотон технологияси асосидаги телекоммуникациянинг оптик тармоқлари**

Кейинги ўн йилликлар телекоммуникациянинг жадал суратларда ривожланиши билан характерлидир, бу ривожланиш кўп жихатдан микроэлектроника ва материалшуносликнинг ютуқларига асосланган бўлиб, ахборотни самарали тақсимлаш, қайта ишлаш, сақлаш, шунингдек тизим ва узатиш мухитининг ўтказувчанлик қобилиятини кескин ошириш имконини берди. Замонавий телекоммуникациянинг бош хусусияти – сигналларни рақамли кўринишда узатиш ва қайта ишлашдир, бунинг назарий асосида

аналог сигнални эквивалент дискрет, яъни рақамли сигнал билан алмаштириш мумкинлиги ҳақидаги Котельников (Шеннон) назарияси ётади. Рақамлаштириш, уларни амалга ошириш имконияти бўлгунга қадар шакллантирилган илмий ғояларни жорий этиш имконини берди ва бунинг натижасида, аналог тизимларга нисбатан кенгайтирилган хизматлар спектрига эга, иқтисодий самарали рақамли алоқа тизимларини куриш имконияти туғилди.

Ҳамма телекоммуникация технологиялари, жамиятни ахборотлаштириш жараёнининг жадаллашиши сабабли, ҳажми жуда тезда ошиб бораётган ахборотларни узатиш учун юқори тезликли каналларга мухтождирлар. Бу ахборот тармоқларининг ўтказувчанлик қобилияти ва мослашувчанлиги ортиши орқали яққол намоён бўлмоқда. Битта фойдаланувчига нисбатан ҳисоблаганда ўтказиш полосаси кескин ортмоқда. Бунинг натижаси сифатида, Интернет ресурсларидан фойдаланиш кескин ортиши кузатилмоқда – баҳолашга қараганда ахборот оқимининг ўртача ҳажми дунёда битта фойдаланувчига нисбатан ҳисоблаганда йилига 8 марта ортмоқда.

Узатилаётган ахборотлар ҳажмининг бундай ортишини фақат сигналларни узатиш муҳити сифатида оптик толани жалб этиш орқали ҳал қилиш мумкин. Бу узоқ масофали телекоммуникация магистралларига, шунингдек локал ҳисоблаш тармоқларига ҳам мансубдир.

Оптик тола ҳозирги пайтда ахборотни узатиш учун энг мукамал физик муҳитдир, шунингдек етарлича олис масофага ахборотларнинг катта оқимларини узатиш учун энг истиқболли муҳит деб ҳисобланади. Толанинг афзаллиги – регенерация участкаларининг узун бўлишига имкон яратувчи сўниш ва дисперсиянинг озлиги, ахборотни катта тезликда узатиш имконини берувчи юқори тўскинбардошлик ва ўтказиш полосасининг кенглигидир.

Бугунда оптик тола амалда ахборотни узатиш билан боғлиқ бўлган ҳамма соҳада қўлланилмоқда. Агар шахсий компьютер даражасида оптик толали интерфейс симли билан эндигина яққол курашаётган бўлса, магистрал тамоқларни куришда эса оптик толанинг сўзсиз ҳокимлиги аллақачондан факт бўлиб қолган. Оптик толанинг тижорат аспекти хам унинг фойдасига гапирмоқда – тола кварцдан, яъни қум асосида тайёрланади, қумнинг захираси эса жуда кўпдир.

Ҳозирги пайтда бутун дунё бўйича алоқа хизматларининг ҳамма тақдимотчилари бир йилда бир неча ўн минг километрли оптик толали кабелларни ер остига, океанлар, денгизлар, дарёлар тубига, тоннелларга, электр узатиш линиялари бўйича ва коллекторларга ётқизмоқдалар. Жуда катта компаниялар, жумладан IBM, Lucent Technologies, Nortel, Corning, Alcoa Fujikura, Siemens, Pirelli компаниялари оптик толали технологиялар соҳасида интенсив тадқиқотлар олиб боришмоқда. Энг прогрессив технологиялар қаторида зич спектрли мультиплексирлашни DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) ва нол бўлмаган аралаш дисперсияли толани TrueWave (Lucent Technologies) ёки DWDM сигнални узатиш учун махсус мўлжалланган SMF-LS (Corning) кўрсатиш мумкин.

Бу тадқиқотларнинг натижасида 1996 йилда битта толада 55та DWDM каналларини мультиплексирлашга эришилди, бунда битта каналнинг узатиш тезлиги 20 Гбит/с бўлиб, йиғинди натижасида 1,1 Тбит/с тезликка эришилди.

Хозирда мавжуд бўлган тизимлар 100 ортиқ каналларни қўллаши, натижада бир неча ўнлаб гигабит секунд ўтказувчанлик қобилиятига эга бўлиши мумкин.

Ривожланишнинг кейинги босқичи фотониканинг ривожланиши бўлди. Бу йўналишнинг имкониятлари, толанинг “сувли кирланиши”ни йўқотиш ва DWDM технологияларини қўллаш, шунингдек сигналларни регенерациялашнинг энг муҳим функцияларини ва рақамли оқимларни коммутациялашни оптик сигналларни электрик сигналларга ўзгартирмасдан бевосита оптик диапазонда амалга ошириш ҳисобига толада қўлланилаётган частота полосасини кенгайтириш ва узатиш тезлигини 300 Тбит/с гача ошириш билан боғлиқдир.

Зич мультиплексирлаш усули пайдо бўлиши билан, шунингдек трафикни шакллантириш, хизмат кўрсати ва узатиш бўйича ҳамма функцияларни бажариш имконини берадиган қурилмаларни ишлаб чиқилиши ва бу ҳол тўлиқ оптик муҳитда бўлишлиги учун оптик тармоқлар, шунингдек улар асосида қурилган глобал тармоқлар мустақил технология сифатида эътироф этилди.

Глобал тармоқлар (Wide Area Networks, WAN), улар шунингдек территорияларга, компьютер тармоқлари ҳам деб аталади, катта территорияларга – вилоят, регион, мамлакат, континент ёки ер шарининг ҳамма жойига тарқалган абонентларнинг катта сонига ўзининг сервисларини тақдим этишга хизмат қилади.

Телекоммуникацияларнинг ривожланиш эволюцион жараёнининг охириги мақсади – Глобал ахборот инфраструктурасини яратишдир, у фойдаланувчиларга хизматлар тўпламини тақдимлайдиган, очиқ иловалар тўпламини таъминловчи ва ахборотнинг ҳамма турларини қамровчи ва уни исталган жойда исталган вақтда мақбул нархда ва сифат билан олиш имкони таъминлайди.

Алоқа каналларининг жуда узунлиги сабабли глобал тармоқларни қуриш жуда катта харажатларни талаб қилади, унга кабелларнинг нархи ва уларни ётқизиш бўйича ишлар, коммутацион ускуналар ва каналнинг зарурий ўтказиш полосасини таъминловчи оралиқ аппаратураларга харажатлар, шунингдек катта территорияларга тақсимланган телекоммуникация тармоқларининг аппаратураларини ишлаш ҳолатида сақлаш учун эксплуатацион харажатлар киради.

Глобал компьютер тармоқларининг типик абонентлари, турли шаҳар ва мамлакатларда жойлашган, ўзаро маълумотлар алмашилиш зарурати бўлган, корхоналарнинг локал тармоқларидир.

Глобал тармоқлар одатда йирик телекоммуникация компаниялари томонидан абонентларга пуллик хизмат кўрсатиш учун яратилади.

Глобал ҳисоблаш тармоқларидан ташқари ахборотларни узатиш территориялар тармоқларнинг бошқа турлари ҳам мавжуддир. Биринчи

навбатда булар бир неча ўнлаб йиллар давомида ишлаб келаётган телефон ва телеграф тармоқлари, шуниндек телекс алоқадир.

Глобал тармоқларнинг нархи ўта юқорилиги сабабли ягона глобал тармоқни яратиш узоқ вақтли тенденцияси мавжуддир, бу тармоқ исталган турдаги маълумотларни узатиши мумкин: компьютер маълумотлари, телефон сўзлашишлари, факслар, телеграммалар, телевизион тасвирлар, телетекс (иккита терминаллар орасида маълумотлар узатиш), видеотекс (тармоқда сақланаётган маълумотларни ўз терминалига олиш) ва бошқалар. Телекоммуникация хизматларини интеграциялаш учун дастлабки технология ISDN ўтган асрнинг 70-йилларида ривожлана бошлади. Хозирча тармоқларнинг ҳар бир тури алоҳида ишлаб турибди ва уларнинг энг қалин интеграцияси умумий бирламчи тармоқлар – PDH ва SDH тармоқлардан фойдаланиш соҳасида амалга оширилган, бугунда уларнинг ёрдамида коммутацияланувчи тармоқларда доимий каналлар тузилмоқда. Технологияларнинг ривожланиш янги босқичида интеграцияланган тармоқларни яратиш, янги мерос ном билан Broadband ISDN (B-ISDN) давом этмоқда, яъни кенг полосали (юқори тезликли) хизматлари интеграцияланган тармоқлар. B-ISDN тармоқлар универсал транспорт сифатида АТМ технологияларига асосланади ва тармоқнинг охириги фойдаланувчиларига турли шаклдаги ахборотларни – компьютер маълумотлари, аудио- ва видеоахборотларни тарқатиш учун юқори сатҳдаги турли хизматларни, шунингдек фойдаланувчиларнинг интерфаол ўзаро боғланишини қўллайди.

Бу ўта катта ҳажмдаги ахборотларни узатиш фақат телекоммуникациянинг оптик тармоқлари асосида бўлиши мумкин.

Телекоммуникация оптик тармоқларини ривожлантириш нархи пастлигини ва мавжуд тармоқ технологиялари билан мослаштириш осонлигини, шунингдек ўтказиш кенглигининг амалда чекланмаганлигини ҳисобга олганда, яқин вақтларда телекоммуникациянинг глобал ва магистрал тармоқлари тўлиқ оптик тармоқларга ўтишини кутиш мумкин.

Телекоммуникациянинг кенг полосали оптик толали тармоқлари ўзаро боғланиш электрон муҳитнинг янги шакллари, бизнес-ечимлар, ўқитиш бўйича таклифларни, шунингдек ахборот-коммуникацион технологияларнинг ривожланиш янги босқичини – GRID -компьютерингни амалга ошириш учун имконият очмоқда.

1998 киритилган терминга мос равишда Grid computing (ҳисоблаш тармоғи) – дастурий-аппарат инфраструктурасидир, у дунёнинг исталган нуқтасидан юқори самарали ҳисоблаш ресурсларига ишончли, келишилган ва “унча қиммат бўлмаган” киришни таъминлайди.

Грид- компьютеринг соҳасида илмий изланишлар ўтган асрнинг 90-йилларидан бошлаб АҚШ, Япония, Хитой ва Европа мамлакатларида олиб борилмоқда.

Идеал GRID тизими географик тақсимланган бўлиши ва дунёдаги ҳамма компьютерларни, улар орасидаги масофадан қатъий назар бирлаштириши керак.

Хозирги кунда улкан тақсимланган тармоқни тузиш мумкин, лекин участкалар орасида маълумотларни алмаштириш мураккаб бўлади, уларни фойдаланилаётган маълумотлар узатиш тармоғи асосида ягона ресурсга бирлаштириш эса хозирча мумкин эмас. Бу катта хажмдаги ахборотларни, катта маълумотлар базасини (МБ) қўшимча хисоблаш ресурсларини талаб қиладиган хисоблашларни бажариш учун, континентлар орасида тезкор алмаштиришга имкон бермайди.

Бу муаммоларни ечиш учун айрим мамлакатларда Грид лойихалари амалга оширилмоқда.

Хозирда Россия мухим бир лойиха, “Поларнет-грид” лойихасини таклиф этган. Бу лойиха ахборот коридорини ташкил этиш учун Европа, Шимолий Америка ва Осиёни энг қисқа арктик маршрут билан боғловчи уникал сув ости оптик тола тизимини қуришга мўлжалланган. Бу оптик магистрал умумий узунлиги 19500 километр бўлиб Лондон шахрини Алеут оролларидаги Датч-Харбор пункти билан боғлаши кўзда тутилган.

Тахмин қилинишича, Поларнет лойихасини амалга ошириш натижасида грид-компьютингнинг бирлик ахборотга сарф харажатлари 5 марта камайтиради.

#### **7.4. Оптик элементлар базасидаги халқаро телекоммуникация тармоқлари**

Замонавий бизнес мамлакатлар ва давлатларни сакраб ўтди. Замонавий тадбиркор ҳаётнинг асосий хусусияти – ахборотларни интенсив айирбошлашга талаблардир. Ахборотларни алмашилиш интенсивлигининг ортиши ва компаниялар фаолиятининг географик масштаблари кенгайиши халқаро ахборот тармоқларида специфик излар қолдирмоқда.

Аниқланма бўйича, халқаро тармоқ – ахборот тармоғи бўлиб, унинг компонентлари бир нечта мамлакатларда жойлашгандир. Халқаро тармоқларнинг хусусияти – алоқа линияларнинг нархлари баландлиги. Битта мамлакат худудидаги алоқа, халқаро линиялардаги алоқага нисбатан бир даражага арзондир, бу нисбат алоқа турларига боғлиқ эмас. Шунинг учун халқаро тармоқлар билан ишлаганда ахборотларни қисиш хар хил усуллари, шунингдек терминал ускуналарининг рад этишга бардошлигини ошириш жуда мухим ахамиятга эгадир.

Халқаро тармоқлардан фойдаланиш билан боғлиқ яна мухим муаммолардан бири - телекоммуникацион стандартлар, алоқа линиялари ва фойдаланилаётган ускуналарнинг турли хиллигидир. Халқаро тармоқларнинг яна бир хусусияти уларнинг катта географик масштаблар билан боғлиқлиги ва мониторинг ва бошқариш тизимларига айримча талаблардир.

Телекоммуникацион инфраструктуранинг турли мамлакатларда ривожланиш даражасининг фарқи каттадир, бу эса ўша мамлакатларда қўлланаётган тизимларда катта из қолдиради. Технологиянинг жуда тез ривожланиши бундай шароитда қўшимча муаммоларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Дунё жуда хам интеграллашмоқда, уни ахборотлаштириш жуда

катта тезликда ўсмоқда. Бундан қуйидаги хулосани айтиш мумкин – халқаро телекоммуникация тармоқлари шундай лойихалаштирилиши керакки, уларни бўлаётган ўзгаришларга ортиқча харажатларсиз тезда мослаштириш имкониятига эга бўлиши лозим.

Халқаро тармоқлар, хусусан оптик халқаро тармоқлар жуда специфик телекоммуникацион муҳитдир. Бу специфика улардан фойдаланиш ҳосил бўладиган муаммоларга ва улар ечимига ўз таъсирини ўтказмай қолмайди. Кейинги йилларда ҳар хил лойихаларни амалга ошириш натижасида умумий узатиш тезлиги 12 Гбит/с трансатлантика ва 6,98 Гбит/с тинч океани оптик телекоммуникация тармоқлари фойдаланишга топширилган.

Уларнинг айримлари ҳақида ахборот бериш мумкин. **Project Yellow** лойихаси Шимолий Америка (Нью-Йорк) ва Европани (Англия) боғловчи, узатиш тезлиги 320 Гбит/с дан 1,28 Тбит/с гача ўзгартирилиши мумкин бўлган, кенг полосали узунлиги 6000 километр сув ости магистрали; **TAT-14** – WDM технологияси қўлланган 14-нчи трансатлантик телефон кабель тизими. Сигими 640 Гбит/с, STM-64 тизими қўлланган оптик сув ости кабелли АҚШни халқа топологияси бўйича Буюкбритания, Франция, Голландия, Германия ва Дания билан боғловчи магистралдир; **Apollo** тизими - умумий узунлиги 13000 километр, узатиш тезлиги 3,2 Тбит/с гача, АҚШ, Буюкбритания ва Францияни иккита йўлча билан боғлайдиган сув ости магистрали. Apollo тизими оптик элементлар базасида яратилган нуфузли халқаро телекоммуникация тармоғидир; Япония, Гавай ороллари ва АҚШ боғловчи сув ости узунлиги 225000 километр **TPC-5** (Trans-Pacific Cable - 5) оптик магистрал; узунлиги 30500 километр, жумладан 28900 км сув ости кабелли оптик магистрал Southern Cross Австралия, Янги Зеландия, Гавай ороллари ва АҚШни боғлайди; **PC-1** (Pacific Crossing - 1) оптик-толали узунлиги 21000 километрли халқали тармоқ АҚШ ва Осиёни боғлайди.

Шундай қилиб, қуйидагиларни таъкидлаш мумкин, фотон технологияси асосидаги телекоммуникация тармоғи истиқболли тармоқдир; Ер шари умуман олганда юқори тезликли оптик толали халқалар билан ўраб олинган, бу тармоққа уланган исталган миллий телекоммуникация тармоғи исталган мамлакат телекоммуникация тармоғига кириши мумкин.

### **7.5. Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоғи ҳолати ва ривожланишнинг долзарб масалалари**

Хозирги кунда Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоғи ҳолатини қуйидагича тавсифлаш мумкин:

- Халқаро телефон коммутация маркази – 4 та;
- Шаҳарлараро телефон станциялари – 13 та;
- Умумийсигим 95 159 порт (канал);
- Ишлатилган сигим 78 444 порт (канал);
- Халқаро пакетлар коммутация маркази – 1 та (515 Мбит/с).
- Маҳаллий телефон тармоғи: жами 2 041 та телефон станция, умумий ўрнатилгансигим - 2 067 037, фойдаланилаётгансигим - 1 818 400;

- Мобил коммутация марказлари(CDMA 450) – 5 та: умумий сифими 120,0 минграқам, базавийстанциялар сони 153 та.

Махаллий телефон тармоғининг бугунгиҳолатини қуйидаги тавсифлаш мумкин:

- Шаҳар телефон тармоғи: жами 485 та телефон станция, умумий ўрнатилган сифим - 1 709 519, фойдаланилаётган сифим - 1 553 166; шаҳар телефон тармоғи тўлиқ - 100 фоиз рақамли технологиялар билан жиҳозланган.

- Қишлоқ телефон тармоғи: жами 1 556 та телефон станция, умумий ўрнатилган сифим – 359,3 минг, шунданрақамлиси – 107,6 минг, яъни тахминан 30 %

Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоғини ривожлантириш борасида қуйидаги **долзарб вазифалар** бажарилиши лозим, жумладан:

1. Халқаро телекоммуникация тармоқларига уланишни кенгайтириш:

- Қирғизистон Андижон - Ўш – (STM-16)
- Тожикистон Денов – Турсунзода – (STM-16)
- Қозоғистон Қўнғирот-Бейнау – (STM-16)
- Афғонистон Т ермиз-Хайратон – (STM-16)

2. Халқаро коммутация марказларини ва шаҳарлараро телефон станцияларини кенгайтириш.

3. Интернет тармоғини халқаро даражада 1 Гбит/с га етказиш.

4. Магистрал тармоқда DWDM технологиясини қўллаш ва зона ичи транспорт тармоғини кенгайтириш.

5. Маълумотлар узатиш тармоғини вилоят даражасида 10 Гбит/с, туман даражасида 1 Гбит/с тезликка етказиш.

6. CDMA-450 мобил алоқа тармоғини кенгайтириш.

7. Қишлоқ телекоммуникация тармоғини рақамлаштириш ва кенгайтириш:

- “Коинот” ОАЖнинг 42 минг сифимли рақамли телефон станцияларини ишга тушириш.

8. Инфратузилма объектларини алоқа билан таъминлашни тезлаштириш.

9. Қўшимча хизмат турларини кенгайтириш.

10. Кенг полосали хизматларни кўрсатиш бўйича сўнги мил муаммоларини ҳал қилиш:

- абонент линияларида XDSL технологиясини қўллаш;
- кўпқаватли бинолар, идораларда FTTx технологиясига ўтиш;
- CDMA, WiMax технологиялари асосида симсиз алоқани ташкил қилишни кенгайтириш;
- видеотелефон, IPTV, VoD, TVoD вабошқа интеллектуал хизмат турларини жорий қилишни тезлаштириш.

Ўзбекистонда тармоқланган рақамли транспорт тармоғини яратилганлиги, ҳамма табақа фойдаланувчиларининг маълумотлар узатиш хизматларига, шу жумладан Интернет тармоғи хизматларига талабларини тўлақонли қондириш мақсадида, маълумотлар узатиш замонавий технологияларини ва янги мультимедиа хизматларини жорий этиш учун

платформа яратилди. Бир сўз билан айтганда, Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоқлари ва воситалари – бу соҳанинг ривожланаётган мажмуасидир.

## **ХУЛОСА**

Телекоммуникация тармоқларининг энг муҳим муаммоларидан бири бўлиб тармоқли хизматларга абонентли имконийлик бўлиб қолмоқда, унинг долзарблиги биринчи навбатда Интернет тармоғининг шиддатли ривожланиши ва кенг тарзда корпоратив тармоқларнинг тармоқланган ресурсларидан ва унинг асосидаги вазифалардан фойдаланиш бўлиб қолмоқда. Фотон технологияси асосидаги телекоммуникациянинг Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоғи ҳолати ва ривожланишн долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Бундай трмоқларнинг хизматларидн фойдаланиш абонент тармоқларига имконийликни ўтказиш қобилиятини кескин равишда юксалтиришни талаб қилади. Ўз навбатида, исталган ахборотли хизмат уни сифатли равишда тақдим этиш учун ахборотни узатиш каналига ўз талабларини белгилайди.Кўп сонли фойдаланувчиларни жалб этиш учун миллий операторлар фаол равишда ўзининг магистрал тармоқларига имконийлик тармоқларини яратишдан иборат бўлади. Бунда асосий тўсқин бўлиб маънавий ва физик жиҳатдан эскирган катта сонли абонент тармоқларининг мавжудлигидир. Шунинг учун ўта зарбдор масала бўлиб замонавий катта тезликдаги технологиялар асосида усқунани монтаж қилиш ва қуришда минимал харажатлар билан уларни амалга ошириш ҳисобланади.

Ушбу ўқув қўлланмада йўналтирувчи тизимларнинг назарий асосларини кўриб чиқиш билан бирга, анъанавий равишда ишлатилаётган ахборотларни узатиш технологиялари ва юқори самарали рақамли оптик алоқа линияларини татбиқ этиш тамойилларига катта эътибор берилган. Муаллифлар ушбу ўқув қўлланма кенг сонли ўқувчиларга тола оптик алоқа линиялари ва тизимларини тузиш тамойиллари ва уларни ташкил этувчи элементлари зарур билим ва кўникмаларни оладилар деб умид билдирадилар.

### **Назорат саволлари**

1. Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқлари.
2. Кенг полосали киришнинг ривожланиш истиқболи.
3. Фотон технологияси асосидаги телекоммуникациянинг оптик тармоқлари.
4. Оптик элементлар базасидаги халқаротелекоммуникация тармоқлари.
6. Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоғи ҳолати ва ривожланиш истиқболлари.

## АТАМАЛАР

**Тола-оптик алоқа тизимлари (ТОАТ)** – тола-оптик кабеллар асосида ишловчи техник воситалар мажмуаси.

**Тола-оптик алоқа узатиш тизимлари (ТОАУТ)** – тола-оптик кабеллар асосида сигнални узатиш учун мўлжалланган техник воситалар мажмуаси.

**Тола-оптик алоқа линиялари(ТОАЛ)** – тола-оптик кабел асосида ишловчи алоқа линияси

**Тола-оптик кабел (ТОК)** – оптик шаффоф материалдан иборат бўлган кабел .

**Оптик тоа (ОТ)** – бу диэлектрик тузилма бўлиб ундан оптик сигнал узатилади(тарқалади)

**Толали оптика** - амалий фан ва машиносоздикнинг бўлими бўлиб, оптик шаффоф материалдаан тайёрланган толаларни тавсифлайди.

**Ўзак** – нур ўтказувчи муҳит, ундан асосан оптик сигнал тарқалади.

**Рақамли узатиш тизими (РУТ)** – техник воситалар мажмуаси бўлиб улар намунавий рақамли каналлар ва трактларни ташкил қилиш учун мўлжалланган бўлиб, электралоқада рақамли сигналларни узатишни таъминлайди.

**Рақамли сигнал** – параметрлари дискрет қийматлар тўплами билан чекланганлиги билан характерланади ва дискрет вақтнинг функциялари билан тавсифланадиган сигнал.

**Рақамли намунавий тракт** – техник воситалар мажмуаси бўлиб ушбу трактнинг қабул қилинган нормаларига мувофиқ равишда асосий рақамли каналларнинг параметрлари ва структурасини узатиш тезлигида таъминлашдан иборатдир.

**Ишончлилик** – объектнинг барча параметрларининг қийматларини ўрнатилган чегаралардаги вақт оралиғида сақлаб қолиш хусусияти хисобланади. Берилган режимларда ва шароитларда талаб этилган функцияларни бажара олиш қобилияти тушунилади **Транспорт тармоғи** – та часть сети связи, которая выполняет функции переноса (транспортирования) потоков сообщений от их источников из одной сети доступа получателям сообщений другой сети доступа.

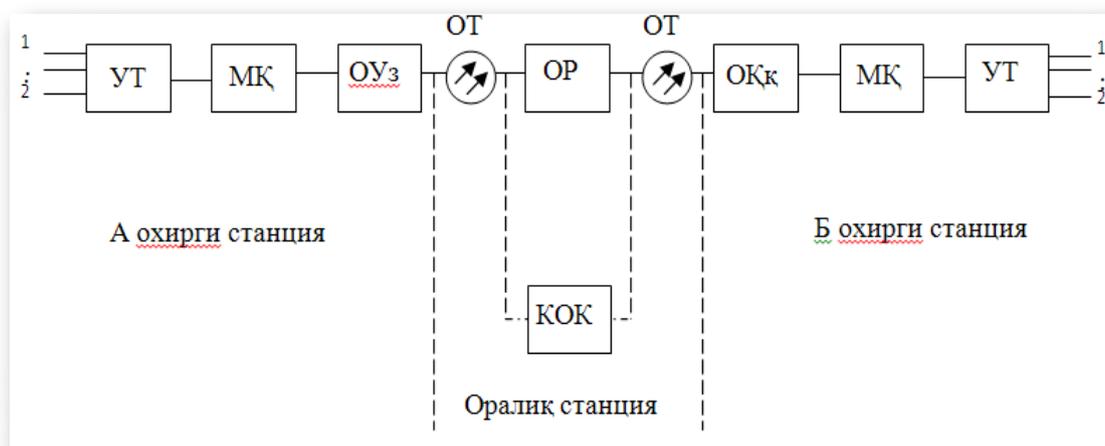
**Бирламчи тармоқ** – намунавий тармоқ трактларини, намунавий узатиш каналларини ва намунавий физик тармоқларни ташкил этиш ва уларни иккиламчи тармоққа тақдим этиш учун мўлжалланган.

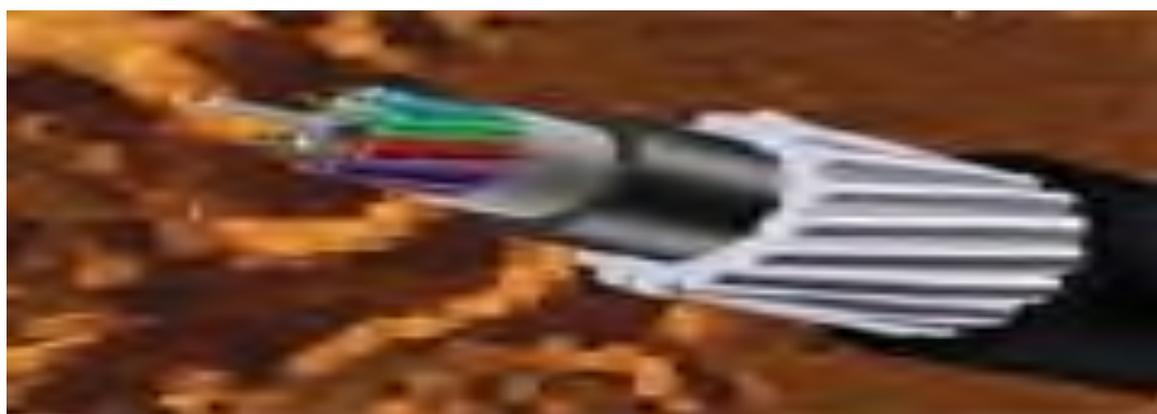
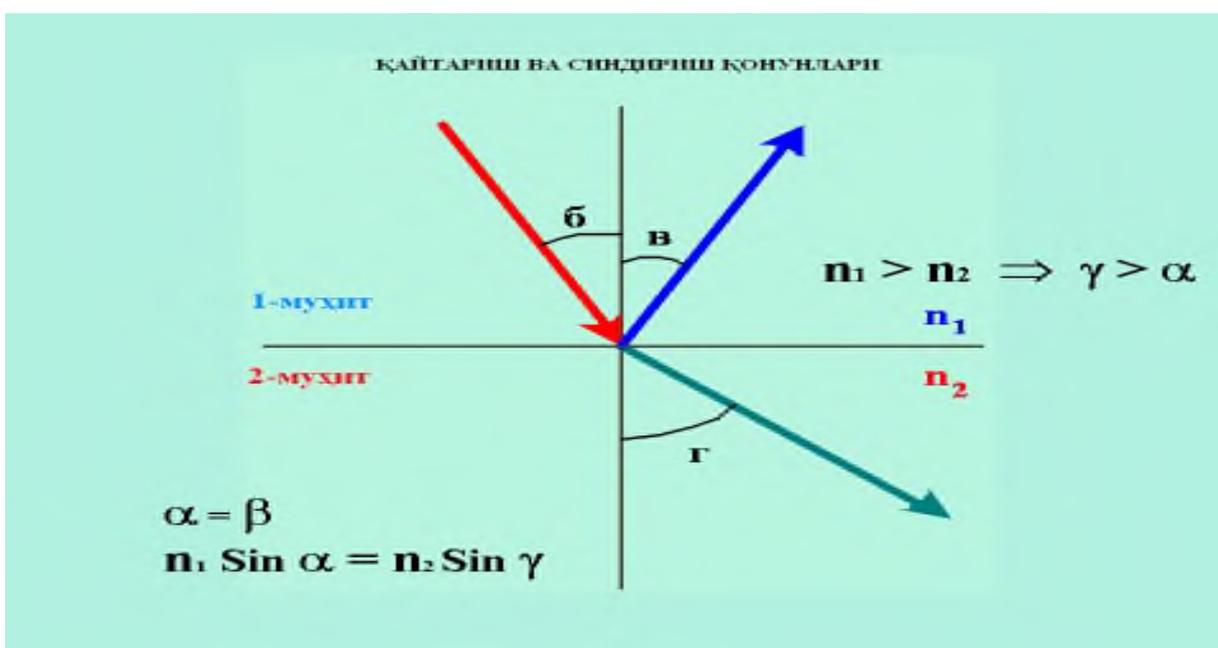
**Иккиламчи тармоқ** – электралоқа хизматлари учун сигналларни транспортлаш, коммутациялаш ва тақсимлашга мўлжалланган.

## ИЛОВАЛАР



**Толали оптик алоқа тизимларининг тузилиш схемаси**





Расм. III. – Тупроққа ётқизиш учун мўлжалланган кабел

Рухланган пўлат симдан бронланган кабеллар ташқи таъсирлардан энг муҳофазаланган кабеллар ҳисобланади ва кўшимча муҳофазасиз ҳам тупроққа, ҳам дарё тубига ётқизирилиши мумкин. Ташқи муҳитда ётқизиш учун энг енгил ва энг қайишқоқ оптик кабел. Пластмассали қувурларга ётқизиш учун энг идеал кабел ҳисобланади (расм. II).

Махсус юқори мустаҳкамликка эга иплардан тайёрланган кучайтиргич элементли кабеллар ташқи қобикқа осилиб қўйилиши мумкин. (расм.И2.).



*Расм. И2* Кабел канализациясига ётқизиш учун мўлжалланган кабел



*Расм И3.* Пластмассали қувурларга ётқизиш учун мўлжалланган кабел



*Расм И4.* Ўз-ўзини элтувчи кабел



*Расм И5. Осма кабел*

## ГЛОССАРИЙ

**Broadcast** – юқори сифатли кенг эшиттиришлар тизими.

**CDS™ (Core Detection System)**-тола ўзагининг детектирловчи тизим бўлиб, у ёрдамида толани пайвандлаб улаш ишларини тезда бажариш имкони тола ўзагини бир неча секунд вақт оралиғида юзлаштирилиши ҳисобига бажарилади.

**Ethernet**-(Эзернет лотин тилида aether -эфир деган маънони билдиради) у компьютер тармоқларининг пакетли технологияси учун қўлланади. Ethernet стандарти электр сигналларни физик сатҳда ҳамда симли уланишларни ва OSI моделининг каналли сатҳида пакет форматини ва муҳитга бошқарув протоколлар уланишларни билдиради. Ethernet- асосан IEEE нинг 802.3 гуруҳ стандартлари ёрдамида ёритилади. Бугунги кунда Ethernet ЛХТда кенг равишда қўлланувчи технология ўтган асрнинг 90-йилларида ўртасида қўлланиб эскирган Arcnet, FDDI Token ring технологиялари ўрнига қўлланмоқда.

**Fast Ethernet**-кенг қўлланувчи тармоқ технологияси бўлиб, у 802.3 стандартининг Ethernet (100 BASE-T)га асосланган, ҳамда у маълумотларни 100 Мбит/с узатиш тезлигини таъминлаб беради, бу эса биринчи вариантдаги Ethernet (10 BASE-T) дан 10 марта юқори.

**Gigabit Ethernet**-кенг равишда қўлланувчи технология бўлиб, у ёрдамида маълумотларни 1 Гбит/с (1000 Мбит/с) узатиш имконини беради, бу эса Fast Ethernet тармоқ технологиясидаги узатиш тезлигидан 10 марта юқори.

**HDSM (High resolution Direct Core Monitoring)**- оптик толанинг ўзак мониторинги.

**L-PAS™ (Lens Profile Alignment System)**- геометрик ўлчамлар бўйича юзлаштириб бирлаштирувчи тизим. Бундай усул ёрдамида толанинг цилиндрик эффекти асосида пайвандлаб уланган жойни визуал равишда назорат қилиниб тола учларининг профил тасвирларини иккита ПЗС

фотоқабул қилгичи видеосигнални қайта ишловчи тизимга уланган ҳолда эришиш мумкин.

**LID** (Local Injection and Detection)- ёруғликни локал равишда киритиш ва детекторлаш. Оптик тола бўйлаб ўтиб борувчи ёруғлик нурлантирилишни марказлаштириш ҳолат бўлиб, у оптик толаларни эгилган жойларида оптик нурланишни киритиш ва чиқариш имкониятига асосланган. Бундай ҳолатда лозим бўлган толанинг эгилиши формаси махсус тирқишлар ёрдамида бажарилади, бундан ташқари оптик толанинг эгилган жойларига оптик нурлантиргичлар ва қабул қилгичлар махкамланади.

**PAS** (Profile Alignment System)- толанинг ўзак бўйича юзлаштириб бирлаштирувчи тизим. Пайвандлаб уланувчи тола юзаларини назоратловчи усул бўлиб, унда тола профил кўриниш тасвирини сифатли қилиб кўрсатади.

**RMON** (Remote Monitoring)-олисда жойлашган модул мониторинги бўлиб, ускуна ҳақида маълумотларни йиғади ва уларни тармоқ орқали бошқаради. RMON зондлари бошқа тармоқ ускуналарида ўрнатилади ёки тармоқ сегментларидаги бошқаруви учун лозим бўлган бўш ўтказиш полосаси ҳақидаги, қайта узатувлар интенсивлиги ҳамда генерацияловчи трафикларни проложенияларга қайта тақсимлаш каби маълумотларни йиғиш учун қўлланади. Бундай тармоқ администраторларининг маълумотлари ёрдамида тармоқнинг қандай элементларини модернизация қилиш ёки қайтадан созлаш каби ишларини бажарган ҳолда унинг ишлаб чиқариш жараёни оширилади.

**Security**- қўриқлаш тизимлари

**Адаптер** -тизимни мослаштириш ва бу тизимга ускунани улаш учун қўлланувчи ускуна.

**Адаптер для обнаженного волокна -тозаланган тола учун адаптер-900** мкм диаметрда буферли қоламга эга бўлган бир модали ёки кўп модали толанинг охир учига вақтинчалик уланувчи ускуна бўлиб, у ўз навбатида таъмирлаш ишларида ва оптик ўлчов ишларини бажариш учун керак бўлади.

**Аттенюатор**-электр сигналининг сўнишини таъминлаб берувчи ёки электр сигнални кучланиш ёки қувватини камайтириб берувчи ускуна.

**Безворсовые салфетки**- пахмоқсиз салфетка у изопропилли спирт билан шимдирилган бўлиб толани текис равишда кесиб синдиришдан олдин толани ёғсизлантириш ва чангдан тозалаш учун қўлланади.

**Вертикальная кабельная проводка** – вертикал равишда ётқизилувчи кабелли ток ўтказгич. Бино қаватида жойлашган коммутацион тугунни бинода жойлашган коммутацион марказ билан боғлайдиган кабелли линия.

**Волокно -Тола (нур ўтказгич)**- ёруғлик нур кўринишдаги сигнални узатиш учун қўлланувчи ингичка ўзакдан иборат бўлиб, унинг устига ёруғлик нурини ўзак ичида сақлаб қолиш учун шаффоф қобик қопланган. Одатда тола ўзаги шишадан тайёрланади, аммо унчалик катта бўлмаган узунликдаги кабелни тайёрлаш учун тола ўзаги пластикдан ҳам тайёрланиши мумкин. Оптик тола юмшоқ ҳимояловчи материал билан ўралган бўлиб, у буфер деб юритилади. Одатда бундай ўралган оптик тола каттиқ ва мустахкам ҳолдаги қобик ичига жойлаштирилган. Битта қобик орасида бир

нечта толалар жойлаштирилиши мумкин. Тола ёки нур ўтказгичнинг ўзагига ёруғлик нури ёруғлик нурлантирувчи диод ёки лазер ёрдамида генерацияланади. Оптик тола бўйлаб маълумотлар ёруғлик тўлқинлари ёрдамида узатилади, мис симли кабеллар бўйлаб эса маълумотлар электронлар ёрдамида ҳосил бўлувчи электр токи бажаради.

**ВОЛС-ТОАЛ**-толали оптик алоқа линия асосан толанинг нур ўтказгичларидан ёки толали оптик алоқа кабелларидан иборат.

**Гидрофобное пространство кабеля - Кабелнинг гидрофобли бўшлиғи**-кабелнинг ўзак бўшлиғида жойлашган намликни итариб сиқиб юборувчи аморф гел кўринишидаги бўлиб, у оптик кабел ичида намлик бўлмаслигини ёки ташқи ўраб турувчи муҳитдан кабел ўзагига намлик кириб боришини мухофазалайди.

**Горизонтальная кабельная проводка- горизонтал кабел ток ўтказгичи.** Бино қаватида жойлашган коммутацион тугунни ишчи ўрин билан боғлайдиган кабелли линия. Одатда горизонтал ток ўтказгич вазифасини бир дона мис симдан ташкил топган тўрт жуфтлик кабелнинг турли кўринишдаги ўрамларидан иборат. Оддий шароитларда экранлаштирилган кабел қўлланса, электромагнит нурланишнинг юқори талаблар қўйиладиган жойларида эса электромагнит мослашувчанланган ёки экранлаштирилган кабеллар қўлланилади.

**Диаметр модового поля- мода майдонининг диаметри** – тола юзаси бўйлаб нурлантирилган қувватнинг тақсимланишини кўрсатувчи қиймат.

**Дисперсия**-моданинг абсолют синдириш кўрсаткичини ёруғлик нур тўлқин узунлигига боғлиқлик ҳолати.

**Длина волны –тўлқин узунлик**-иккита яқин жойлашган максимумлар орасидаги масофа ёки бир хил фазада тебранувчи иккита нуқта орасидаги масофа “Ишчи тўлқин узунлик” термини ҳозирги замон толали-оптик технологиясида 850 нм , 1300 нм ва 1550 нм қийматлар қўлланади. Тўлқин узунлиги қанчалик катта бўладиган бўлса, алоқа сифати шунчалик яхши бўлади, аммо лазерли ёруғлик нурини кўрсатувчи манбалар қўлланиши ҳисобига унинг нархи шунчалик юқори бўлади. 850 нм бўлган ишчи тўлқин узунлик асосан кўп модали толаларда қўлланса, 1500 нм тўлқин узунлик диапазони эса бир модали тола учун қўлланилади.

**Длина волны ненулевой дисперсии-дисперсияси нол бўлмаган тўлқин узунлиги** –асосан бир модали толалар учун таълуқли бўлиб, у битта тўлқин узунлик учун эмас балки у тўлқин сигналининг мультиплексорлаштириш режимида бир нечта тўлқин узунликларни узатиш учун оптимизациялаштирилган.

**Длина волны отсечки –ажратиб кесиб олинган тўлқин узунлик** –тола бўйлаб узатилаётган минимал тўлқин узунлик бўлиб, унда фақатгина бир дона мода тарқалиб ҳаракатланади. Бундай термин асосан бир модали толалар учун қўлланади.

**Дуплекс**-алоқа каналининг ишлаш режими бўлиб, унда сигналлар бир вақтнинг ўзида икки томон бўйлаб узатилади.

**Дуплексные соединительные шнуры – дуплексли боғловчи шнурлар** – иккита толали шнурлар.

**Затухания – сўниш** – маълум вақт оралиғидаги ёки муҳитдаги сўниш. Унинг физик жараёни сўниш қийматини тавсифлайди.

**Защитная трубка – ҳимояловчи найча (трубка)** – диаметри 900 мкм бўлган буфер кўриниш, у модул тузилишидаги оптик кабел тола охир учларини жихозлаш учун қўлланади.

**Измеритель оптических потерь – оптик йўқотувчанлик ўлчагичи** – оптик толадаги тўлиқ йўқотувчанликни ўлчаш учун қўлланувчи ўлчов асбоби. Унинг асосини оптик манба ва оптик нурлантиргич қувватини ўлчовчи ташкил этади. Улар битта ўлчов тизимига келтирилган бўлиши ёки бир-бирида ажратилган бўлиши мумкин.

**Измеритель оптической мощности – оптик қувват ўлчагичи** – Толали-оптик алоқа линияларида ўлчов ишларини бажариш учун қўлланувчи ўлчов асбоби бўлиб, у ёрдамида оптик алоқа линия узунлигини, сигнални ушлаб қолиш қиймати, коннекторлар сони ва ажратилмайдиган улагич тугунлар сонини ўлчаш мумкин.

**Информационные розетки – информатсион розеткалар** – локал компьютерлар каби охирги ускуналарни компьютер тармоғига улаш учун қўлланилади. Коммутацион розеткада 110 туридаги изоляция вазифасини бажарувчи технологияли KRONE туридаги улагичлар қўлланади ва улар ёрдамида 200 дан ортиқ қайта коммутацияланишда розетканинг физик ва электр тавсилотлари ёмонлашмаган ҳолда бажарилиши мумкин.

**Исполнительная документация – ижро этувчи ҳужжатлар** - ишчи чизмалар мажмуи бўлиб, унда бажарилиши лозим бўлган ишларнинг чизмаси ёки лойиҳалаштирувчилар билан келишилган ҳолдаги ўзгаришлар қурилиш – монтаж ишларини бажарувчи шахслар томонидан қилинган ўзгартиришлардан иборат. Ижро этилувчи техник ҳужжат қурилиш жараёнида бажарилувчи ҳужжат бўлиб, унда қурилиш монтаж ишларини бажариш жараёнида ҳамда объектнинг техник ҳолатини эътиборга олувчи ҳужжат.

**Кабел** – битта ёки бир нечта бир-биридан изоляцияланган ток ўтказгич симлар намликни ўтказмайдиган қобиқ орасига солинган электротехник анжом. Кабел асосан электр энергияни узатиш учун (электр кучланиш кабеллар), симли алоқа эса энергияни узатиш учун (радиочастотали кабеллар), оптик диапазонда сигналларни ва маълумотларни узатиш учун оптик кабеллар қўлланилади: электр сигналларни ва энергияни узатиш учун – алюминий, мис, кумуш, олтин, турли хил металллар аралашмаси; оптик сигналларни узатиш учун эса шиша пластмасса каби материаллар қўлланади.

**Кабельный анализатор** – кабел анализатори- кабел ҳолатини назорат тестидан ўтказувчи асбоб, бир вақтнинг ўзида кабелли алоқа линиянинг шикастланган жойини аниқлаш мумкин.

**Каналы передачи информации – маълумотларни узатиш каналлари** – тарқатувчи манбадан фойдаланувчига хабарларни узатиш учун қўлланади. Алоқа линиясининг нормаллаштирилган тавсилотларида унинг асосий

вазифаси узатувчи ва қабул қилувчи томонларда операторлар сигналларни таҳлил қилиб ўзгартириб бериш маълумотлар эса узатиш каналлари бўйича аниқланади.

**Коммутационные панели– коммутацион панеллар** коммутация марказни ташкил этиш учун қўлланади, ва улар ёрдамида алоқа тизимини тезда қайтадан коммутация қилиш мумкин. Физик томондан қарайдиган бўлсак коммутацион панел RJ-45 ажратгич блок ёки шунга ўхшаш кўринишга эга. Горизонтал ток ўтказгичлар ушбу коннекторларга уланади. Ҳар бир ишчи ўриндаги розетка ўзининг патч-панелидаги RJ-45 ажратгичлари коммутацион қурилмадаги ёки худди шундай коммутатор , концентратор, маршрутизаторга тўғри келувчи аппарат билан уланиши керак.

**Коммутационный центр – коммутацион марказ –** махсус магистраллар ёрдамида ҳамма бино қават тугунларига бирлаштириладиган жой.

**Коммутационный шнур -коммутация шнури** ёки патч-корд, у асосан кабелли тизимни, кабел каналида жойлашган ва оҳирги қурилмани улаш учун қўлланиб узунлиги 5 метргача борувчи ҳамда иккала томони ажратгич (коннектор) билан жиҳозланган кабел бўлаги.

**Коннектор – ажратгич** – металлдан тайёрланган ҳамда ток ўтказгич симларини (кабелларни) тўғридан-тўғри равишда контакт бериб, улаш учун қўлланувчи ажратгичнинг бир қисми.

**Коннекторлар – ажратгичлар.**

**Контейнер для обходов – чиқиндилар учун контейнер** – герметик копоққа эга бўлган пластик идиш.

**Коэффициент затухания – сўниш коэффициенти** – (тебранишлар сўниши) шахсий тебранишлар секин-асталик билан камайиб сўниб борувчи ҳолати бўлиб, у тебраниш тизими энергиясининг йўқотувчанлиги ва у ўз навбатида тебраниш амплитудасининг камайишига олиб келади.

**Коэффициент хроматический дисперсии – хроматик дисперсия коэффициенти** - у бир модалди толаларга таълуқли қиймат бўлиб, унда модалараро дисперсия бўлмайди. Хроматик дисперсия материал ва тўлқин ўтказгичлари дисперсия йиғиндисидан ташкил топиб, унинг йиғиндиси хроматик дисперсия коэффициентини аниқлаб беради.

**Коэффициент широкополосности – кенг полосалик коэффициенти** - оптик толанинг ўтказиш қобилиятини ва ўтказиш полосасини тавсифлаш учун қўлланади. Кенг полосалик коэффициентининг ўлчов бирлиги МГц×км. Асосан бу қиймат гигабит тармоқларда қўлланади ва техник хужжатларда кенг полосалик коэффициенти ГГц × км ўлчов бирлигида ўлчанади.

**Кримпер – Кримпер** - алмашинувчи ишчи матрицалардан иборат бўлган асбоб, у турли хил турдаги ажратгичларни пресслаб маҳкамлаш учун қўлланилади.

**Локальная вычислительная сеть – локал ҳисоблаш тармоғи** - бир гуруҳ компьютерлар ва ташқарида ўрнатиловчи қурилмалардан иборат бўлиб, улар автоном битта ёки бир нечта юқори тезликдаги рақамли

маълумотларни узатиш каналлари битта ёки бир нечта яқин жойда жойлашган бинолар чегарасидан иборат. Маълумотларни узатиш технологияси бўйича улар: маълумотларни маршрутизацияловчи локал тармоқлар ва маълумотларни селекцияловчи локал тармоқларга бўлинса, қўлланувчи физик узатув воситалари бўйича кабелли локал тармоқлар ва симсиз локал тармоқларга бўлинади.

**Материальная дисперсия – материал дисперсияси** – синдириш кўрсаткич қийматини тўлқин узунлик қийматига боғлиқлигига асосланган. Агар тола зичлигининг тақсимланиши бир текис бўлмайдиган бўлса, у ҳолда турли хил траектория бўйлаб ҳаракатланувчи тўлқинлар турли хил тезликларига эга бўладилар ҳамда қабул қилгичга турли хил вақт оралиқларида етиб борадилар.

**Межмодовая дисперсия – модалараро дисперсия** - ҳозирги замон ёруғлик нурини нурлантирувчи манбалар идеал ҳолатда бўлмаганлиги билан боғлиқдир, унда тўлқинлар бир қанча йўналишлар томон тарқалиб боради ва улар турли хил траектория бўйлаб ўтиб боради (бошқача тушунтирадиган бўлсак улар бошқача турли модаларга эга бўлади), бу билан эса ёруғлик нурлари қабул қилгич қурилмасига турли вақт оралиғида етиб боради.

**Межчастотная дисперсия – частоталар дисперсияси** – нурлантиргич манбаларининг идеал бўлмаганлиги ҳисобига ҳосил бўлиб, улар турли хил узунликдаги тўлқинларни нурлантириб беради. Кварц шиша бўйлаб бир мунча қисқа тўлқинлар тезроқ ҳаракатланиб, бундай тўлқинлар нур ўтказгичнинг охирига турли хил вақтларда етиб келади.

**Механический соединитель оптических волокон – оптик толаларнинг механик улагичи** - толаларни тезда ва сифатли улаб берувчи, тестдан ўтказувчи ва таъмирлаб берувчи, ҳамда стационар ва дала шароитларида улаб берувчи ускуна.

**Микроскоп оптический – оптик микроскоп** - оптик толала сифатини, толаларда ёруғ из жойлари бўлишини ва сайқалланган оптик тола ажраткичларини диагностика қилиш учун қўлланувчи ускуна.

**Многомодовые оптическое волокно – кўп модали оптик тола** – оптик толанинг бир тури бўлиб, у бўйлаб турли хил тўлқин узунликлар ёки фазали бир нечта модаларни узатиш мумкин, аммо бундай турдаги толанинг ўзак диаметри бир мунча катта бўлганлиги учун – тола ўзагининг ташқи юзасидан ёруғлик нурининг акс қайтиш эҳтимоллиги анча ошиб боради, бу эса ўз навбатида дисперсияга олиб келади, у толанинг ўтказиш полосасини камайтиради ва оҳир оқибат регенераторлар орасидаги масофа камайиб боради. Кўп модали оптик толанинг ўтказиш қобиляти 2.5 Гбит/с атрофида бўлади.

**Моды – модалар** – бир-бирига боғлиқ бўлмаган ёруғлик нурининг йўли. Тўлқин ўтказкич тизимидаги нормал тебранувчи ҳолатдаги тақсимланувчи тебраниш тизими ёки нормал ҳолатдаги тўлқин турлари. Модалар асосан монохроматик тўлқинлар учун Максвел тенгламасининг ечими асосида бажарилиб, улар чегараловчи шартини ҳисобга олади. Монохроматик тўлқинларни эътиборга олувчи нур ўтказкич толанинг модалари кўндаланг

юза бўйлаб маълум бир тақсимлагич интенсивлигига эга ва унинг тақсимланувчи фаза тезлик қийматлари чегараланган. Оптик тўлқин ўтказгичнинг модаси оптик тўлқин ўтказгич бўйлаб ҳаракатланувчи тўлқин кўндаланг юза бўйлаб маълум бир тақсимланишни ва маълум бир фаза тезлигини тавсифловчиси. Оптик тўлқин ўтказгичнинг кўндаланг юзаси бўйлаб мода майдонининг тақсимланиши тўлқин ўтказгичнинг бутун ўқи бўйлаб ўзгармаган ҳолда маълум бир вақт бўйлаб ўзгармас қолади.

**Мощность световой волны – ёруғлик нурининг қуввати** – ёруғлик нурининг нурлантиргич қуввати ёки маълум бир вақт оралиғида ва маълум кўрилаётган юза бўйлаб ўтказувчи ёруғлик тўлқини. СИ тизимида ўлчанувчи қувват ўлчов бирлиги – Вт,  $1\text{Вт}=1\text{Дж/с}$ . Толали оптик техникасида асосан қувватнинг логарифмик шкала бўйича ўлчанган қувват ўлчов бирлиги. Логарифмик шкала бўйича ўлчанган қувват қийматини берилган маълум бир қувват қийматининг бўлинганининг логарифми билан аниқланади.

**Наборы по тестированию ВОЛС – ТОАЛ ни назорат тестидан ўтказувчи жамланма** – оптик кабелнинг йўқотувчанлигини назорат тестидан ўтказиш ва ўлчов ишлари учун мўлжалланган асбоб бўлиб, у нурлантиргич (лазерли ёки ёруғлик нурлантирувчи диод) манбаининг стабиллаштирилган кўринишига ҳамда оптик қувват ва оптик сигнал сўнишини ўлчовчи кўринишига эга.

**Нож - кабельный – кабел пичоғи** – кучланишга эга бўлган электр ускуналарда турли кесиб ажратиш ишларни бажариш жараёнида изоляцияларни тозалаш учун қўлланади.

**Ножницы для резки кевлара - кевлар ипларини кесиш учун қўлланувчи қайчи** - у асосан кевлар ипларини ва бошқа полимер толаларни кесиш учун ҳамда оптик толанинг химояловчи қаттиқловчи қатламини ажратиш учун қўлланади.

**Одномодовое оптическое волокно – бир модали оптик тола** – оптик толанинг бир тури бўлиб, у бўйлаб фақатгина бир дона мода узатилади, унинг ўзак диаметри 10 мкм ёки ундан кичик бўлганлиги учун дисперсия қиймати кичик бўлади ва у ўз навбатида оптик сигнални каттадан-катта масофаларга регенераторсиз узатиши мумкин. Бир модали оптик толанинг ўтказиш хусусияти 10 Гбит/с дан ошиқдир.

**Окна прозрачности –шаффофлик дарчаси** –тўлқин узунликлар интервали бўлиб, унда ер атмосферасини кесиб ўтувчи электромагнит нурланишлар бутунлай ютилмайди ёки бир мунча ютилади. Шаффофлик дарчалари радио ва оптик диапазонда бўлиши мумкин.

**Оптические кроссы- оптик кросслар-** алюминий аралашма-сидан тайёрланган коммутацион қути кўринишида бўлиб, у линия оптик кабелини оптик пигтейл ёрдамида боғловчи кабелларни тақсимлаш ҳамда улаш учун қўлланади.

**Оптические муфты- оптик муфталар**–кабелларни каттадан катта юклама остида бўлган жойларини ва турли хил ҳосил бўлувчи ташқи таъсирлардан ҳамда толаларни бир-бири билан пайвандлаб уланган жойларини химоялаш учун қўлланувчи ускуна .

**Оптические соединительные шнуры**- улаш учун қўлланувчи оптик ажраткичлар билан жихозланган шнурлар, уларнинг бир томон ёки икки томон учлари оптик ажраткичлар билан жихозланган шнур.

**Оптический рефлектометр- оптик рефлектометр**-оптик тола-нинг тафсилотини аниқлаш учун қўлланувчи асбоб бўлиб, унда маълум бир вақт оралиғида узатилувчи ёруғлик импульслари сочилиб кетади ва орқа томон йўналиши бўйича қайтиб кетади. Қабул қилиниб ўлчанувчи сигнални вақт бўйича боғлиқлиги ҳисобига толанинг носозлигини ҳамда толадаги қўшимча йўқотувчанлик сабабларини оптик сигналнинг ҳаракатланувчи йўл узунлигига боғлиқлигини ва толанинг ҳар қандай участкада йўқотувчанлик бериш сабабларини аниқлаш мумкин.

**Оптический телефон – оптик телефон** - кўп модали ва бир модали оптик толаларнинг иккала томон йўналишлари бўйлаб маълумотларни узатиш учун қўлланувчи сўзлашув ускунаси бўлиб, у ёрдамида бир вақтнинг ўзида иккита ва ундан ортик фойдаланувчиларни боғлаш мумкин.

**Ответители** – тармоқлагичлар-оптик сигналларни тармоқлаштириш ёки бирлаштириш учун ва линия параметрларини назоратлаш учун қўлланувчи ускуна.

**Переходное затухание- ўтиш сўниши** - ушбу параметр битта кабел ичида жойлашган жуфтликларорасида узатилган сигнал амплитудасини бошқа занжирга ўтиб кетувчи сигнал амплитудасига нисбати бўлиб қўшни занжирларга ўтиб кетувчи сигнал сатхини тавсиялайди, ҳамда у дБ ўлчов бирлигида ўлчанади. Бу тавсия бир неча кўринишларга эга бўлиб, ҳар бир тавсия кабелнинг турли хил хусусиятини баҳолаб беради.

**Печка для коннекторов волокон**-тола коннекторлари учун қўлланувчи ўтхона – оптик кабелнинг тола учларини коннектор билан жихозлашда коннекторни қиздириш учун ва коннектор ичига қўйилган стандарт эпоксид елимини тезда қотириш учун қўлланувчи қурилма.

**Пигтейл**- пигтейл – толали оптик кабелнинг бир томон учини коннектор ёрдамида жихозланган оптик шнур.

**Погонное затухание**- маълум бир узунликдаги сўниш қиймати- линия бўйлаб ҳаракатланиб боровчи сигналнинг сўниб бориши линиянинг охирига уланган юкламага келиб тушувчи сигнал қувватини линияга узатилган сигнал қувватига бўлган нисбати бўлиб, у дБ ўлчов бирлигида ўлчанади. Сигналнинг сўниши частота ошиб борган сари кескин равишда ошиб боради, шунинг учун бу параметрни бутун ишчи диапазонда ўлчаш тавсия этилади.

**Полировальная пленка** – сайқалловчи плёнка - образив материалига копланган коплама бўлиб, у коннекторларни сайқаллаш учун қўлланади.

**Полировочная шайба** – сайқалловчи шайба – оптик толанинг кесиби синдирилган учини сайқаллаш учун қўлланиб зангламайдиган пўлат ёки полимердан тайёрланган бўлиб, у ўз навбатида жуда ҳам юқори аниқликга ва жуда ҳам узоқ муддатда хизмат кўрсатишга мўлжалланган.

**Приемники и передатчики** – узатгичлар ва қабул қилгичлар – кўп модали ва бир модали оптик толалар билан ишлаш хусусиятига эга бўлган

битта линия бўйлаб биттадан бир нечтагача каналларни узатиш хусусиятига эга бўлган қурилма.

**Проектно – сметная документация** – лойиха – смета ҳужжатлар – меъёрий ўрнатилган ҳужжатлар мажмуи, у маълум бир мақсадга йўналтирилган ва тадбиқ қилувчи лойиха бўлиб, унинг ёрдамида лойихани ҳаётга тадбиқ этиш мумкин.

**Рабочая документация – ишчи ҳужжатлар** - техник – лойиха ҳужжатларни тўлдирувчи ва тўғриловчи вазифасини бажаради. Бу ҳужжат қўшимча равишда қуйидагилар билан тўлдирилади:

- ишларни бажариш режа – график, келишилганлик баённомалари;
- толали оптик алоқа линия ва структурлаштирилган кабел тизимларини текшируви - назоратидан ўтказилган баённомалар;
- толали оптик алоқа линия ва структурлаштирилган кабел тизимларининг эксплуатацияси бўйича йўриқнома ишларини бажариш режаси-график кўринишидаги ҳужжатлар мажмуи бўлиб, маълум бир қурилиш – монтаж ишларини ўз вақтида тартибли қилиб бажаришни кўрсатади. Келишилганлик баённомалари эса ТООАЛ ва СКТнинг монтаж ишлари билан боғлиқ бўлиб, унда асосий эътибор кабелларни доимий ҳолатида ётқизиш схемаларини ўзгартирилган ҳолатга келтириш ва ускуналар ўрнатиладиган жойини ўзгартириш билан боғлиқдир. ТООАЛ ва СКТ текширув – назорат баённомалари асосий ҳужжат бўлиб, у техник лойиханинг тушунтирув ёзмасида кўрсатиб ўтилганидек ТООАЛ ва СКТни тадқиқот услубига келтирилиши бўйича тадбирлар натижасида олинган маълумотлардан иборат. Шунингдек бу ҳужжатда трасса учун қўлланувчи оптик ва мис симли электр кабелларни назорат тестидан ўтказилган натижалар жадвал кўринишида келтирилади. Эксплуатация бўйича йўриқномада эса ТООАЛ ва СКТнинг ишловчанлик ҳолатини ушлаб туриш услублари, ходимлар томонидан бажарилувчи операциялар кетма – кетлиги, уларни бажариш тартиби жадвал кўринишида ёритиб берилади. Ишчи ҳужжатлар тўлиқ равишда ТООАЛ ва СКТ ҳамма ҳолатларини, ишлаб турган алоқа кабел параметрларини ҳамма ускуналар русумларини ва уларнинг жойланишини, яратилган тизимнинг ишлаш услубини тўлиқ равишда ёритиб беради.

**Рефлектометр оптический – оптик рефлектометр** толали - оптик алоқа линиясини диагностикадан ўтказиш учун қўлланувчи ускуна бўлиб, у шикастланган ёки дефект бўлган жойни тезда ва жуда ҳам максимал аниқликда кўп модалли ва бир модалли кабелларнинг 200 километргача бўлган катта узунликлардаги ҳолатини аниқлаши мумкин.

**Розетка – розетка** – ажраткичнинг уяли қисми бўлиб, одатда у станция ускуналарида қўлланади. Ажраткичнинг ташқи томонидаги қисми эса штепсел вилкаси деб аталади ва у ўзгарувчан ток кучланув тармоғининг турли хил приборларини улаш учун қўлланилади.

**Розеточный модуль – розетка модули** - телекоммуникация розеткаларини монтажи учун қўлланувчи махсус адаптер ёрдамида улашга мўлжалланган қурилма.

**Сварочный аппарат – пайвандлаб уловчи аппарат** – микроскоп ёки камера кўринишидаги қурилма, толанинг уланувчи юзаларини бир – бири билан аниқ равишда юзлаштириш учун қўлланувчи дисплей ва толаларни ўзига жамлаб сиқиб ушлаб турувчи қисқичлардан ташкил топган пайвандловчи камера, микроскоп остида бир – бирига нисбатан силжитиш учун қўлланувчи манипуляторлар, пайвандловчи ёйлар ва толаларни бир – бири билан пайвандлаб уланган жойини термо - ўтказиб химояловчи муфтадан ва иссиқлик камерасидан иборат бўлган аппарат.

**Световод – нур ўтказувчи** – ёруғлик энергиясини йўналтирилган ҳолда узатиш учун қўлланувчи қурилма. Бугунги кунда кенг равишда шишадан иборат бўлган толали нур ўтказувчилар қўлланмоқда улар жуда ҳам кичик кварц ипдан тайёрланган бўлиб, унинг ўзак синдириш кўрсаткичи толанинг қобиқ синдириш кўрсаткичидан бир мунча катта. Нур ўтказувчи бўйлаб ёруғлик нури толанинг ўзак – қобиқ чегарасида тўлиқ ички қайтиш ҳисобига ҳаракатланиб боради.

**Сертификация – сертификатлаштириш** – толали – оптик линиянинг кабел участка узунлиги, сўниши ва импульсинг ушланиб қолиши ҳамда оптик қувват бюджети ва толанинг сўниши захирасининг ҳисоблари бўйича аниқланган қийматларини толали оптик алоқа линия ҳолатини ўлчов асбоблари ёрдамида баҳоланувчи жараён.

**Симплексные соединительные шнуры – симплекс боғловчи шнурлар** – битта донадан иборат бўлган оптик толали шнур.

**Скальватель – толани кесиб синдиргич** – оптик толани кесиб синдирувчи асбоб, унинг пўлатдан тайёрланган кесгичи углеродли қопламага эга бўлиб, у ўз навбатда толани текис равишда кесишда жуда ҳам юқори чидамлилиқ ва ишловчанлигини ҳосил қилиб беради.

**Специальные палочки – махсус таёқчалар** – жунгсиз материаллардан тайёрланган ингичка таёқча бўлиб, у оптик адаптернинг жуда ҳам қийин ҳолатда етиб борадиган жойларини тозалаш учун қўлланади.

**Стандарт** – стандарт (инглиз тилида standart – меъёр, намуна, ўлчов намунаси) – стандартизация бўйича меъерий – техник хужжат, у ўз навбатида стандартловчи объектга қўйилувчи талаблар, қоида ва меъёрлар мажмуи бўлиб у давлат органлари томонидан тасдиқланган. Стандарт кабел тизимлари қўлланилиши ва таркиби бўйича учта гуруҳга бўлинади:

- **лойихалаштириш бўйича стандартлар** - узатиш муҳити, ажраткичлар параметрлари, линия ва каналлар, шу жумладан лозим бўлиб рухсат этиладиган узунликлар, ток ўтказгичларни бир-бири билан уланиш усуллари ёки кетма – кетлиги, топологияларни ва структурлаштирилган кабел тизимларининг функционал элементларини аниқлаб кўрсатиб беради. Стандартларга қўшимча равишда иловалар бўлиб, улар меъерий (стандартнинг бир қисми) ва информация (маълумот учун) гуруҳларга бўлинади. Бу гуруҳга қуйидаги хужжатларни киритиш мумкин, булар ер улагич параметрларини аниқловчилар, кичик офис ва аҳоли истиқомат қилувчи биноларнинг структурлаштирувчи кабел тизим хусусиятлари,

марказий тизим ва очик офисларни яратиш учун тавсиялар каби хужжатларидир;

- **монтаж бўйича стандартлар** эса кенг равишда бино ва мажмуаларни лойихалаштириш ва қурилишида телекоммуникация инфратузилмасини олиб, унда кабелларни ётқизиш учун каналлар ва коммутация ускуналари ҳамда қурилмаларини жойлаштириш учун ҳоналар эътиборга олинади. Монтаж деганда кабел тизимларини ўрнатиш ва жойлаштириш каби ишлар мажмуи тушунилади;

- **эксплуатация гуруҳига мансуб бўлган стандартлар** қўйидагилардан иборат : ўлчов стандартлари - чунки структуралаштирилган кабел тизимларидаги монтаж ишларининг сифати ўлчов ишлари ёрдамида аниқланиб, у ўз навбатида тизимни яратиш жараёнининг тугалланган ҳолати тушунилади. Бошқарув стандарти эса телекоммуникацион инфратузилманинг хужжатлаштириш қондасини аниқлаб беради ва у лойихалаштириш ҳамда монтаж стандартлари асосида яратилади.

**Стриппер – стриппер** – толали оптик алоқа линияси оптик кабелларнинг ташқи изоляцияловчи қобиғини ажратиб ечиш учун қўлланувчи асбоб. Бундай асбоб ёрдамида кабелнинг бутун узунлиги, кўндаланг ва спирал кўринишда ҳар қандай жойида изоляцияловчи қобиғини кесиш мумкин.

**Тестирование линий СКС – структурлаштирилган кабел тизимини назорат тестидан ўтказиш** – лойихалаштириш сифатини назоратлаш, структурлаштирилган кабел тизим монтажининг техник хужжатини йиғиб жамлаш жараёни бўлиб, уни ҳалқаро ва миллий стандарт талабларига жавоб берувчанлигини тасдиқлаш ҳамда узоқ муддатли кафолатланган ҳолда ишлаш режимини тасдиқлаш жараёни.

**Технический проект – техник лойиха** – техник ечимлар, маҳсулотнинг янги техник намунасини ва объектни техник ечимларини эътиборга олган лойиха.

**Техническое задание– техник топшириқ, вазифа** - иншоатни ёки ишлаб чиқариш мажмуини лойихалаштириш, прибор, машина, бошқариш тизими каби техник қурилмаларни конструкциялаш ёки илмий – тадқиқот ишларни олиб бориш учун асос бўладиган хужжат. Техник топшириқ – вазифа ўз ичига техник ишлаб чиқарилишни техник – иқтисодий томондан асослаш, иншоат ёки маҳсулотга қўйиладиган асосий техник талаблар ва ишлаб чиқариш учун асосий маълумотларни олади. Шунингдек техник топшириқ вазифада объектнинг қўлланилиш жойи, конструкторлик хужжатларни ишлаб чиқариш босқичлари, унинг таркиби, бажариш муддатлари ҳамда маълум бир талаблар, объектнинг ўзи учун маҳсуслаштириладиган ечимлари ёки унинг эксплуатация шароитлари эътиборга олинади. Қоида бўйича техник топшириқ – вазифа олдиндан олиб борилган тадқиқотлар, ҳисоблар ва моделлаштириш натижаларининг таҳлили асосида тузилади.

**Технологические очки – технологик кўзойнақлар** - қаттиқ синмайдиған мустақкам пластикатдан тайёрланған кўзойнақ бўлиб, у оптик толалар билан ишлашда инсон кўзини химоялаш учун қўлланади.

**Характеристический импеданс – тавсифловчи импеданс (тўлқин қаршилиги)** – маълумотлар узатуви жуда ҳам юқори частоталарда олиб борилгани учун линиянинг импеданс қиймати таъсир кўрсатди, яъни ушбу частотада ўзгарувчан токдаги тўлқин қаршилигидир. Шунингдек бу қаршилиқ қиймати бутун линия (кабел ва улагичлар) да кўрилаётган частота диапазоноида ўзгармас ҳолда бўлиши керак, бу эса аномал импеданс қийматга эга бўлган нуқтадан қайтувчи сигнал асосий сигнал билан бирлашиб кетиб, сигнални бузилишига олиб келади. Импеданснинг бир жинсли бўлмаслигига асосий сабаб кабелларнинг ажратилиб уланадиган жойларида яъни улагичлар бўлган жойларда ўрам қадамини бузилиш ҳолати рўй беради, чунки кабел ток ўтгазгич симларини ажратилган жойида максимал ўрам қадами 13мм дан ошмаслиги керак; ток ўтгазгич сим қаршилигини юқори бўлишлиги, изоляция қаршилигини камайиб кичик бўлишлиги, ўрам қадамини бузилиши каби кабел дефектлари; кабелларни маҳкамлашда скоба ва хомутларни қўллаш, кабелнинг эгилиш радиусини кичик бўлишлиги, кабелнинг буралиб қолишлиги, кабелни ғалтақдан бўшатиб олишда кабелни буралиб ўралиб қолишлиги каби ва кабелни нотўғри равишда ётқизиш жараёни; сифатсиз улагичлардан фойдаланиш ёки симларни бир – бири билан улашда сифатсиз пресслаш жараёнидан иборат бўлишлиқ ҳолатлари.

**Целостность цепи – занжирнинг бутун ҳолда бўлишлиги** – структурлаштирилган кабел тизимларининг диагностика жараёнида улагичлар монтажида ёки симларни бир – бири билан уланиб қолишлиги, симларни узилиб қолишлиги, симларни бир – бири билан улашда нотўғри равишда улашларидан иборат бўлган кроссировка қилишда аниқланган хатоликларни аниқлаш учун назорат тестидан ўтказиш жараёни.

**Числовая апертура – сонли апертура** – тола ўзагининг ўқи ва ёруғлиқ нур орасидаги максимал бурчак бўлиб, у оптик тола бўйлаб оптик нурлантирилган ёруғлиқ нуруни тарқалиб харакатланишида тўлиқ ички қайтиш шартини бажариш лозим. Сонли апертура оптик тола ичига ёруғлиқ нурларни киритиш самарадорлиги билан тавсияланади ва у толанинг поғонасимон, градиент синдириш кўрсаткичлари каби конструктив тузилишига ҳамда тола қобиқ ва ўзак синдириш кўрсаткичлари қийматига боғлиқ бўлиб, радиан ўлчов бирлигида ўлчанади.

**Ширина полоса пропускания – ўтказиш полоса кенглиги** - алоқа каналининг информациян сиғим ўлчови бўлиб, одатда у маълумотлар сонини бир секунд вақт орасидаги узатув бирлигида ўлчанади. Тизим бўйлаб маълумотлар узатуви учун қўлланувчи частота дипазони сиғимидаги энг юқори ва энг кичик частоталар фарқи билан аниқланиб, алоқа канали бўйлаб сигнал йўқотувчансизлик (бузилишсиз) ҳолатда узатилади.

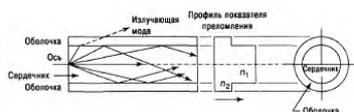
**Шприц – шприц** – коннектор ичига толани киритиб бўлгандан кейин елимни киритиш учун қўлланувчи асбоб.

**Эпоксидная смола – эпоксид мум – фенолни эпихлоргидрин билан полимеризацияловчи маҳсулотининг синтетик мум кўриниши, у хлор, кислота таъсирига жуда ҳам чидамли бўлганлиги учун металлларга мустахкам равишда ёпишади.**

**Юстировка** (от немецкого justieren – выверять, регулировать, от лат. justus – правильный ) - ўлчов воситаларини бажариши бўйича операциялар мажмуи ва у тўғри равишда функцияларни бажаришини таъминлаб берувчи ҳолат. Юстировкада назорат ёки ўлчов воситаларини текшириш натижасида аниқланган ҳатоликларни бартараф этиш. Асосий юстировка операциялари куйидагилардан иборт: ўлчов воситалари ҳолатини текшириш; винтлар, кистирмалар ёрдамида деталлар ва узелларини ўзаро жойланишувларини созлаш; сайқаллаш, артиш, етказиб бериш ёрдамида дефектларни бартараф этиш; маълум бир деталларни ва узелларни алмаштириш. Оптик тизимларнинг юстировкасида асосан линза, призма, кўзгу каби оптик деталларни ўзаро жойланишини созлаш ва марказлаштириш ҳамда юқори сифатли тасвирга эга бўлишини таъминлаб беради - юстировка қилиб бўлинган ҳолатда оптик деталлар, винтлар, штифтлар ёрдамида маҳкамлаб жойлаштирилади ёки елимланиб маҳкамланади.

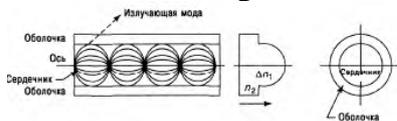
## ТЕСТЛАР

### 1 Chizmada optic tolaning qaysi turi tasvirlangan



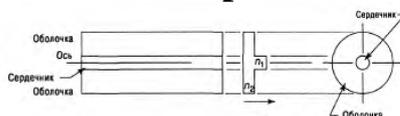
- A Bir modali pog'onasimon
- B Ko'p modali pog'onasimon**
- C Bir modali gradiyentli
- D Ko'p modali gradiyentli

### 2 Chizmada optic tolaning qaysi turi tasvirlangan



- A Bir modali pog'onasimon
- B Ko'p modali pog'onasimon
- C Bir modali gradiyentli
- D Ko'p modali gradiyentli**

### 3 Chizmada optic tolaning qaysi turi tasvirlangan



- A Bir modali pog'onasimon**
- B Ko'p modali pog'onasimon

- C Bir modali gradiyentli
- D Ko'p modali gradiyentli

**4 Optik kabelning ushbu elementi optic tolalarni izolyatsiyalashi hamda ularni bitta bog'lamga guruhlashi mumkin**

- A Qattiqlovchi element
- B Gofrlangan qobiq
- C Aramid ip
- D Optik modul**

**5 Optik kabelning ushbu elementi mexanik ta'sir ostida egiluvchanlik xususiyatini ta'minlaydi**

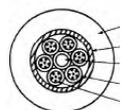
- A Qattiqlovchi element**
- B Gofrlangan qobiq
- C Aramid ip
- D Optik modul

**6 Xavo aloqa liniyasi tayanchlarida qo'llaniluvchi optic tolali kabelni ko'ndalang kesim yuzasini ko'rsating**

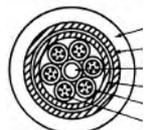
A



B



C



D



**7 Strippelni vazifasi**

- A Optik tolani ustki qavat lak qoplamini olib tashlaydi**
- B Optik tola qobig'ini olib tashlaydi
- C Montajdan oldin optic tolani kesadi
- D Tolani modul trubkadan chiqaradi

**8 Qanday sababga ko'ra optic tola chiqishida berilgan to'g'ri to'rtburchakli impulsdan farqli cho'ziluvchan impulslar hosil bo'lishi mumkin**

- A Optik toladagi so'nish hisobiga
- B Tashqi mexanik ta'sirlar
- C Elektromagnit ta'sir
- D Dispersiya**

**9 Qaysi ta'rif to'g'ri**

- A Optik tola analog signallarni uzata olmaydi
- B Optik tola faqat kvarts shishadan tayyorlanadi
- C Optik tolaga elektromagnit maydon ta'sir ko'rsatmaydi**
- D Ko'p modali pog'onasimon tola eng yaxshi uzatish ko'rsatkichiga ega

**10 Optik tolali uzatish liniyalarida qanday to'lqin uzunligidan foydalanilmaydi**

- A 650 nm**
- B 840 nm
- C 1550 nm
- D 1330 nm

**11 Optik tolali texnologiyalar qo'llaniluvchi sohani ko'rsating**

- A Meditsina, telekommunikatsiya
- B Harbiy soha
- C Avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari

**D Barcha javoblar to'g'ri**

**12 Optik tolani to'g'ri ta'rifini keltiring**

- A Axborot tashuvchi optic signalni uzatishga mo'ljallangan sun'iy muhit**
- B Axborotni saqlovchi optic signalni qayta ishlashga mo'ljallangan sun'iy muhit
- C Elektr signalni optic signalga aylantirishga mo'ljallangan sun'iy muhit
- D Optik signalni elektr signalga aylantirishga mo'ljallangan sun'iy muhit

**13 O'zbekiston xududida TOEOTAL uzunligi qancha**

- A 540
- B 678
- C 1024
- D 888**

**14 O'zbekiston xududidan o'tuvchi trnsmintaqaviy optic tolali uzatish tizimini Abbreviaturasini ko'rsating**

- A TOE OTAL**
- B TSL
- C TAS
- D DATOTAL

**15 Google intsiativi asosida qurilgan "Unity" okean orti optic tolali uzatish tizimi qanday uzatish tezligiga ega**

- A 8 Gbit/sek
- B 8 Tbit/sek**
- C 8 Mbit/sek
- D 8 kbit/sek

**16 Global axborot infrastrukturasi qurish uchun qaysi topologiya tanlangan**

- A Yulduz
- B Nuqta-nuqta
- C Halqa**
- D Yacheykali

**17 Optik tolali kabellarni kafolatlangan ishlatilish muddatini ko'rsating**

- A 15 yil
- B 10 yil
- C 5 yil
- D 25 yil**

**18 Qaysi fizik hususiyatni qo'llash optic tolali texnologiyaning ishlash asosi hisoblanadi**

- A Elektr tok
- B Shovqin
- C Tovush tebranishlari
- D Nur**

**19 Optik tolali uzatish tizimlari qaysi nurlanish to'lqin uzunligida ishlaydi**

- A Rentgen nurlar diapozonida
- B Ko'rinuvchi nurlar diapozonida
- C Infraqizil diapozonda**
- D Ultrabinafsha diapozonda

**20 Optik tola qanday materiallardan tayyorlanadi**

- A Metall
- B Tekstil iplar
- C Shish va polimer**
- D Taxta

**21 Noto'g'ri ta'rifni ko'rsating**

- A Optik tola faqat kvarts shishadan tayyorlanadi**
- B Optik tola o'zak va qobiqdan iborat
- C Optik tola muhofazalovchi lak bilan qoplangan
- D Kvartsdan tayyorlangan tola mo'rt hisoblanadi

**22 Optik tola quyida keltirilgan qaysi tashqi ta'sirlardan 100% himoyalangan**

- A Namlik
- B Yonish
- C Xarorat
- D Elektrmagnitizm**

**23 Optik tolada so'nishni o'lchov birligi**

- A dB/km**
- B km/dB
- C dB\*km
- D dB/m

**24 Bir modali optic tolada dispersiyaning qaysi turi bo'lmaydi**

- A Xromatik dispersiya
- B Material dispersiya
- C Modalararo dispersiya**
- D To'lqin dispersiyasi

**25 Optik tolali uzatish liniyalarida qanday to'lqin uzunligidan foydalaniladi**

- A 650 nm
- B 240 nm
- C 1550 nm**

D 1900 nm

**26 Ko'p modali optic tola bo'ylab signal uzatish to'lqin uzunligini ko'rsating**

A 1,33 mkm

B 1,55 mkm

**C 0,84 mkm**

D 1,64 mkm

**27 Optik tolaning qaysi turida o'zak diametric 10 mkm gat eng**

**A Bir modali pog'onasimon**

B Bir modali gradiyentli

C Ko'p modali pog'onasimon

D Ko'p modali gradiyentli

E Barcha javoblar to'g'ri

**28 Bir modali optic tola ko'p hollarda qayerda qo'llaniladi**

A Binolarda

B Uzun tarmoqlarda

C O'ta uzun tarmoqlarda

**D Barcha javoblar to'g'ri**

**29 Ko'p modali optic tolada signal qaysi qonunga ko'ra tarqaladi**

A Nyuton

**B Snellius**

C Rezerford

D Eynshteyn

**30 Optik tolaga yorug'lik nurini kiritish burchagi qanday nomlanadi**

A Radian

B Gradus

**C Apertura**

D Nolinchi

**31 Optik tola qobiq diametri**

A 50 mkm

B 10 mkm

C 250 mkm

**D 125 mkm**

**32 Ko'p modali pog'onasimon optic tolada qancha moda shakllanadi**

**A 4000**

B 150

C 25

D 1

**33 Optik tolani ustki qoplami uchun qanday materialdan foydalaniladi**

**A Lak**

B Hidrofob

C Polistirool

D Polivinilxlorid

**34 Hidrofobni vazifasi**

A Olovdan himoyalash

B Kemiruvchilardan himoyalash

C Mexanik ta'sirlardan himoyalash

**D Namdan himoyalash**

**35 Yonish tarqalishini bartaraf etuvchi optic kabel qobig'i**

A Polietilen

B Aramid

C Gidrofob

**D Polivinilxlorid**

**36 Quyida keltirilgan marka fragmentlaridan qaysi biri "Corning Cable Systems" firma optic kabellariga tegishli**

A A-DF (ZN) 2Y (SR)

B OM3KTM(H)

C FR-OGLJFE-CTZE SM

D NKT11943147OPTICALFIBRELAN

**37 Quyida keltirilgan marka fragmentlaridan qaysi biri "Belkabel" firma optic kabellariga tegishli**

A A-DF (ZN) 2Y (SR)

**B OM3KTM(H)**

C FR-OGLJFE-CTZE SM

D NKT11943147OPTICALFIBRELAN

**38 Quyida keltirilgan marka fragmentlaridan qaysi biri "Fujikura" firma optic kabellariga tegishli**

A A-DF (ZN) 2Y (SR)

B OM3KTM(H)

**C FR-OGLJFE-CTZE SM**

D NKT11943147OPTICALFIBRELAN

**39 A-DF (ZN) 2Y (SR) 2Y 3x6 E 9/125 0.36 F 3.5 + 0.22H 18 LG kabel markasida 3x6 nimani anglatadi**

A Kabel sig'imini

B Signal so'nishini

C Signal dispersiyasini

D Optik tola o'zagi va qobig'i diametrini

**40 A-DF (ZN) 2Y (SR) 2Y 3x6 E 9/125 0.36 F 3.5 + 0.22H 18 LG kabel markasida 9/125 nimani anglatadi**

A Kabel sig'imini

B Signal so'nishini

C Signal dispersiyasini

**D Optik tola o'zagi va qobig'i diametrini**

**41 A-DF (ZN) 2Y (SR) 2Y 3x6 E 9/125 0.36 F 3.5 + 0.22H 18 LG kabel markasida 0.22 nimani anglatadi**

A Kabel sig'imini

**B Signal so'nishini**

C Signal dispersiyasini

D Optik tola o'zagi va qobig'i diametrini

**42 A-DF (ZN) 2Y (SR) 2Y 3x6 E 9/125 0.36 F 3.5 + 0.22H 18 LG kabel markasida 18 nimani anglatadi**

- A Kabel sig'imini
  - B Signal so'nishini
  - C Signal dispersiyasini**
  - D Optik tola o'zagi va qobig'i diametrini
- 43 Raqamli signallarni chiqish qymatigacha amplitudasini tiklovchi qurilma**
- A Kuchaytirgich
  - B Qaytargich
  - C Regenerator**
  - D Filtr
- 44 Quyida keltirilgan qaysi qisqartma uygacha bo'lgan FTT-x texnologiyasini anglatadi**
- A FTTN
  - B FTTC
  - C FTTB
  - D FTTH**
- 45 Quyida keltirilgan qaysi qisqartma tugungacha bo'lgan FTT-x texnologiyasini anglatadi**
- A FTTN**
  - B FTTC
  - C FTTB
  - D FTTH
- 46 Quyida keltirilgan qaysi qisqartma shkafgacha bo'lgan FTT-x texnologiyasini anglatadi**
- A FTTN
  - B FTTC**
  - C FTTB
  - D FTTH
- 47 Quyida keltirilgan qaysi qisqartma binogacha bo'lgan FTT-x texnologiyasini anglatadi**
- A FTTN
  - B FTTC
  - C FTTB**
  - D FTTH
- 48 Quyida keltirilgan optic splitter gabaritlaridan qaysi biri kirish signaliga ko'proq so'nish keltiradi**
- A 1x2
  - B 1x4
  - C 1x8
  - D 1x16**
- 49 FTTB texnologiyasini qo'llaganda Switch-PC uchastkasida qanday turdagi kabel qo'llaniladi**
- A UTP 5e**
  - B UPS
  - C UPC

D UTX

**50 FTTH tarmog'ini loyihalashtirayotganda birinchi bo'lib birinchi bo'lib nimaga ahamiyat qaratish lozim**

- A Qo'llaniluvchi optic kabel sig'imi
- B Optik tolada signalni uzatish tezligi
- C Optik tola turini tanlash
- D Tarmoqni quvvat byudjeti**

## Фойдаланилган адабиётлар руйхати

1. Автоматическая коммутация. Учебник для вузов. Под ред. О.Н. Ивановой. — М.: Радио и связь, 1988.
2. Аджемов С.А., Мисуловин Л.Я., Париков В.П. Интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи ИКЭ АЦСС. . Принципы построения ИКЭ АЦСС //Электросвязь. — 1975. — №10.
3. Росляков А.В.Цифровая сеть с интеграцией служб ISDN: Учебное пособие. - Самара, ПГАТИ, 1999
4. Бакланов И.Г ISDN и FRAMERELAY: технология и практика измерений. — М.: Эко-Трендз, 1999.
5. Баркун М.А., Ходасевич О.Р. Цифровые системы синхронной коммутации. — М.: Эко-Трендз, 2001.
6. БезирХ. Цифровая коммутация. — М.: Радио и связь, 1984.
7. Боккер П. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы. Пер. с нем. — М.: Радио и связь, 1991.
8. Бухгейм Л.Э., Максимов Г.З., Пшеничников А.П. Автоматическая сельская телефонная связь. — М.: Связь, 1976.
9. ГольденбергЛ.М., Бутыльский Ю.Т., Поляк М.Н. Цифровые устройства на интегральных схемах в технике связи. — М.: Связь, 1979.
- 10.Гольдштейн Б.С, Э(Ре)волюция коммутационной техники // Вестник связи. — 2002, — №11.
- 11.Гольдштейн Б.С, Ехриель И.М., Рерле РД. Интеллектуальные сети. — М.; Радио и связь, 2000.
- 12.Гольдштейн Б.С, Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. — М.: Радио и связь, 2001.
- 13.Гольдштейн Б.С, Голышко А.В., Шнепс-Шнеппе М.А., Яновский Г.Г. Коммутационное E1 -гелие.//Вестник связи. — 2001. — №12.
- 14.Гольштейн Л.М., Сасонко СМ. Организация междугородной связи на местных телефонных сетях. — М.: Связь, 1976.
- 15.Гюнтер И., Сивере М. Цифровая связь. Техника и организация. — СПб.: Издательство Электротехнического института связи им.проф. М.А. Бонч-Бруевича, 1993.
- 16.Денисьева СМ., Мирошников Д.Г. Средства связи для последней мили. — М.: Наука, 1992.
- 17.Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. — М.: Радио и связь, 1982.
- 18.Захаров Г.П., Симонов М.В., Яновский ГГ. Службы и архитектура широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания. Электронные знания, ТЭК. т.42. — М.: Эко-Трендз,1993.
- 19.Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В. Теория электрической связи: Учебник для вузов. Под ред. Д.Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 1998.

20. Гитлиц М.В., Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1985.
21. Дурнев В.Г., Земевич А.Ф., Круг Б.И. и др. Электросвязь: Введение в специальность. - М.; Радио и связь, 1988.
22. Цифровые и аналоговые системы передачи. Учеб. для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др. - М.: Радио и связь, 1995.
23. Многоканальные системы передачи: Учеб. для вузов / Н.Н. Баева, В.Н. Гордиенко, С.А. Курицын и др.; под ред. Н.Н. Баевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997.
24. Телекоммуникационные системы и сети. Учебное пособие Т. 1- Современные технологии /Б.И.Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов; под ред В.П.Шувалова– М.: Горячая линия-Телеком, 2004
25. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети. - М.: Эко-Трендз. 1997.
26. Оптические системы передачи: Учеб. для вузов / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь. 1994
27. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - МЦНТИ, 1996.
28. Пи У. Техника подвижных систем связи. Пер, с англ. - М. Радио и связь, 1985
29. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. - М.: Эко-трендз, 2000.
30. Основы построения систем и сетей передачи информации. Учебное пособие/В.В. Ломовицкий, А.И. Михайлов, К.В. Шестаков, В.М. Щекотихин; под ред В.М.Щекотихина – М.: Горячая линия-Телеком, 2005
31. Волоконно-оптические системы передачи: Учебник для вузов/М.М. Бутусов, С.М. Верник, С.Л. Галкин и др. Под ред В.Н. Гомзина-М.: Радио и связь, 1992.
32. Андреев В.А., Бурдин В.А. Попов Б.В., Польшников И.А. Строительства и техническая эксплуатация волоконно-оптических линия связи. Учебник для вузов/ под ред. Б.В. Попова-М.: Радио и связь, 1995.
33. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты системы передачи, измерения-М.: Компания «Сайрус системс», 1999.
34. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети-М.: Эко-трэндз, 1988.
35. Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник. Под ред. И.И. Гроднева.-М.: Радио и связь. 1993.
36. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы/сброник статей под ред. С.А. Дмитриева Н.Н. Слепова.- М.: «Connect», 2000.
37. МСЭ-Т. Рекомендации G.651, G.652, G.653, G.654, G.655, G.656, G.657.
38. Русча-ўзбекча луғат. Ўзбек энциклопедияси бош редакцияси. Икки томлик. Тошкент, 1983.

## МУНДАРИЖА

	<b>СЎЗБОШИ</b>	3
	<b>КИРИШ</b>	5
<b>1</b>	<b>ТОАЛ РИВОЖЛАНИШИНИНГ ҚИСҚАЧА ТАРИХИ. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР ВА ТАЪРИФЛАР</b>	11
1.1	Оптик алоқага оид асосий тушунчалар	11
1.2	ТОАнинг афзалликлари, камчиликлари ва қўлланиш соҳалари	12
1.3	Оптик алоқа тизимларининг тузилиш тамойиллари	15
1.4	ОА тизимларининг таснифи. Рақамли ва аналог ТОА тизимлари. Магистрал, минтақавий ва маҳаллий ТОА тизимлари	26
1.5	Глобал, магистрал ва ҳудудий тармоқлар	28
1.6	Шаҳар телефон тармоқларининг тузилиши	31
1.7	Қишлоқ телефон тармоқлари ва ўтказгич бўйича товуш эшиттириш	35
1.8	Икки томонлама ТОА ни тузиш усуллари	36
1.9	ТОА линияларини зичлаштириш усуллари	38
	Хулоса	43
	Назорат саволлари	43
<b>2</b>	<b>ОПТИК ТОЛАНИНГ АСОСИЙ ТАФСИЛОТЛАРИ. ОПТИК ТОЛАНИНГ АСОСИЙ ТУЗИЛМАСИ</b>	44
2.1	Оптик ёруғлик узатгичлар, уларнинг турлари. Оптик толанинг тузилиши	44
2.2	Оптик тола турлари	53
2.3	Бир модали толалар	53
2.4	Кўпмодали тола	56
2.5	Оптик толаларнинг параметрлари. Нур ўтказгич толанинг тўлқин узунлиги ва критик частотаси	57
2.6	Нур ўтказувчи толаларнинг сўниши.	62
2.7	Оптик тола узатиш тафсилотлари	69
2.8	Ночизикли тафсилотлар	81
2.9	Геометрик тафсилотлар	84
2.10	Механик тафсилотлар ва эксплуатацион ишончлилик	89
2.11	Оптик толанинг асосий тафсилотлари. Оптик толанинг асосий тузилмаси	90
2.12	Кабел йўқотишлари	100

2.13	Оптик толаларнинг тафсилотлари	102
	Хулоса.	115
	Назорат саволлари	115
<b>3</b>	<b>ОПТИК КАБЕЛЛИ АЛОҚА ЛИНИЯЛАРИ.</b>	116
3.1	Оптик толали алоқа линиялари бўйлаб сигналларни узатиш	116
3.2	Оптик алоқа кабелларининг туркумланиши	120
3.3	Оптик кабелларга қўйиладиган техник талаблар.	131
3.4	Оптик тола. Оптик толаларнинг туркумлари	133
3.5	Бир модали оптик толалар	142
3.6.	Кўп модали оптик толалар	143
3.7.	Оптик толаларни ажралмайдиган улашлар	148
3.8.	Оптик тармоқлагичлар: дарахтсимон ва юлдузсимон тармоқлагичлар, атеннюаторлар, изоляторлар, шахоблантиргичлар	149
	Хулоса	154
	Назорат саволлари	154
<b>4</b>	<b>ТОАЛ ҚУРИЛИШИ.</b>	155
4.1	тупроққа оптик кабелларни ётқизиш ва уларни ҳаво-устун таянчларга ўрнатиш (осиш). оптик-толали алоқа линия қурилиши	155
4.2	Кабелни олдиндан кавланган траншеяга ётқизиш	159
4.3	Траншеясиз усул ёрдамида кабелларни ётқизиш	160
4.4	Оптик - толали кабелларни мухофазаловчи полиэтилен қувурлар ёрдамида ерга ётқизиш	165
4.5	Оптик кабелларни телефон кабел канализациясига ётқизиш	170
4.6	Оптик кабелларни осиш	177
4.7	Оптик-толали узатиш алоқа линиясининг дистанцион назорати ва мониторинги	183
4.8	Оптик-толали тизим жиҳозларининг монтажи учун стандарт тузилмалар	192
4.8.1	Оптик кросс шкафлари	192
4.8.2	Конструктив тузилмаларни ташқи муҳит таъсиридан ҳимоялаш	193
4.8.3	Шкаф ва стойкалар конструктив тузилиши	196
4.8.4	Охирги оптик кросс ускуналари	198
	Хулоса	203
	Назорат саволлари	203
<b>5.</b>	<b>ТОЛА ОПТИК АЛОҚА ЛИНИЯЛАРИДА ЎЛЧАШЛАР</b>	204
5.1	Ўлчов турлари	204
5.2	Сўнишни ўлчашлар	206

5.3	Тескари сочилиш методи	206
5.4.	Сўнишни ўлчашнинг тўғридан-тўғри методлари	212
5.5	Дисперсияни ўлчаш	213
5.6	Оптик параметрларни рефлектометр билан ўлчаш.Оптик толанинг сўниш йўқотишларини ўлчаш	219
5.7	Оптик рефлектометр блокнинг асосий характеристикалари	222
	Хулоса	224
	Назорат саволлари:	225
<b>6</b>	<b>ТОЛАЛИ ОПТИК АЛОҚА ЛИНИЯЛАРИГА ТЕХНИК ХИЗМАТ КЎРСАТИШ</b>	226
6.1	Техник эксплуатация асослари. Толали-оптик алоқа линия эксплуатация сининг умумий масалалари	226
6.2	Толали оптик алоқа линияларида авария тиклаш ишлари	232
6.3	Толали оптик алоқа линияларда кабелнинг қўшимча қурилмаларининг қўлланилиши.	233
6.4.	Толали оптик алоқа линиясини вақтинчалик ва доимий схема бўйича қайта тиклаш	236
	Хулоса	238
	Назорат саволлари	238
<b>7</b>	<b>ТАРМОҚЛАРНИНГ РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ.</b>	239
7.1	Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқлари.	239
7.2	Кенг полосали киришнинг ривожланиш истиқболи	251
7.3	Фотон технологияси асосидаги телекоммуникациянинг оптик тармоқлари	253
7.4	Оптик элементлар базасидаги халқаро телекоммуникация тармоқлари	257
7.5	Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоғи ҳолати ва ривожланишнинг долзарб масалалари	258
	Хулоса	260
	Назорат саволлари	261
	<b>АТАМАЛАР</b>	262
	<b>ИЛОВАЛАР</b>	263
	<b>ГЛОССАРИЙ</b>	266
	<b>ТЕСТЛАР</b>	272
	<b>Фойдаланилган адабиётлар рўйхати</b>	286
	<b>МУНДАРИЖА</b>	288

**Гаврилов И.А., Рахимов Т.Г., Пузий А.Н.,  
Носиров Х.Х.**

# **Т Е Л Е В И Д Е Н И Е**



**Ташкент 2018**

Авторы: Гаврилов И.А., Рахимов Т.Г., Пузий А.Н.,  
Носиров Х.Х.,

Рецензенты:

начальник отдела подготовки телесериалов и  
передач в студии государственного унитарного  
предприятия «O‘zbekiston MTRK mediamarkazi» -  
Х. Асатуллаев;  
заведующий кафедрой «Системы  
телерадиовещания» д.т.н., доцент Ташкентского  
университета информационных технологий имени  
Мухаммада аль-Хоразмий - Б.Н. Рахимов

В книге излагаются теоретические основы телевидения. Подробно рассматриваются принципы формирования телевизионных сигналов. Рассмотрены принципы построения и работы основных узлов телевизионного оборудования, включая датчики телевизионных сигналов, жидкокристаллические, плазменные и светодиодные экраны, системы цветного, кабельного и спутникового телевидения. Кроме того приводятся сведения по основам объемного телевидения. Методически книга построена и написана так, чтобы студент мог самостоятельно изучить разделы курса, которые на лекциях из-за ограниченного времени либо не освещаются, либо освещаются недостаточно.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ</b> .....	6
1.1. Краткая история телевидения .....	6
1.2. Развертка .....	15
1.3. Обобщенная структурная схема системы телевидения .....	17
<b>2. ОСНОВЫ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКА</b>	20
2.1. Зрительная система человека .....	20
2.2. Основные светотехнические величины и их параметры ....	24
2.3. Характеристики оптических изображений и их параметры.	25
2.4. Понятие о цвете и колориметрические системы .....	27
2.5. Методы смешения цветов .....	32
2.6. Цветопередача в телевидении .....	34
<b>3. ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ И ЕГО ПАРАМЕТРЫ</b> .....	36
3.1. Координатные параметры .....	36
3.2. Временные параметры .....	39
3.3. Яркостные параметры ТВ изображения .....	42
<b>4. ФОРМИРОВАНИЕ ТВ СИГНАЛА</b> .....	44
4.1. Форма и состав ТВ сигнала .....	45
4.2. Спектр ТВ сигнала .....	49
4.3. Основные параметры стандарта вещательного ТВ .....	51
<b>5. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ</b> .....	53
5.1. Основные показатели ФЭП .....	54
5.2. Типы и законы фотоэффекта .....	55
5.3. Принцип мгновенного действия и накопления зарядов ....	56
5.4. Телевизионные ФЭП на ЭЛТ .....	61
5.5. Твердотельные матричные ФЭП на ПЗС .....	85
5.6. Матричные ФЭП на основе КМОП-технологии .....	94
<b>6. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ</b> .....	97
6.1. Кинескопы черно-белого телевидения .....	97
6.2. Масочные кинескопы цветного телевидения .....	102
6.3. Кинескопы цветного ТВ типа Тринитрон и Хроматрон ...	107
6.4. Плоскопанельные жидкокристаллические экраны .....	111

6.5. Плоскопанельные плазменные экраны .....	123
6.6. Плоскопанельный тонкий кинескоп .....	130
6.7. Модульные светодиодные видеоэкраны .....	133
6.8. Экраны на органических светодиодах .....	140
<b>7. РАЗВЕРТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА</b> .....	<b>145</b>
7. 1. Общие сведения .....	145
7.2. Схемотехника устройств развертки кинескопов .....	148
7.2.1 Строчная развертка .....	149
7.2.2. Кадровая развертка .....	156
7.3. Схемотехника устройств развертки плоскопанельных экранов .....	158
<b>8. ПРОЦЕССЫ И УСТРОЙСТВА СИНХРОНИЗАЦИИ</b> .....	<b>167</b>
8.1. Требования к сигналам синхронизации .....	167
8.2. Выделение синхроимпульсов из ТВ сигнала и их разделение .....	168
8.3. Синхронизация генераторов .....	173
8.4 Синхронизация генераторов строчной развертки .....	174
8.5 Синхронизация генераторов кадровой развертки .....	178
<b>9. ПРИНЦИПЫ ПЕРЕДАЧИ ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ</b> .....	<b>181</b>
9.1 Способы получения цветного изображения .....	181
9.2 Требования к вещательной системе цветного телевидения ..	183
9.3. Принципы построения совместимых систем телевидения ..	184
<b>10. СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ</b> .....	<b>192</b>
10.1. Система цветного телевидения NTSC .....	192
10.2. Система цветного телевидения SECAM .....	198
10.3. Система цветного телевидения PAL .....	206
<b>11. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ</b> .....	<b>212</b>
11.1. Назначение и структура телевизионных центров .....	212
11.2. Основные структурные подразделения телевизионных центров .....	219
11.2.1. СЕРВЕР .....	219
11.2.2. ЦЕНТРАЛЬНАЯ АППАРАТНАЯ .....	224
11.3. Оборудование телевизионных камер .....	227
11.4. Оборудование аппаратно-студийных блоков .....	237
11.5. Видеомагнитофон .....	246
11.6. Контрольно-измерительное оборудование .....	249

<b>12. НАЗЕМНОЕ ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ .....</b>	<b>253</b>
<b>13 СПУТНИКОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ (СТВ) .....</b>	<b>258</b>
13.1. Принципы построения спутниковых систем .....	259
13.2. Основные функции спутников-ретрансляторов телевизионного вещания .....	264
13.3. Приёмные спутниковые антенны .....	268
13.4. Принципы построения индивидуальных радиоприёмных устройств спутникового телевидения .....	272
<b>14. КАБЕЛЬНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ .....</b>	<b>289</b>
14.1. Этапы развития систем кабельного телевидения .....	290
<b>СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ .....</b>	<b>305</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>312</b>

# 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Развитие телевизионных систем от механических к электронным, от черно-белых к цветным и наконец, от аналоговых к цифровым, занимает во времени больше 100 лет и базируется на фундаментальных достижениях в физике, электронике и схемотехнике. При этом в настоящее время телевидением называется область современной радиоэлектроники, которая занимается передачей и приемом движущихся и неподвижных изображений предметов, расположенных в пространстве, электрическими средствами связи в реальном и измененном масштабе времени.

Задачей ТВ является получение на приемном устройстве изображения, как можно более полно соответствующего объекту передачи. Эта задача решается сложным комплексом аппаратуры преобразования, кодирования, передачи, декодирования, отображения и другими операциями по обработке визуальной информации.

## 1.1. Краткая история телевидения

Термин «телевидение» (ТВ) (видение на расстоянии или дальновидение) впервые употребил русский военный инженер-электрик Перский на Международном конгрессе в Париже в 1890 г. При этом в основе телевидения лежат **3 физических процесса:**

- 1. Преобразование световой энергии в электрические сигналы;**
- 2. Передача и прием электрических сигналов по каналу связи;**
- 3. Обратное преобразование электрических сигналов в оптическое изображение.**

Для преобразования оптического изображения в электрические сигналы используются различные фотоэлементы или фотопреобразователи. При использовании 1 фотоэлемента напряжение на его выходе будет соответствовать средней яркости сцены и никакого ТВ изображения не получится.

Поэтому, количество фотопреобразователей должно быть большим и чем больше их число, тем более четкое изображение можно получить. Так по стандарту вещательного телевидения их примерно 550 тысяч. Естественно, что для передачи информации с этих преобразователей никто пол миллиона каналов связи не предоставит, поэтому канал связи всего один, по которому последовательно передается информация от каждого фотопреобразователя. Такой процесс последовательной, поэлементной передачи видеоинформации называется **разверткой**. Поэтому телевидение основано еще и на 2 принципах:

- 1. Принцип разложения изображения на элементы (пиксели) – чем больше, тем лучше четкость изображения;**
- 2. Принцип развертки – последовательной передачи и приема элементов изображения.**

Таким образом, изображение, которое нам синтезирует телевизор, — иллюзия, возникающая благодаря инерционности нашего зрения. На самом деле в каждый момент времени на экране присутствует одна единственная точка. Но благодаря развертке — процессу быстрого перемещения светящейся точки по экрану — телевизор создает оптическое изображение.

Поскольку технологии производства электронных компонентов в конце 19 века не позволяли создавать матричные фотопреобразователи с большим числом элементов, то в первых ТВ системах использовался всего один фотопреобразователь (фотоэлемент). При этом, если при помощи объектива спроецировать оптическое изображение сцены на фоточувствительную поверхность фотоэлемента, то никакого сигнала изображения получить не удастся. Это связано с тем, что световые потоки, отраженные от различных участков сцены на одном фотоэлементе просуммируются и создадут постоянное напряжение, пропорциональное среднему значению яркости. Поэтому, чтобы получить сигнал изображения, отражающий распределение яркостей участков передаваемой сцены,

необходимо просканировать это пространство таким образом, чтобы на фотопреобразователь последовательно попадали световые лучи отраженные от всех ее элементов. Для этой цели в первых системах телевидения применялась механическая развертка на основе особого диска, изобретенного в 1884 г. немецким студентом Паулем Нипковым и названным "диск Нипкова". Он представляет собой непрозрачный диск большого диаметра (рис.1.1, б). По внешнему краю диска располагались отверстия (от 18 до 240 — по числу строк развертки) со строго заданным расстоянием между собой и определенным шагом спирали Архимеда. То есть каждое отверстие имеет смещение по радиусу к центру на величину его диаметра, а диаметр определяет размеры элемента изображения.

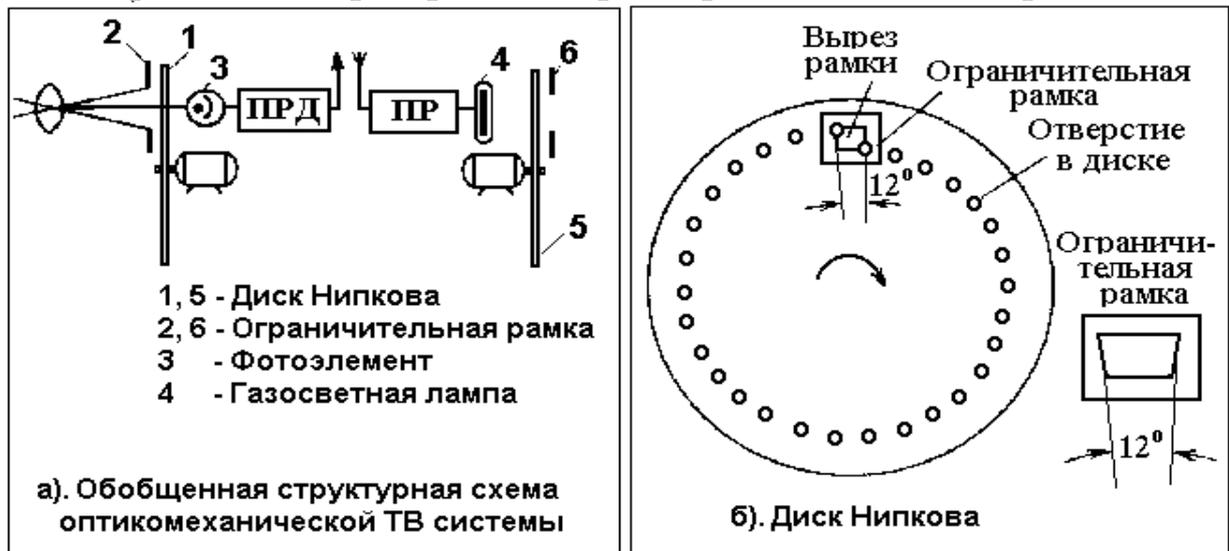


Рис. 1.1. Оптико-механическая ТВ система с диском Нипкова

Перед диском расположена ограничительная рамка, определяющая размер изображения. Высота соответствует расстоянию по вертикали между началом и концом спирали, а ширина — расстоянию между отверстиями. При вращении диска внутри рамки оказывается только одно отверстие, которое прочерчивает строку, число которых соответствует числу отверстий, а за один оборот передаются все элементы изображения, то есть один кадр. Перед диском Нипкова размещался объектив, а позади — фотоэлемент,

преобразовывавший разворачиваемую картинку в электрический сигнал (видеосигнал), несущий информацию о распределении яркостей наблюдаемой сцены. По такому принципу строились первые передающие камеры, как показано на рис.1.2,а. Далее видеосигнал с выхода фотоэлемента 3 (рис.1.1,а) поступал на радиопередающее устройство и через антенну излучался в эфир для передачи на приемные антенных телевизоров.

В механическом телевизоре для реконструкции изображения использовался аналогичный, приемный диск Нипкова (рис.1.2,б), позади которого размещалась неоновая лампа, яркость свечения которой изменялась синхронно с выходным напряжением фотоэлемента телекамеры. При этом приемный диск должен вращаться синхронно и синфазно с передающим. При нарушении синхронизма вращения свет лампы от некоторых участков сцены будет попадать между отверстиями приемного диска и создавать изображение не будет. Поэтому скорость и фаза вращения дисков на передающей и приемной стороне синхронизировались вручную или специальной схемой синхронизации рис.1.1. На рис. 1.2. представлено устройство передающей камеры и дискового телевизора.

Простота конструкции Нипкова позволила в последствии создать целый ряд действующих оптико-механических систем ТВ. Так в Москве в апреле 1931 г. коллектив электротехнического института под руководством Шмакова П.В. осуществил экспериментальную радиопередачу сигналов изображения в Ленинград, а **с четкостью 30 строк и частотой кадров 12,5 Гц.** (1200 элементов изображения) на волнах 379 и 720 м. Начиная с осени 1934 г., эти передачи стали регулярными, которые можно было принимать на всей территории Советского союза. А 1932 году Ленинградский завод им. Козицкого выпустил первую партию советских телевизоров (модель Б-2) (рис.1.3). А второй вариант телевизоров «Пионер» 1943 года показан на рисунке 1.4. Следует отметить, что дизайн телевизоров 20-х годов прошлого века отличался большой оригинальностью и некоторые их модели совсем не похожи на привычные нам формы (рис.1.5).



а)  
Рис.1.2. Дисконая ТВ камера Бэрда (а) и устройство  
электромеханического телевизора (б)



Рис.1.3.Первый советский механический телевизор В-2



Рис.1.4. Второй советский механический телевизор «Пионер» (1934)



Рис.1.5. Дизайн ТВ-приемников делали на любой вкус (1928)

**По принципу преобразования светового потока в электрический сигнал такие системы, являются системами мгновенного действия и характеризуются низкой световой чувствительностью и плохим качеством изображений. Кроме**

того, для увеличения размеров изображения нужно было увеличивать размеры вращаемого диска, однако, никакие дальнейшие усовершенствования не могут заметно улучшить качество изображения, в силу органических недостатков оптико-механических систем.

Для решением проблемы улучшения качества изображений был необходим переход к электронному телевидению. Основоположителем его считается русский ученый **Борис Розинг Б.Л.**, эмигрировавший в Америку и запатентовавший в 1907 г. **первую приемную электронно-лучевую трубку – прообраз КИНЕСКОПА** и создавший работающую систему, где на передающем конце еще использовал оптико-механическую систему

В конце 20-х гг. прошлого века одновременно в нескольких странах были проведены успешные эксперименты по электронному телевидению. Экспериментальные передачи движущегося изображения осуществлялись в Германии, Великобритании, СССР, США, Франции и Японии.

В 1927 г. профессор Такаянаги — отец японского ТВ и основатель компании Victor, более известной как JVC, — провел серию успешных опытов с катодной трубкой Брауна и добился устойчивой передачи неподвижного изображения электронным методом. Его телевизионная система имела интересную особенность. Рассудив, что габариты студийной передающей камеры менее критичны, чем размер телевизора, Такаянаги использовал электромеханическую телекамеру и приемник с трубкой Брауна, создав прообраз «нормального» кинескопного телевизора (как у Розинга) рис.1.6. Это оказалось революционным для своего времени решением. Кстати, японцам принадлежит еще одно важное изобретение, сопрягающееся с телевидением. В 1924 г. профессор Токийского инженерного колледжа при Императорском университете Хидецугу Яга создал направленную антенну с пассивными элементами, которую в СССР именовали волновым каналом, а в остальном мире — антенной Яги. Долгое время волновой канал Яги служил основной телевизионной антенной во всем мире.

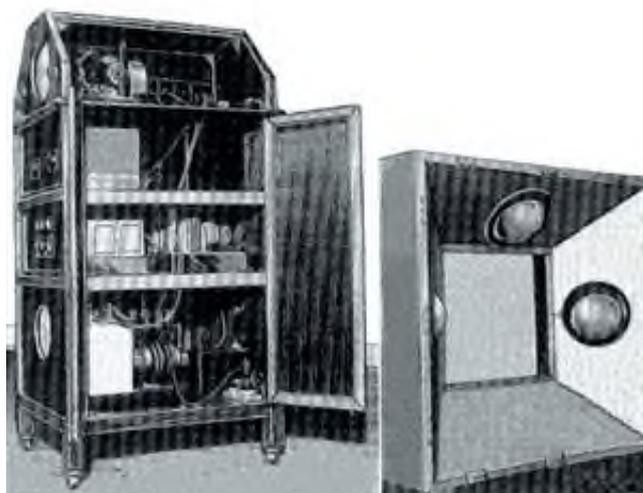


Рис.1.6. Электронный телевизор Такаянаги (1937)

**Первый проект полностью электронной системы ТВ был реализован в Ташкенте в 1925 г. под руководством Грабовского, где и на приемной и передающей стороне использовались специальные электронно-лучевые трубки. Однако на выставку в Москву телевизионная система Грабовского прибыла некомплектной и доказать ее работоспособность оказалось невозможной. Поэтому большую известность в мире получил ученик Розинга В.К.Зворыкин, считающийся отцом электронного телевидения.**

Трудовую деятельность Зворыкин в Штатах русский эмигрант начинал в компании Westinghouse. Но его первые работодатели электронному к телевидению не проявили интереса. Зато Radio Corporation of America (RCA) щедро спонсировала работы Зворыкина, да еще хорошо заплатила Владимиру Кузьмичу за его изобретения. К середине 30-х гг. RCA стала монопольным держателем телевизионных патентов и одной из первых в мире начала электронное ТВ-вещание. А в начале 50-х гг. прошлого века специалисты этой корпорации придумали первую электронную систему цветного телевидения NTSC (рис.1.7). А основателем RCA был — российский эмигрант Давид Сарнов, который 14 апреля 1912 г. оказался единственным человеком в мире, услышавшим сигнал бедствия с тонущего

«Титаника». Узнав об этом, президент США распорядился приостановить работу всех американских радиостанций, не причастных к спасательной экспедиции. А Сарнов, просидевший трое суток за пультом приемной станции Маркони, покинул свой пост в ранге национального героя.

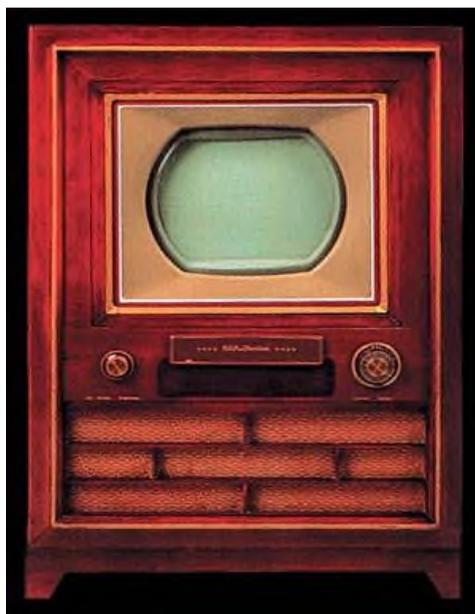


Рис.1.7. Первый серийный цветной телевизор RCA CT-100 (NTSC)

Следует отметить, что **видеомагнитофон** был создан в США компанией Амрех, Причем, эта фирма была основана **Александром Потаповичем Понятовым**, бывшим полковником царской армии, военным связистом. Он эмигрировал из России в 1917 году. Именно фирма Понятова в 1948 г. создала первый американский катушечный магнитофон Амрех-200, а в 1956 г. — первый в мире видеомагнитофон Амрех VRX-1000 (другие названия — Model-IV, Mark-IV).



Рис.1.8. Первый видеомэгнитофон Ampex VRX-1000

Одним из учеников А.П.Понятова был Рэй Долби: изобретатель шумоподавителей Dolby A, B, C, S; системы повышения качества магнитной звукозаписи Dolby-NX (совместно со специалистами датской фирмы Bang & Olufsen); систем многоканального звучания Dolby Surround, Dolby Pro Logic, AC-3 и пр.

## 1.2. Развертка

Как уже говорилось – разверткой называется процесс последовательной, поочередной передачи элементов изображения. При этом в технике используется большое разнообразие типов развертки (линейная, спиральная, радиальная, синусоидальная и.д.). Однако при выборе типа развертки для ТВ системы необходимо обеспечить одинаковое время передачи каждого пикселя, минимальные потери на обратный ход и простоту технической реализации. Всем этим требованиям наиболее полно удовлетворяет линейная развертка. Поэтому в вещательном ТВ и большем числе прикладных систем используют линейные развертки: чересстрочную и прогрессивную (построчную).

Поскольку телевизионное изображение отображается на плоском экране, то в ТВ используются 2 развертки: горизонтальная – строчная и вертикальная – кадровая. При этом за направление движения развертывающего элемента (обычно электронного луча) принято движение слева направо для строчной развертки (СР) и сверху вниз для кадровой (КР), причем, изображение на экране телевизора можно получить только при совместной работе строчной и кадровой разверток.

При работе развертки различают ее прямой и обратный ход. Во время прямого хода происходит передача или отображение видеoinформации (активная часть), при этом элемент развертки движется слева направо для СР и сверху вниз, а при обратном ходе (пассивная часть) возвращается в исходную позицию, как показано на рис.1.9.

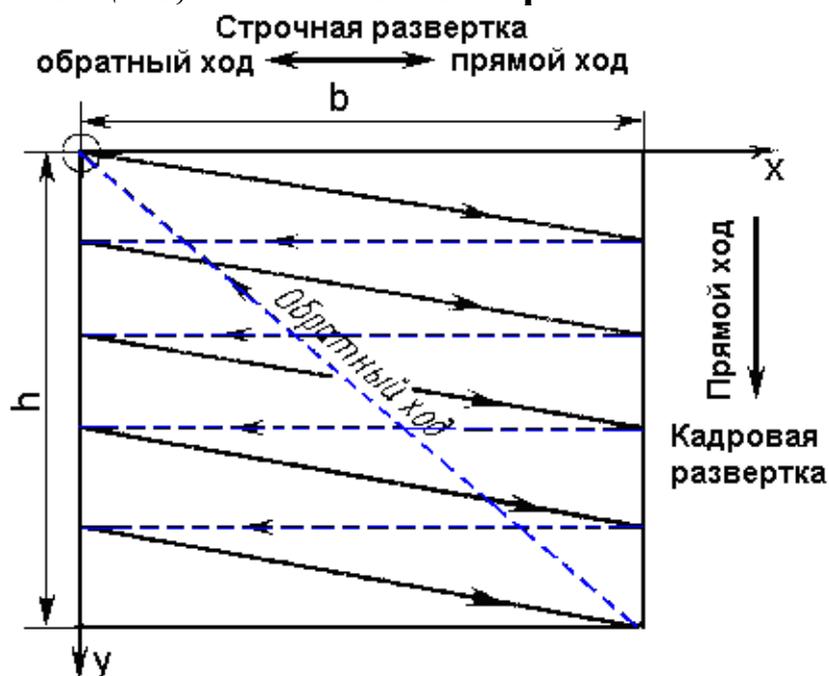


Рис.1.9. Линейно-строчная развертка

После каждой строки и каждого кадра во время обратного хода передаются специальные синхронизирующие импульсы, определяющие привязку к началу координат разверток по строкам и кадрам, передающего и приемного устройств. Точность синхронизации и постоянство скоростей развертки по

строке и кадру определяют точность воспроизведения геометрического соответствия деталей изображения на приеме и передаче (рис. 1.10).

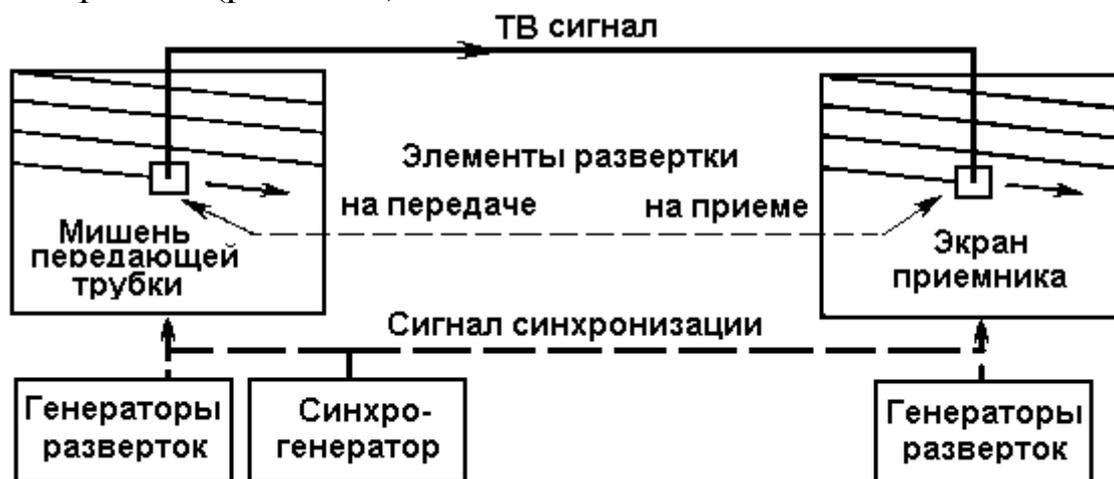


Рис.1.10. Синхронизация разверток передающей и приемной стороны

### 1.3. Обобщенная структурная схема системы телевидения

Общая задача ТВ – преобразование световой энергии в электрический сигнал, передача его по каналу связи и обратное преобразование на приемном конце электрического сигнала в оптическое изображение. Решение этой задачи обуславливает построение ТВ системы, т.е. комплекс технических средств, обеспечивающих получение зрительной информации о передаваемом объекте на приемном конце. В зависимости от назначения системы, объем и устройство технических средств могут быть различными, но они характеризуются общими свойствами. Обобщенная структурная схема ТВ системы, представленная на рис.1.11, состоит из следующих функциональных блоков:

- О** – объектив;
- ОЭП** – оптико-электронный преобразователь (датчик видеосигнала);
- РУ** – развертывающее устройство;
- СГ** – синхрогенератор;

УС – усилитель;  
 ПРД – передающее устройство;  
 КС – канал связи;  
 ПР – приемное устройство;  
 ВУ – видеоусилитель;  
 ЭОП – электронно-оптический преобразователь (кинескоп);  
 АСС – амплитудный селектор синхроимпульсов.

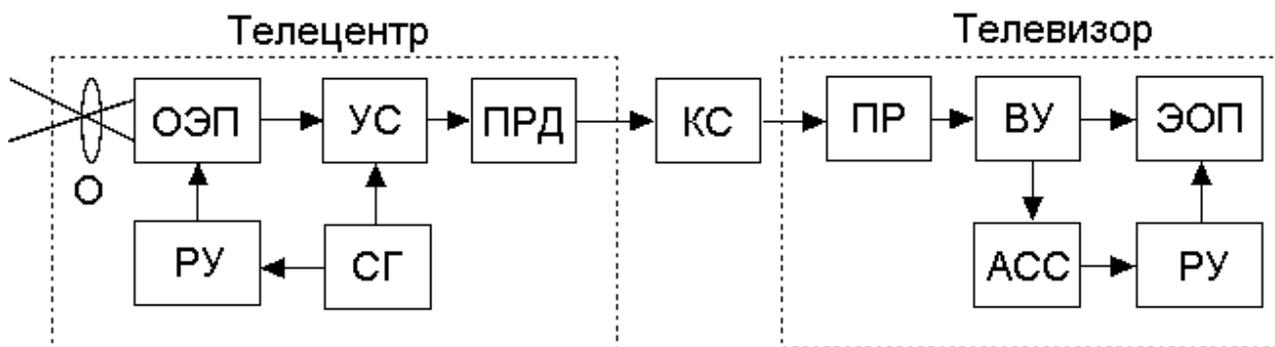


Рис.1.11. Обобщенная структурная схема ТВ системы

Рассмотрим работу ТВ системы по обобщенной структурной схеме, представленной на рис.1.11.

Объектив преобразует световой поток, создавая оптическое изображение сцены на светочувствительной поверхности оптико-электронного преобразователя (передающей трубки или ПЗС-матрицы). В преобразователе происходит преобразование светового потока в электрический сигнал, за счет явления фотоэффекта и считывания электрических зарядов с помощью развертывающего устройства. **Электрические импульсы, несущие информацию об изображении, называются исходным яркостным сигналом.** Для синхронной и синфазной работы анализирующего и синтезирующего устройств, обеспечивающих идентичность положения координат точек на передающем и приемном устройствах, необходимо генерировать и передавать специальные сигналы синхронизации. Синхронность достигается при равенстве частот разверток этих устройств, а синфазность – при точном начале их работы. Для выполнения этих условий в ТВ используется принудительная

синхронизация: сигналы синхронизации с периодом строк – строчные, и с периодом кадров – кадровые, вырабатываются в синхрогенераторе, поступают в развертывающее устройство на передающей стороне, управляя его работой, и в усилитель (УС), где суммируются с сигналом яркости, и вместе поступают на передающее устройство. Синхрогенератор вырабатывает также сигналы гашения обратного хода электронных лучей, обеспечивающие запирающие передающей и приемной трубок на это время. Исходный сигнал яркости вместе с введенным сигналом гашения называется сигналом яркости, а **сигнал, состоящий из сигнала яркости и сигнала синхронизации, называется полным ТВ сигналом (ПТВС)**. В передающем устройстве производится модуляция несущей, и этот сигнал поступает в канал связи, роль которого могут выполнять радиоканалы, радиорелейные, спутниковые, кабельные и другие линии связи, удовлетворяющие требованиям неискаженной передачи ТВ сигнала. В приемном устройстве происходит усиление ТВ сигнала по высокой и промежуточной частотам, а также его детектирование. Полученный видеосигнал поступает на видеоусилитель, где достигает уровня, необходимого для управления преобразователем сигнал-свет (кинескоп) и селектор импульсов синхронизации. В селекторе происходит выделение импульсов синхронизации из ПТВС, которые управляют развертывающим устройством на приемной стороне, обеспечивая синхронность и синфазность движения сканирующих элементов анализирующего и синтезирующего устройств.

## 2. ОСНОВЫ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКА

Поскольку телевидение является системой визуального наблюдения, то для получения реалистичных изображений на экране телевизора необходимо учитывать свойства и параметры зрительной системы человека.

### 2.1. Зрительная система человека

Человек получает зрительную информацию с помощью зрительной системы, которая воспринимает электромагнитное излучение в оптическом диапазоне длин волн 380-760 нм, называемым видимым светом. Зрительная система включает в себя **глаза, нервную систему и зрительный центр коры головного мозга**. При этом глаз (рис.2.1) имеет приблизительно шарообразную форму с диаметром около 2,5 см. и представляет собой **стекловидное тело**, заключенное в непрозрачную оболочку - **склеру**, которая в передней части переходит в прозрачную **роговицу**.

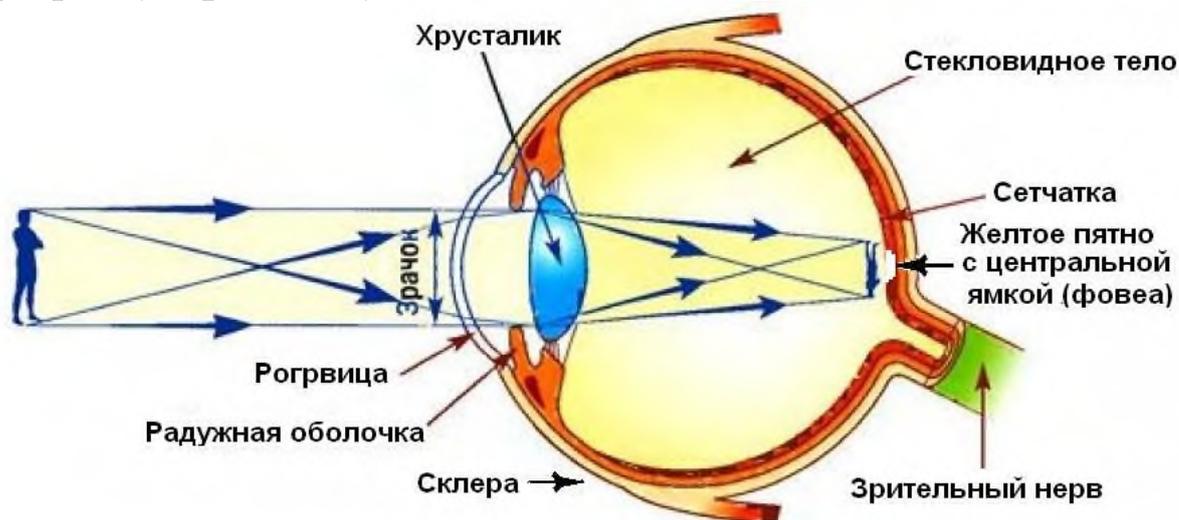


Рис.2.1. Строение глаза человека

За роговицей расположена **радужная оболочка** с отверстием в центре — **зрачком**, а за ней находится **хрусталик**.

Пространство между роговицей и хрусталиком заполнено прозрачной жидкостью - **камерной влагой**. Все это вместе образует оптическую систему глаза, при помощи которой изображение проецируется на внутреннюю поверхность склеры, покрытую **светочувствительной оболочкой, называемой сетчаткой или ретиной**. Сетчатка содержит два вида светочувствительных рецепторов **колбочки** и **палочки**, а также несколько слоев нервных клеток, с ними связанных. **Колбочки образуют аппарат дневного зрения, который работает при освещенностях больше 0,01 лк, обладает высокой разрешающей способностью и обеспечивает цветное восприятие**

**Палочки образуют аппарат сумеречного зрения, обладают значительно более высокой чувствительностью и способны отличить белую поверхность от черной при освещенности около  $10^{-8}$  лк, но имеет низкой разрешающей способностью и не воспринимает цвет.**

Под влиянием мышечного воздействия на хрусталик, в результате которого изменяется его кривизна, осуществляется наводка на резкость — **аккомодация**. При максимальном расслаблении аккомодационных мышц преломляющая сила хрусталика минимальна — глаз сфокусирован на бесконечность. Поскольку яркость окружающего мира в течении суток изменяется в очень широких значениях (до 10 миллионов раз), то глаз использует механизм **адаптации** (приспособления) к различным освещенностям. При этом адаптация производится благодаря изменению диаметра зрачка, выполняющего роль диафрагмы в оптической системе глаза, и переключению аппаратов дневного и сумеречного зрения.

Следует отметить, что светочувствительные элементы на сетчатке распределены неравномерно. Наибольшая плотность распределения колбочек наблюдается в области **желтого пятна** и в его центральном углублении — **фовеа**. Угловой размер **фовеа** около одного градуса, где число колбочек в нем составляет примерно 4000, а плотность их распределения — 180 тыс. на  $\text{мм}^2$ . Желтое пятно определяет область ясного видения. Оно имеет

овальную форму, удлинённую в горизонтальном направлении. Его угловые размеры примерно  $12^\circ$  на  $16^\circ$ . При рассматривании изображений глаз автоматически совмещает наиболее интересный (информативный) для наблюдателя участок изображения с фовеа. Поэтому **зрительная ось** глаза, проходящая от фовеа через центр хрусталика к объекту наблюдения, отклонена примерно на  $5^\circ$  от **оптической оси**, совпадающей с осью симметрии оптической системы глаза.

Функция сетчатки заключается не только в восприятии изображения, но и в предварительной обработке зрительных сигналов перед их поступлением в **зрительный нерв**. Эта обработка происходит в результате передачи сигнала от одного слоя нервных клеток к другому. Последний слой, непосредственно связанный со зрительным нервом, состоит из так называемых **ганглиозных клеток**. Каждая ганглиозная клетка соединена с волокном зрительного нерва. В области фовеа на одну колбочку приходится одна ганглиозная клетка, а в области периферийного зрения одна ганглиозная клетка обслуживает рецептивное поле, состоящее из большого числа светочувствительных элементов.

Таким образом было установлено:

- **Колбочки – рецепторы дневного зрения, имеют низкую световую чувствительность, но большой разрешающей способностью и цветовой чувствительностью. Наиболее густо они располагаются в центральной области сетчатки, называемой желтым пятном – области наилучшего зрения. Здесь расположена центральная впадина, обладающая способностью различать мелкие детали изображения.**
- **Палочки – рецепторы сумеречного зрения имеют высокую световую чувствительность, но низкую разрешающую способность и чувствительность к цвету.**
- **В желтом пятне преобладают колбочки, Плотность которых убывает с удалением от центра сетчатки, а плотность палочек почти постоянна. Фоторецепторы через**

сложную нервную систему – **зрительный нерв** – связаны с корой головного мозга.

- **Предельная способность глаза различать мелкие детали изображения определяется разрешающей способностью – остротой зрения.** Она определяется наименьшим угловым расстоянием  $\delta$  между двумя светящимися точками, при котором наблюдатель видит эти точки раздельно. Минимально разрешаемое расстояние сильно зависит от яркости наблюдаемых объектов и их контраста относительно фона.
- Из-за неоднородности структуры сетчатки по мере удаления от центральной впадины острота зрения падает при этом **основная зрительная информация сосредоточена в пространственном угле ясного зрения, который составляет примерно  $16 \times 12^\circ$ , а разрешающая способность глаза  $\approx 1$  минуте.**
- Спектральная характеристика чувствительности глаза, представленная на рис.2.2, имеет максимум на волне **желто-зеленого цвета равной 550 нм.**

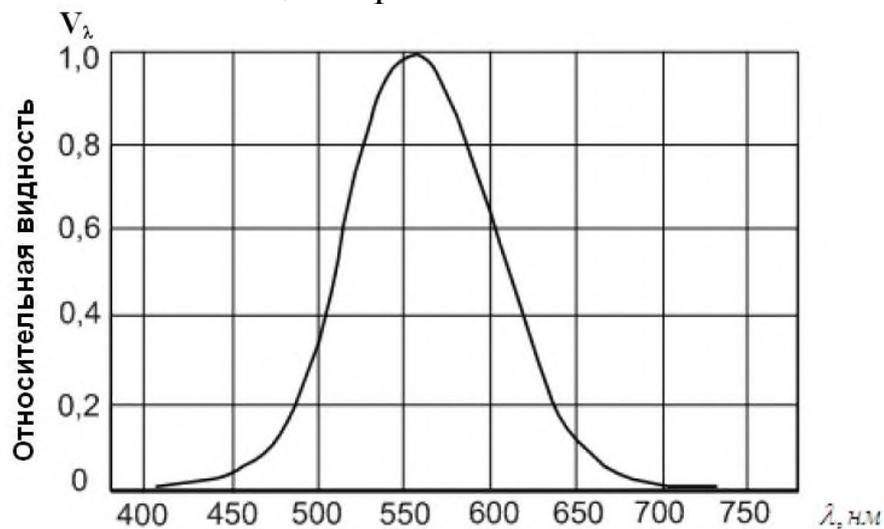


Рис.2.2. Кривая относительной видимости глаза.

## 2.2. Основные светотехнические величины и их параметры

Оптические изображения характеризуются большим числом светотехнических величин из которых **основными являются: световой поток, сила света, освещенность и яркость.** При этом, как указывалось ранее, **светом** называется часть электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от **380 до 760 нм**, воздействующее на человеческий глаз. Для количественной оценки силы воздействия необходимо учитывать два обстоятельства:

- **видность излучения – неодинаковую чувствительность глаза к излучениям различных длин волн (рис.2.2),**
- **неравномерность плотности распределения мощности излучения по различным длинам волн реальных источников света.**

**Световой поток (F) - мощность излучения,** оцениваемая по его воздействию на нормальный глаз. Единица измерения – **люмен (лм).** Экспериментально установлено, что в максимуме кривой видности – **550 нм** **1 Вт** мощности излучения соответствует световой поток **683 лм**, для белого цвета эта величина – **220 лм**, а **100 Вт** лампа накаливания создает световой поток **800-1500 лм.**

**Сила света (I) - плотность светового потока в телесном угле.** Сила света характеризует неодинаковость излучения светового потока в разных направлениях. Единицей силы света является **канделла (кд)** – которая соответствует равномерному распределению в телесном угле в **1 стерадиан** светового потока в **1 лм.** Средняя сила света определяется отношением излучаемого светового потока к полному телесному углу ( $4\pi$ ) (рис.2.3). Для примера **100 Вт** лампа накаливания обладает силой света **60-120 кд.**

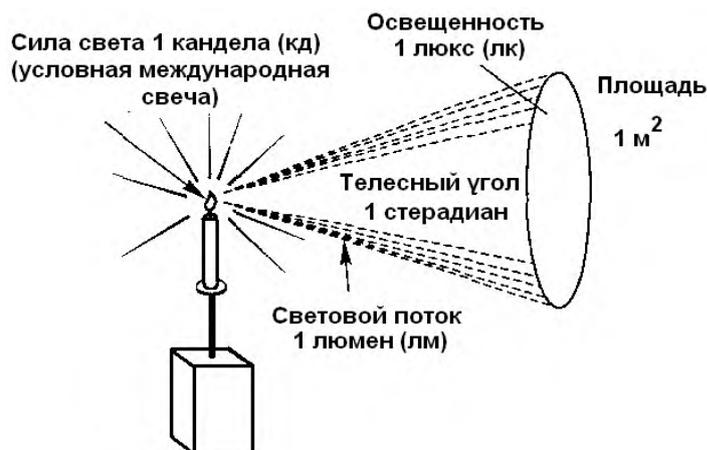


Рис.2.3. Определение светового потока

**Освещенность (Е)** – это плотность светового потока по поверхности, на которую падает. Единицей освещенности является люкс, который создается световым потоком в 1 лм на площадке в 1 м<sup>2</sup>. Для примера освещенность киноэкрана – 40-200 лк, книга при чтении – 20, предметы в тени летом – 1000, на пляже в летний, солнечный день – 100 000.

**Яркость** – это плотность силы света, излучаемой с поверхности. Единицей яркости является кандела / м<sup>2</sup>. Светящиеся поверхности по способу их светового возбуждения можно разделить на два вида: самосветящиеся (экран ТВ, нить лампы накаливания) и вторичные, отражающие или пропускающие часть падающего на них света (киноэкран, плафон люстры). Для примера яркость: киноэкрана - 10-30 кд/м<sup>2</sup>, экрана ТВ – 40-80, пламя спички – 5 тыс., нить лампы накаливания – около 5 млн., солнце – 1,5 млрд.

### 2.3. Характеристики оптических изображений и их параметры

Процесс ТВ передачи начинается с построения двумерного оптического изображения трехмерных объектов, расположенных в пространстве. При этом на качество оптического изображения

влияет ряд факторов, к которым можно отнести освещенность оптического изображения, четкость, глубина резкости, разрешающей способности, и др.:

**Освещенность в плоскости оптического изображения  $E_0$**  определяется освещенностью объекта  $E$ , его отражательными свойствами и параметрами объектива – прозрачностью, диаметром входного зрачка, фокусным расстоянием. Диаметр входного зрачка меняется с помощью диафрагмы.

**Четкость** оптического изображения характеризуется качеством воспроизведения мелких деталей и определяется **разрешающей способностью объектива**. Наличие искажений изображения, возникающих в оптических системах – аберраций, приводит к тому, что точка воспроизводится в виде кружка и две близко расположенных точки на объекте сливаются в одну на изображении. Минимальное расстояние между двумя светлыми точками, на котором они еще воспроизводятся отдельно, называется **разрешаемым расстоянием**, а величина, обратная ему, - разрешающей способностью объектива. Она оценивается максимальным числом пар черно-белых линий на 1 мм, воспроизводимых на изображении.

**Глубина резкости объектива** – это **глубина пространства**, где диаметр кружка размытия деталей не превосходит размеров одного элемента разложения изображения.

Количественное нормирование параметров оптических изображений может быть сделано только с учетом параметров и характеристик зрения.

**Способность глаза видеть мелкие детали называется разрешающей способностью или остротой зрения**. Различают два вида остроты зрения: в плоскости, нормальной к оптической оси глаза, и по глубине деталей, которую называют **остротой глубинного** или **стереоскопического** зрения.

Острота зрения сильно зависит от яркости, зависимость которой представлена на рис 2.4. Характер зависимости объясняется тем, что малые яркости сигнала в одном нервном

окончании не могут возбудить сигнал, надежно отличающийся от шумов. В этом случае суммируется сигнал от нескольких рецепторов, объединяющихся в один элемент приемника (рецептивное поле), что приводит к уменьшению разрешающей способности. По мере роста освещенности число объединяемых рецепторов уменьшается и разрешающая способность растет, пока не достигает предельной разрешающей способностью – верхний загиб кривой.

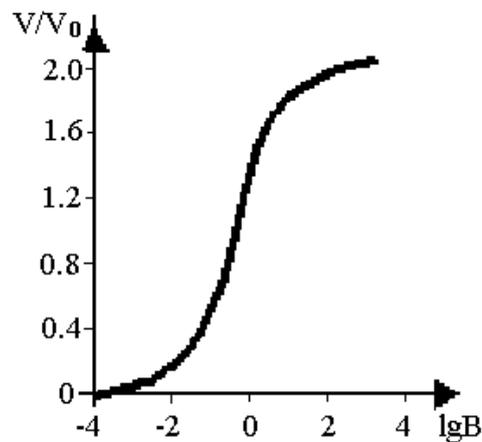


Рис. 2.4. Зависимость остроты зрения от яркости

## 2.4. Понятие о цвете и колориметрические системы

**Понятие о цвете.** Световые излучения, которые воспринимает глаз человека, лежащий в диапазоне волн 380-760 нм принято считать видимым спектром. При этом ощущение цвета зависит от спектрального состава этого излучения. Если все составляющие спектра имеют одинаковую мощность, то мы будем ощущать белый цвет. Ощущение цвета, отличного от белого, возникает, когда излучение содержит не все длины волн либо является неравномерным. Предельный случай неравномерного излучения – **монохроматическое** (одного цвета). Монохроматические излучения разной длины волны вызывают у человека ощущение различных спектральных цветов, обладающих максимальной насыщенностью.

**Насыщенность** – это цветовой параметр, обозначающий степень разбавления монохроматического цвета белым цветом. При этом **насыщенность белого цвета = 0**.

Спектр монохроматических излучений условно разбит на **7 главных цветов (радуга)**, названия которых могут служить приблизительным обозначением **цветового тона**.

**Цветовой тон и насыщенность** не зависят от интенсивности излучения и характеризуют качество цвета. Количество цвета связано с величиной светового потока – **светлота**. Эти три параметра – субъективные. Им соответствуют физические величины – **яркость (светлота), преобладающая длина волны (цветовой тон) и чистота цвета (насыщенность)**. Очень часто сочетание цветового тона и насыщенности, т.е. качественную характеристику цвета, называют **цветностью**.

Следует отметить, что физиологические основы цветового зрения базируются на теории трехкомпонентного зрения, выдвинутой М.В. Ломоносовым в 1756 г. и развитой через 150 лет Г. Гельмгольцем. Согласно этой теории в сетчатке глаза имеется три вида колбочек, обладающих различной спектральной чувствительностью в красном, зеленом и синем диапазоне. Изолированное возбуждение одного из этих видов излучений дает ощущение одного из трех насыщенных цветов – красного (R), зеленого (G) и синего (B). При этом обычно воспринимаемое нами излучение содержит весь спектр видимого диапазона волн, но с разной спектральной интенсивностью. Это приводит к раздражению не одного, а двух или трех видов колбочек одновременно, но в разной степени. Различное соотношение возбуждений вызывает ощущение определенного цвета.

Поскольку количество различимых глазом оттенков цветов очень велико и составляет примерно **10 млн.**, то в силу субъективности наших цветовых ощущений, возникает необходимость количественно охарактеризовать и классифицировать такое разнообразие цветов. Поэтому на основе экспериментальных и теоретических работ многих ученых была создана наука **об измерении цвета, называемая колориметрией** от лат. color — «цвет» и греч. μετρέω — «измеряю». **Колориметрия базируется на теории трехкомпонентного зрения и трехмерном цветовом пространстве** и позволяет дать наиболее точное численное описание цвета. Причем, для описания цвета

разработан ряд колориметрических систем, принцип построения которых основывается на одном из законов Грассмана, согласно которому любой Цвет может быть выражен тремя, если они линейно независимы. Этому требованию отвечают излучения синего, зеленого и красного цветов, называемые триадой. При это в качестве основных цветов R, G, B стремятся выбрать такие цвета, чтобы каждый из них действовал преимущественно на один из рецепторов модели зрительного восприятия. Кроме того, учитывают необходимость достаточно простого получения этих излучений. Международной комиссией по освещению (МКО) в качестве основных цветов рекомендованы монохроматические излучения с длинами волн  $\lambda_R = 700$  нм,  $\lambda_G = 546,1$  нм,  $\lambda_B = 435,8$  нм. Данные излучения являются линиями в спектре излучения паров ртути, которые выделяются с помощью фильтров.

Также при выборе основных цветов необходимо установить их яркости. Удобно яркости основных цветов взять такими, чтобы белый цвет создавался от смешения их в равных количествах, т. е. модули цветов при этом должны быть одинаковыми:

$$R=G=B= 1/3.$$

Важно отметить, что если смешать выбранные основные цвета равной яркости, то получится не **белый цвет, а синий**. Поэтому путем статистических исследований было установлено, что эти условия выполняются в случае, если яркости эталонов находятся в соотношении  **$L_R:L_G:L_B=1:4,5907:0,061$** , которые называются **яркостными коэффициентами**.

Если в качестве красного цвета взять источник яркостью 1 кд/м, то яркости источников двух других основных цветов должны составлять:

$$L_G=4,5907 \text{ кд/м}^2 \text{ и } L_B = 0,061 \text{ кд/м}^2.$$

При смешении  $(1/3)R$ ,  $(1/3)G$  и  $(1/3)B$  получится белый цвет (E) яркостью  **$LE = 1+4,5907 + 0,061 = 5,6517$  кд/м<sup>2</sup>**.

### Колориметрические системы

Одной из первых и простой колориметрической системой, является система RGB, которая использует реально

существующие цвета. Для удобства графического представления цвета используется равносторонний **цветовой треугольник с координатами RGB**. (рис.2.5, а). С помощью этого треугольника можно наглядно представить себе количественные и качественные соотношения колориметрии и по нему удобно изучать законы смешения цветов. При перемещении по сторонам треугольника будут меняться цвета, в центре будет находиться точка белого цвета, и при перемещении от сторон к центру будет меняться насыщенность, т.е. разбавление цвета белым. Любой цвет в системе описывается  $f'F = r'R + g'G + b'B$ . Причем нормируют не абсолютные значения единичных цветов, а их соотношение. Его выбирают таким, чтобы при сложении в численно равных количествах получилось ощущение равноэнергетического белого цвета (рис.2.5,б). Где величины  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$ ,  $b(\lambda)$  представляют собой цветовые свойства среднего наблюдателя, фиксирующего достижения цветового равенства - удельных цветовых коэффициентов или удельных координат от длины волны (кривые смешения), которые были стандартизированы в 1931 г. Международным комитетом по освещенности (МКО) на основе экспериментальных результатов, полученных Райтом и Гилдом.

Внутри этого треугольника лежат все цвета, которые могут быть правильно воспроизведены смешением этих основных. При этом предполагается, что в точках R, G и B источники цвета имеют 100% насыщенность, но реальные источники такой насыщенности не имеют. Поскольку увеличение насыщенности происходит по мере продвижения по прямой, например к точке R, по прямой CR, а точка R еще не имеет 100% насыщенности, то такая насыщенность достигается где-то в точке R1, лежащей от точки C далее, чем точка R. Точка R1 соответствует источнику монохромного (одноцветного) цвета.

Соединив все монохроматические точки R1, O1, G1... сплошной линией, получают так называемый **локус** (место) (рис.2.5,в), на котором расположены все цвета со 100% насыщенностью.

Отрицательные участки кривых на рисунке.2.5,б показывают, что в цветовом уравнении величины коэффициентов имеют отрицательное значение, т.е. не все цвета могут быть получены смешением основных реальных цветов системы.

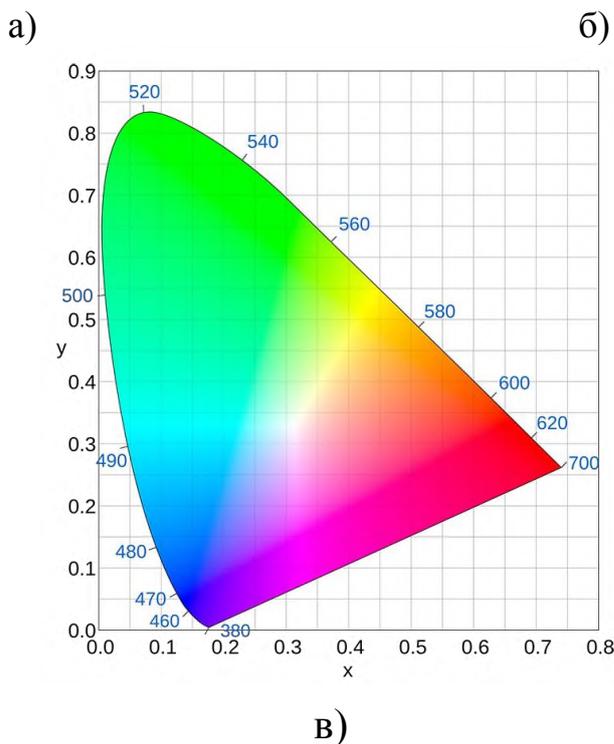
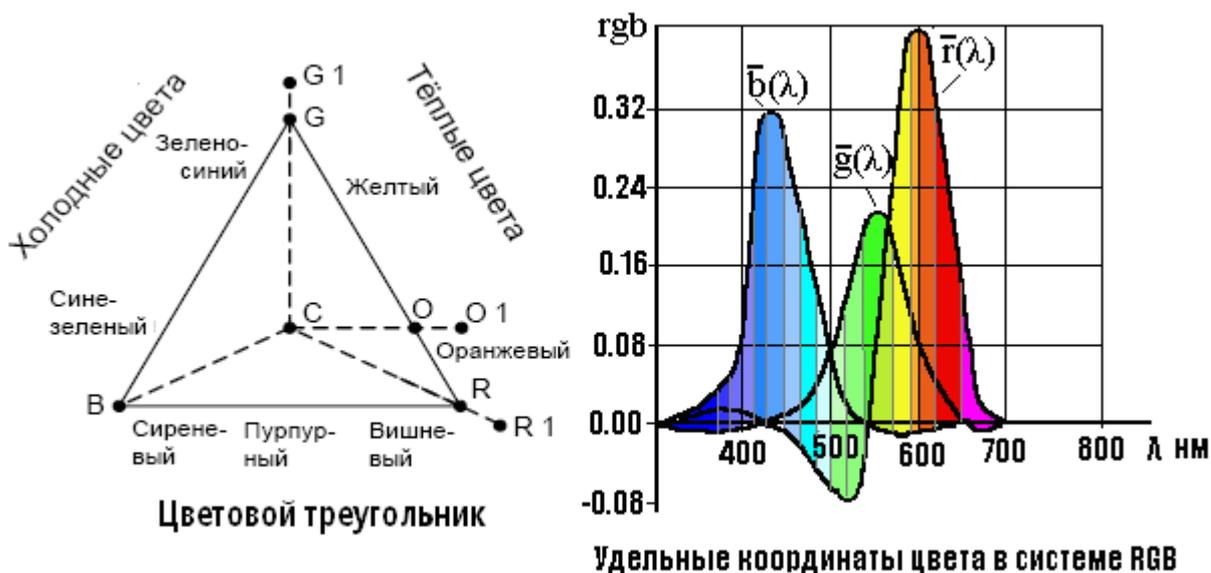


Рис.2.5. Колориметрическая система RGB

**Колориметрическая система RGB** (рис.2.5.) удобна для проведения экспериментальных исследований, т.к. ее основные

цвета являются реально существующими, показанные внутри локуса (рис.2.5,в), где в координатах 0,33; 0,33 находится точка белого цвета. Однако наличие отрицательных участков раньше затрудняли создание измерительных приборов – колориметров. Кроме того, для определения яркости цвета необходимо знать величины всех трех основных потоков.

В целях упрощения цветовых расчетов Международный комитет по освещению (МКО) в 1931г. принял другую колориметрическую систему XYZ, которая в цветовом треугольнике использует коэффициентов условных (нереальных) цветов, но при суммировании которых получаются реальные цвета.

## **2.5. Методы смешения цветов**

**В ТВ используют локальное, пространственное и бинокулярное смешение цветов.**

**Локальное** может быть **одновременным (оптическим)**, когда на одну поверхность (рис.2.6) проецируется два или несколько излучений, вызывающих каждый в отдельности ощущение разных цветов, и **последовательным**, когда излучения воздействуют на глаз одно за другим. При быстрой смене излучений в зрительном аппарате возникает ощущение единого результирующего цвета.

При **пространственном** смешении участки, окрашиваемые опорными цветами, имеют достаточно малые размеры, и глаз воспринимает их как единое целое – мелкие штрихи, мозаика и т.д. Чаще всего такой метод используется для воспроизведения цветного изображения на ТВ экране.

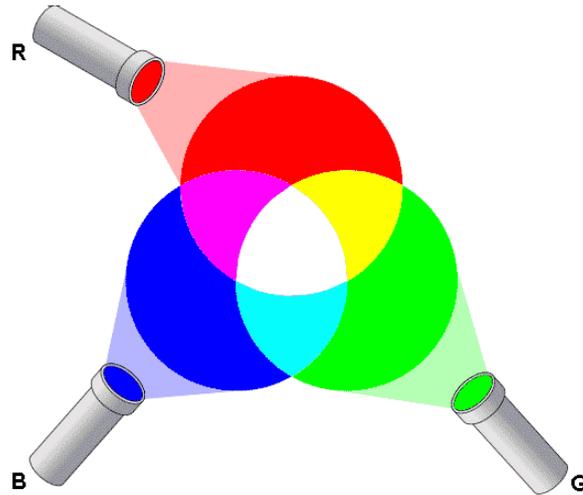


Рис.2.6. Принцип локального смешения цветов

**Бинокулярное** смешение – смешение двух или нескольких цветов путем раздельного раздражения левого и правого глаза разными цветами, в результате чего возникает ощущение нового цвета. Для получения цветного ТВ изображения датчики ТВ сигналов должны не только осуществлять поэлементный анализ, но и спектральное разделение воздействующего излучения на три составные части, аналогично нашему зрительному аппарату. На приемном конце требуется обратное действие.

**Установлено 3 закона смешения цветов:**

1. Для всякого цвета имеется другой цвет, от смешения с которым может образоваться белый цвет. Такие 2 цвета называются **дополнительными**.
2. При смешении 2 различных цветов, лежащих по спектральной шкале цветов ближе друг к другу, чем цвета дополнительные, образуется новый цвет, по тону лежащий между смешиваемыми цветами
3. При смешивании 2 одинаковых цветов образуется смесь того же цвета.

В основном законе смешения говорится, что любые 4 цвета находятся в линейной зависимости, т.е. любой цвет может быть выражен через любые 3 взаимно независимых цвета:  $f'F = r'R + g'G + b'B$ . Здесь F, R, G, B – единицы излучения произвольного и трех основных цветов, а  $f'$ ,  $r'$ ,  $g'$ ,  $b'$  – множители, указывающие

количество этих излучений, - **модули** этих цветов или **цветовые коэффициенты**.

## 2.6. Цветопередача в телевидении

При выборе параметров отдельных звеньев ТВ системы важно установить, к какому идеалу верности цветовоспроизведения следует стремиться. Существует три критерия верности:

1. **физический** – когда одинаковы спектральные составы и мощности излучений;
2. **физиологический** – когда зрительные ощущения от оригинала и репродукции идентичны;
3. **психологический** – когда изображение оценивается как высококачественное.

В ТВ стремиться к **физической точности** нет смысла, т.к. одинаковые ощущения цвета могут быть получены при воздействии излучения разного состава.

**Физиологическую точность** также получить невозможно, так как из-за выбора треугольника основных цветов мы не можем воспроизвести часть реальных цветов. Кроме того диапазон воспроизводимых яркостей не может быть столь велик, как яркости реально существующих объектов. Поэтому при разработке вещательных систем ЦТ имеют в виду, что ТВ изображение имеет меньшие размеры деталей, чем объекты, заключено в ограничивающую рамку, яркость фона обычно мала. При этих условиях надо учитывать адаптацию глаза и относительность наших зрительных ощущений, что позволяет не воспроизводить абсолютное значение яркостей, а сохранить лишь соотношения между яркостями отдельных элементов и их цветности. Необходимо отметить, что требование точного воспроизведения цветности выполнимо лишь для цветов, лежащих внутри треугольника основных цветов.

Колориметрические требования справедливы для однородно окрашенных полей, воспринимаемых углом зрения  $2^{\circ}$ . При переходе к меньшим углам зрения цветовые свойства глаза существенно меняются. Так при уменьшении размеров деталей до  $10-25'$  их цвета воспринимаются как смесь оранжевого и голубого.

Основные цвета приемного устройства определяются спектральными характеристиками светоизлучающих элементов (люминофоров, жидкокристаллических и светодиодных матриц). Характеристики люминофоров, принятых в европейской и американской системах ЦТ, несколько различны. Так американский треугольник имеет большую гамму воспроизводимых цветов, но меньшую светоотдачу зеленого люминофора примерно в 3-3,5 раза, однако, оба они не воспроизводят всех цветов. Это касается главным образом оттенков зеленых и голубых цветов, но это обстоятельство не играет большой роли, т.к. на глаз это не очень заметно.

### 3. ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ И ЕГО ПАРАМЕТРЫ

Так как телевидение является системой визуального наблюдения, то реконструкция изображений оптических объектов сцены в телевизоре должна соответствовать нашему восприятию реальных объектов. При этом основными качественными характеристиками зрительного образа являются:

- цветность и распределение яркости;
- геометрические формы и относительные размеры деталей;
- распределение предметов по глубине и их относительное движение.

Поэтому в телевидении выделяют следующие группы параметров телевизионных изображений, которые рассмотрим более подробно:

- **КООРДИНАТНЫЕ** - формат кадра, оптимальное расстояние наблюдения и число элементов разложения;
- **ВРЕМЕННЫЕ** - критическая частота пульсаций и частота кадров;
- **ЯРКОСТНЫЕ** - максимальная яркость, средняя яркость, яркость адаптации, контраст и число полутонов или градаций яркости.

#### 3.1. Координатные параметры

(формат кадра, оптимальное расстояние наблюдения и число элементов разложения)

**Формат кадра.** Из-за того, что область ясного зрения человеческого глаза имеет эллиптическую форму с угловыми размерами  $16^{\circ}$  x  $12^{\circ}$ , то максимальное качество изображения будет достигнуто при проецировании его в эту область. Если угловые размеры области ясного зрения поделить на 4 то получится оптимальное соотношение сторон телевизионного

экрана равно  $4/3$ . что соответствует отношению ширины ( $b$ ) экрана к высоте ( $h$ ), (рис.3.1). Именно поэтому телевизионные экраны имеют прямоугольную форму.

Естественно обеспечить проекцию ТВ изображения на область ясного зрения можно только на определенном расстоянии глаза от экрана. Такое расстояние называют **оптимальным расстоянием наблюдения –  $L_{опт}$**  (рис.3.1).

Экспериментально установлено, что наилучшее восприятие изображение обеспечивается при **расстоянии до экрана = 4-5 высот экрана.**

$$L = (4-5)h,$$

где  $L$  – расстояние до экрана (м),  $h$ - высота экрана (м).

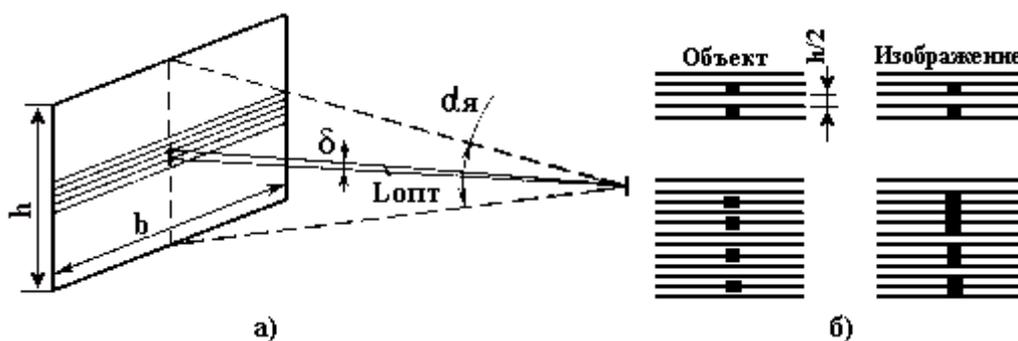


Рис.3.1. Определение числа строк (а) и вертикальной четкости изображения (б)

### Выбор числа элементов разложения ТВ изображения (пикселей и числа строк разложения).

Следует отметить, что в современном телевидении под элементом изображения понимается **пиксель**. Где *pixel* — сокращение от английских слов **pictures element**, то есть это мельчайшая деталь изображения внутри которой ни цвет ни яркость не меняется, то есть невозможно сделать пиксель на половину белым, на половину черным.

Для определения необходимого числа элементов ТВ изображения необходимо определить число рецепторов в поле

ясного зрения исходя из того, что разрешающая способность глаза  $\approx 1$  угловой минуте:

$$N_{я} = (\alpha_{г}/\delta)(\alpha_{в}/\delta) = (16^0 \times 60'/1')(12^0 \times 60'/1') = 700\ 000$$

где  $\alpha_{г}$  и  $\alpha_{в}$  углы поля ясного зрения глаза в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Число элементов разложения изображения может быть определено как произведение числа элементов по горизонтали на количество элементов по вертикали (строк разложения), или с учетом формата кадра

$$N = k z^2 = 4/3 z^2$$

где ( $z$  – число строк по вертикали,  $kz$  – число элементов в строке), и должно соответствовать числу элементарных участков поля ясного зрения. Так между элементами изображения **700 000** должны воспроизводиться еще промежутки, то число элементов по крайней мере удваивается  $N \geq 2N_{я}$ . Тогда число строк разложения должно быть:

$$Z \geq 2\sqrt{N_{я}/k} = 2\sqrt{700000 \cdot 3/4} \approx 1400$$

Однако из-за взаимного расположения деталей раstra и строк разложения (рис.3.1) число передаваемых элементов по вертикали различно, так как в зависимости от этого в вертикальном направлении будут воспроизводиться детали размером либо  $h/z$ , либо  $2h/z$ . Это делает неоднозначную оценку четкости изображения по вертикали. Поэтому для уверенного различения в ТВ изображении **700 000** деталей необходимо использовать еще большее строк разложения. В настоящее время только ТВ системы высокой четкости (ТВЧ) приближаются к этим требованиям, но для этого требуется значительное увеличение пропускной способности каналов связи. Поэтому в стандарте вещательного ТВ, разработанного в конце 40 годов у нас в стране было принято **625** строк разложения, из-за необходимости сокращения передаваемой полосы частот.

**Число строк разложения 625** определяет **номинальную четкость ТВ** изображения при которой обеспечивается **95%** максимальной четкости изображения. При этом различимость строчной структуры на оптимальном расстоянии рассматривания оказывается вблизи порога разрешающей способности глаза.

**Четкость ТВ изображения** определяется максимально возможным числом мелких деталей, различимых в этом изображении. Она определяется в первую очередь разрешающей способностью устройств ТВ тракта. А она в свою очередь зависит от выбранного числа элементов (или строк) разложения, от качества работы передающих и приемных электроннолучевых трубок, от частотных и фазовых характеристик усилителей и др. Воспроизводимая на экране четкость определяется в первую очередь числом элементов разложения. В существующем стандарте она в идеале равна:

$$kz^2 = 4/3 \times 625^2 = 520832.$$

С учетом времени на обратный ход по строкам и кадрам  $\approx$  **400 тыс.** Но обычно для количественной характеристики четкости пользуются не количеством элементов разложения, а числом строк разложения, т.к. эти два параметра однозначно связаны. Естественно количество строк или элементов, необходимых для удовлетворительного воспроизведения изображения объекта зависит от характера объекта. Например, для передачи лица крупным планом требуется 120-150 строк, 2-3 человек в полный рост – 250-300, большого количества людей (хор, публика и т.д.) – 450-650.

### **3.2. Временные параметры** (частота мельканий и число кадров)

Изображения, которые воспроизводятся на экране телевизора представляют собой поток отдельных статических изображений, называемых кадрами. Соответственно при выборе частоты смены кадров необходимо учитывать особенности

зрительной системы человека. Поэтому для выбора частоты кадров используется 2 критерия:

1. **Обеспечение незаметность кадровых мельканий.**
2. **Обеспечение передачи плавности движения.**

Дело в том, что зрительное восприятие обладает определенной инерционностью, то есть одиночный световой импульс будет замечен глазом в том случае, если его длительность превышает определенную величину  $t_{кр}$ . Причем эта величина зависит от освещенности сетчатки, то есть  $E t_{кр} = const$ , и меняется от сотых долей секунды, при больших освещенностях, до десятых. После прекращения действия светового потока глаз как бы продолжает «видеть» источник с яркостью, спадающей по экспоненциальному закону. Таким образом пульсирующий источник света при определенной частоте пульсаций, называемой **критической частотой мельканий** называется минимальная частота повторения световых импульсов, при которой наблюдатель воспринимает их как непрерывное излучение. Она зависит от средней яркости поля наблюдения, размеров мелькающего участка и т.д. **Для яркостей экранов современных телевизоров критическая частота мельканий составляет 46-48 Гц.** Таким образом, чтобы на экране телевизора не было заметно кадровых мерцаний, частота смены кадров должна быть не меньше 48 раз в секунду. При этом чтобы при биении частот кадровой развертки и мерцаний осветительных приборов не возникали стробоскопические мерцания, частота кадровой развертки принимается равной частоте питающей сети 50 Гц.

Согласно второго критерия выбора кадровой частоты, из практики кино установлено, что для получения плавного движения изображений движущихся объектов достаточно предавать **16-24** фазы их движения в секунду. Таким образом, в телевидении у нас принята частота смены кадров 50 Гц, которая перекрывает и критическую частоту мельканий (46-48), и критическое число фаз движения (16-24). Эта частота была выбрана с учетом ее равенства частоте промышленной сети с

целью уменьшения заметности характерных помех от электросети – динамических искажений геометрии (искривление вертикальных краев изображения) и яркости (крупные горизонтальные светлые и темные полосы).

Но при такой частоте кадров и числе строк разложения **625 (прогрессивная развертка)** - рис.3.2 (а), полоса частот ТВ сигнала получается **около 13 МГц**, что 40-е годы заняло бы половину коротковолнового диапазона, используемого тогда для ТВ вещания. Поэтому для уменьшения требуемой полосы частот канала в вещательном телевидении используют **чересстрочную развертку**, в которой ТВ кадр передается за **2 полукадра** или **поля – четного и нечетного**. В каждом поле передается **половина строк (312.5)**, как показано на рис.3.2(б). Причем, в первом полукадре происходит развертка нечетных строк, а во втором – четных.

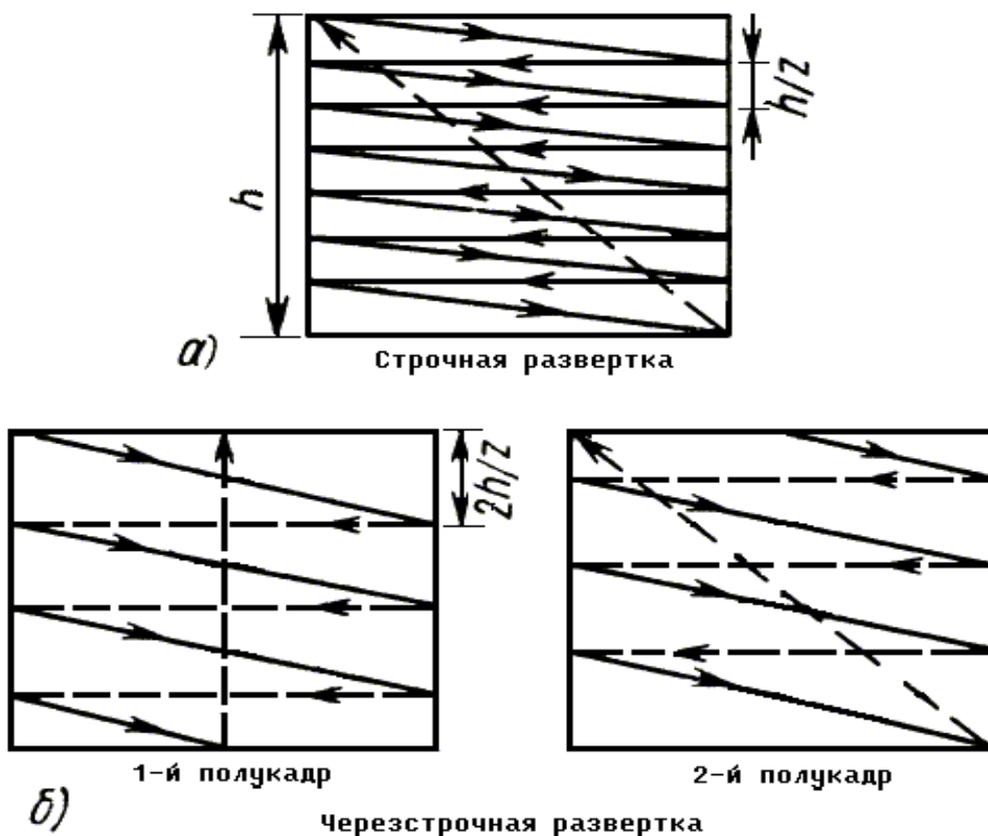


Рис.3.2. Принцип построчной (а) и через строчной развертки (б)

**Таким образом, частота полей выбирается равной 50 Гц, а частота кадров равна 25 Гц. И хотя в каждом полукадре передается и отображается лишь 312,5 строк, но за счет инерционности зрения изображения двух полукадров воспринимается слитно как один кадр с 625 строками. При этом полоса частот канала снижается до 6.5МГц.**

### **3.3. Яркостные параметры ТВ изображения**

(максимальная яркость, средняя яркость, контраст и число градаций яркости)

Яркостные параметры связаны с эффективностью работы телевизионного экрана и отвечают за контраст изображения, яркость свечения и динамический диапазон – число передаваемых градаций, которые рассмотрим подробнее.

**Контрастом называют отношение яркости самого яркого участка изображения к яркости самого темного (цвет выключенного экрана).** Этот важный параметр характеризует диапазон изменения яркости. Хорошая контрастность делает изображение более естественным и увеличивает его разборчивость. Для примера, контрастность обычного ландшафта около 100, ландшафта в яркий солнечный день – 1000, внутри помещения при освещении – 20-60, мелкие детали на экране ТВ – 5-8, крупные – до 30-40. Однако, **глаз не способен обнаружить сколь угодно малые приращения яркости. Контрастная различительная способность** глаза так же дискретна, как и его разрешающая способность. Она ограничивается собственными шумами зрительной системы и квантовыми флуктуациями света. Минимальное значение яркости светового пятна, обнаруживаемое глазом на черном фоне называют **абсолютным порогом световой чувствительности**. На практике мы наблюдаем детали на каком-то фоне, яркость которого **Вф** также меняется. Экспериментально установлено, что минимальное различимое приращение яркости  $\Delta L$  зависит от величины

начальной яркости – чем выше яркость фона, тем большее приращение может быть замечено. **Отношение  $\Delta V/V_f$  называется дифференциальным порогом или пороговым контрастом.**

**При заданном контрасте зритель может воспринять вполне определенное количество ступеней изменения яркости – полутонов, или градаций яркости.** Экспериментально установлено, что при постоянном диаметре зрачка **человеческий глаз воспринимает в среднем от 80 до 130 градаций яркости.**

Дело в том, что в природе, яркость изменяется в очень больших пределах. Так слабо различимая человеческим глазом яркость составляет примерно  $0,1 \text{ кд/м}^2$ , а слепящая яркость, которую еще можно с трудом терпеть, например, нити накаливания –  $10^7$ . Таким образом **диапазон изменения яркости составляет  $10^8$ .** Однако, зрительная система неспособна воспринять весь этот диапазон и сужает его на сетчатке благодаря механизмам **адаптации** (приспособлению). Человек обладает механизмами **быстрой и медленной адаптации.** Быстрая адаптация производится за счет изменения диаметра зрачка, а медленная адаптация – за счет **выработки на поверхности сетчатки в глазу глазного пурпура – нейтрального поглощающего фильтра.** Эта способность зрения описывается хорошо экспериментально подтвержденным законом Вебера-Фехнера, согласно которому ощущение от изменения яркости пропорционально логарифму этого изменения. Т.е. при изменении яркости от 0.1 до  $10^7$  ощущение будет меняться лишь в 18 раз ( $\ln 10^8 = 18,4$ ).

Все рассмотренные параметры относятся к основам телевидения, так как они одинаковы для черно-белого и цветного изображений. Но для характеристики цветных изображений существуют дополнительные параметры: **светлота, цветность, цветовой тон, насыщенность, чистота тона и т.д.**

## 4. ФОРМИРОВАНИЕ ТВ СИГНАЛА

*Телевизионное изображение*, получаемое за период кадра, состоит из совокупности сотен тысяч или *элементов* — пикселей, значения которых надо скоммутировать на канал передачи. Для этой цели используются процессы последовательного во времени преобразования цвета или яркости элементов изображения объектов в электрические сигналы (ТВ анализ изображения) и электрических сигналов в цвет или яркость элементов ТВ изображения (синтез ТВ изображения). Перемещение развертывающего элемента в процессе анализа и синтеза изображения по определенному периодическому закону называется *разверткой* изображения. Развертывающий элемент может быть реализован в виде электронного луча (электронная развертка), светового (лазерного) луча, светочувствительного элемента в твердотельном датчике видеосигнала и т.д. Независимо от разновидности развертки ее осуществляется специальными генераторами строчной и кадровой развертки, устанавливаемые, как в передающей камере, так и в телевизоре. Причем, для привязки координат пикселей передаваемого и отображаемого на экране телевизора необходимо, чтобы соответствующие генераторы разверток передающей и приемной стороны работали синхронно и синфазно. Для этой цели на передающей стороне используется специальный синхрогенератор. Данное устройство формирует специальные сигналы, которые синхронизируют работу развертывающих устройств передающих камер и вводятся в ТВ сигнал для синхронизации генераторов развертки телевизоров. Таким образом, телевизионный сигнал имеет сложную структуру с временным разделением сигналов, содержащую сигнал изображения (видеосигнал) и сигналы управления. При этом видеосигнал с сигналами управления называют **полным телевизионным сигналом**.

Поскольку в мире телевизионное оборудование производится большим количеством производителей, то для обеспечения нормальной работы телевизоров в различных

регионах и странах, параметры полного ТВ сигнала стандартизированы в пределах используемой телевизионной системы. Поэтому рассмотрим основные параметры телевизионного сигнала, используемых в аналоговом телевидении Узбекистана и большинства стран мира.

#### 4.1. Форма и состав ТВ сигнала

Вид осциллограммы полного телевизионного сигнала (ПТВС) во много зависит от сюжета изображения, поскольку входящий в ее видео сигнал является функцией передаваемых точек яркости. Но в общем случае осциллограмма может иметь вид представленный на рисунке 4.1. В состав ПТВС черно-белого телевидения входят следующие компоненты:

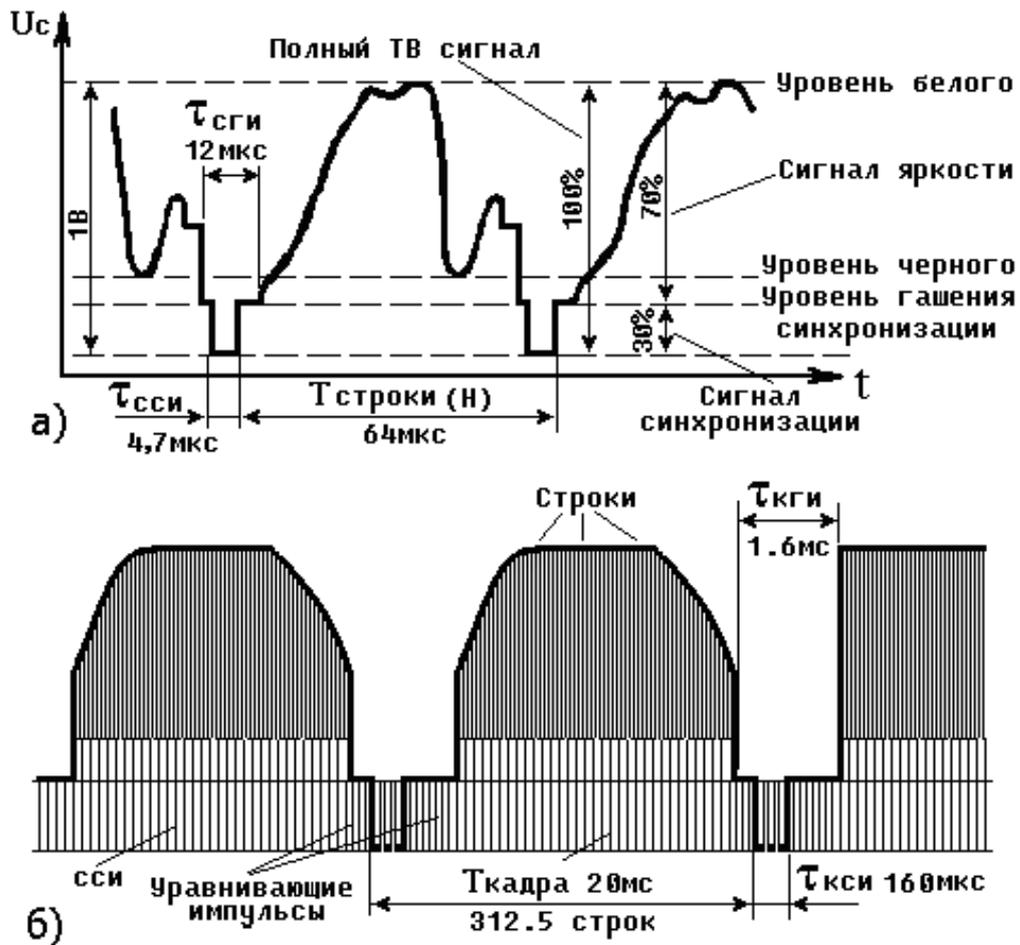


Рис.4.1. Форма ТВ сигнала за период строки (а) и кадра (б)

1. Видео (яркостной) сигнал;
2. Строчные и кадровые гасящие импульсы (СГИ и КГИ).
3. Строчные и кадровые синхронизирующие импульсы (ССИ и КСИ).
4. Врезки в КСИ двойной строчной частоты.
5. Уравнивающие импульсы.
6. Постоянная (яркостная) составляющая.

При этом величина видеосигнала, получаемого на выходе фотоэлектрического преобразователя, является функцией времени и пропорциональна яркости передаваемых элементов изображения, например, для черно-белого изображения показанного на рисунке 4.2, **высокий уровень сигнала соответствует белому цвету соответствует, низкий уровень - черному цвету, а промежуточные уровни сигнала - градациям серого.**

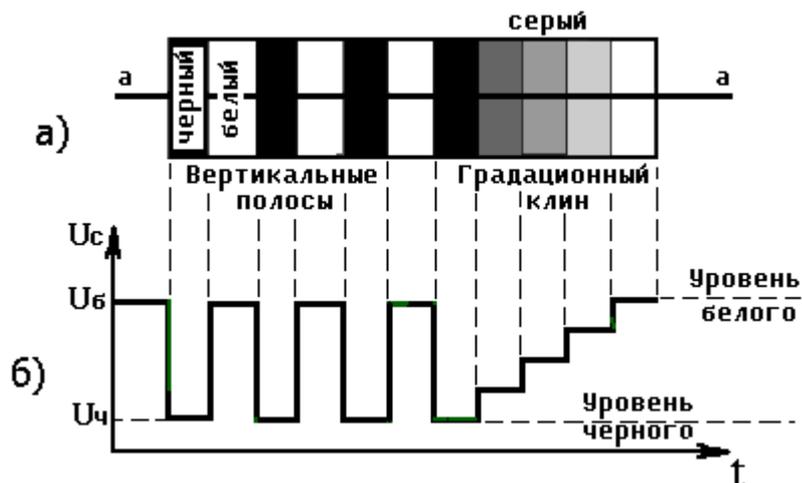


Рис.4.2. Формирование видеосигнала

а) передаваемое изображение, б) сигнал при развертки строки а-а

Рассмотрим назначение основных компонентов ПТВС черно-белого телевидения.

1. **Видео сигнал** несет информацию о яркостях передаваемых точек изображения – это то, что мы видим на экране телевизора.
2. **Строчные к кадровые гасящие импульсы (СГИ и КГИ)** предназначены для гашения лучей передающих трубок и

кинескопа на время обратного хода разверток по строкам и кадрам соответственно. Это необходимо для того, чтобы светлые линии обратного хода не создавали помех на изображении в виде ряби от горизонтальных линий строчной развертки и наклонных линий по экрану от кадровой. **Гасящие импульсы передаются в конце каждой строки и полукадра на уровне близким к уровню черного (рис.4.1).**

- 3. Строчные и кадровые синхронизирующие импульсы (ССИ и КСИ) предназначены для обеспечения синхронной (одновременной) работы развертывающих устройств на передающей и приемной стороне. Этим достигается привязка начала координат разверток по горизонтали и вертикали телевизора и передающего оборудования. Это очень важные составляющие ПТВС, поскольку отсутствие КСИ приведет к срыву кадровой синхронизации, где изображение будет бежать вверх или вниз, а отсутствие ССИ к срыву строчной синхронизации, где изображение будет бежать влево или вправо.**
- 4. Врезки в КСИ** обеспечивают нормальную работу строчной синхронизации во время действия КСИ. **Отсутствие врезок приведет к искажению изображения в верхней части экрана за счет срыва строчной синхронизации во время действия КСИ,** так как при одинаковом размахе синхроимпульсов во время действия КСИ ССИ передаваться не будут.
- 5. Уравнивающие импульсы предотвращают слипание строк четного и нечетного полукадра.** Дело в том, что при через строчной развертке в каждом поле разворачивается 312,5 (целое число + половина) строк. Причем, если нечетный полукадр начинается с начала строки, то четный полукадр со второй половины верхней строки (рис.4.2). При этом меняется интервал между соседними строчными и кадровыми синхроимпульсами. Кроме того, в КСИ нечетного полукадра находится 3 врезки, а в КСИ четного полукадра – 2. Поэтому **для выравнивания импульсной картины в четном и нечетном полукадрах применяют врезки двойной**

строчной частоты, а также вводят специальные уравнивающие импульсы двойной строчной частоты по 5 штук до и после КСИ, как показано на рис.4.3. При этом генератор строчной развертки синхронизируется каждым вторым уравнивающим импульсом или импульсом врезки и поэтому стык между полукадрами проходит гладко.

6. **Постоянная или средняя (яркостная) составляющая** видеосигнала возникает из-за того, что видеосигнал по своей природе не гармонический, импульсный и однополярный (не симметричный). Поэтому такой сигнал содержит постоянную составляющую, величина которой зависит от передаваемого сюжета изображения и может меняться с частотой 2-5 Гц при за счет изменения ракурса съемки.

В телевидении стандартный уровень ПТВС составляет 1 Вольт на нагрузке 75 Ом. При этом, если принять размах всего ПТВС за 100 %, то сигнал изображения (видеосигнал) от уровня белого до уровня черного занимает 70 %, а сигнал синхронизации располагается ниже уровня черного на 30%, т.е. его уровень - чернее черного. Это обеспечивает их надежное отделение от сигналов изображения в приемнике.

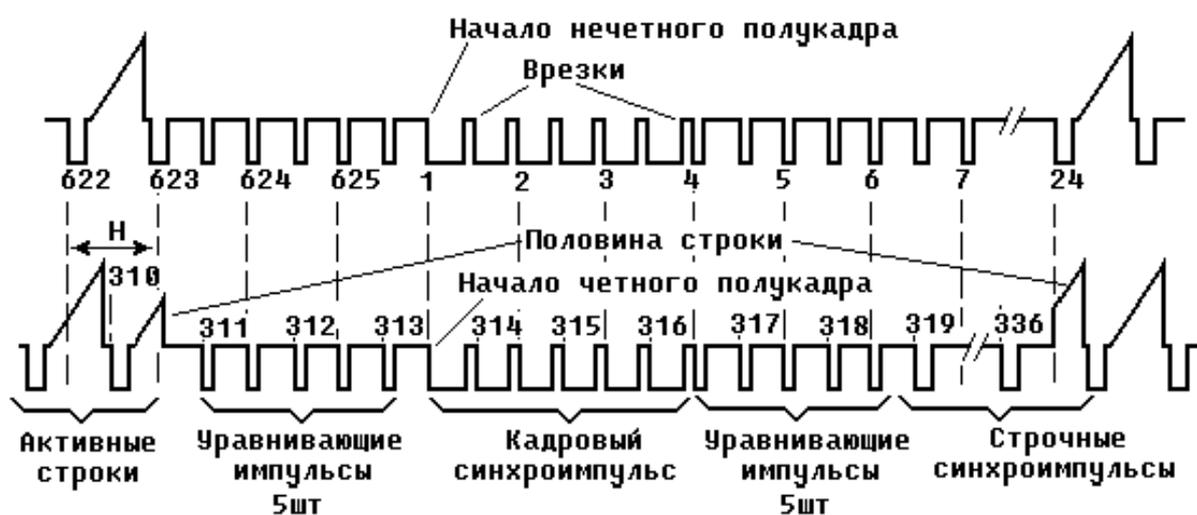


Рис.4.3. Форма ПТВС при через строчной развертке

Таким образом, анализируя видеосигнал, можно сделать следующие выводы:

- он не является гармоническим колебанием, а имеет импульсный характер: в нем могут быть резкие перепады яркостей – границы, и участки одинаковой яркости – плоские вершины импульсов;
- исходный сигнал по своей природе униполярен (имеет одну полярность) и содержит постоянную составляющую;
- его можно представить как периодическую функцию с частотами повторения  $f_c$  и  $f_k$ .

## 4.2. Спектр ТВ сигнала

Спектр частот видеосигнала, это совокупность всех значений частот, которые могут присутствовать в видеосигнале. При этом низкие частоты передают крупные видеообъекты в вертикальной плоскости, а высокие частоты отвечают за передачу мелких деталей изображения. В этом случае максимальное значение частоты спектра будет соответствовать передаче одиночных пикселей. Поэтому для определения нижней граничной частоты видеосигнала воспользуемся изображением с черно-белыми симметричными полосами (рис.4.4).

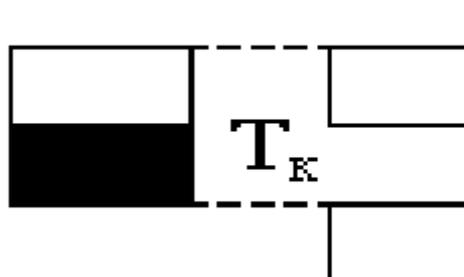


Рис.4.4. Изображение горизонтальных черно-белых полос

Для такого изображения нижняя граница спектра видеосигнала определяется частотой полукадров при чересстрочной развертке, так как невозможно придумать

изображение, для сигнала которого частота была бы ниже. Таким образом нижней частотой спектра ТВ сигнала является 50 Гц.

Кроме того, как было указано выше, телевизионный сигнал содержит постоянную составляющую, которая может изменяться в интервале частот 0-5 Г

Сложнее определить верхнюю границу. Высокие частоты определяют тонкую передачу мелких деталей изображения. Для определения верхней частоты спектра можно определить число пар черных и белых элементов, которое может быть передано и воспроизведено ТВ системой. Поскольку в телевидение стандартом не оговаривается число пикселей в строке, то оно пересчитывается через формат кадра. Это число пикселей в строке равно  $kz/2$ , где  $k = 4/3$  (**формат кадра**). Таким образом Число пар в кадре –  $(kz/2)z$ , а число пар элементов, передаваемых за секунду =  $nkz^2/2$ , где  $n$  – число кадров в секунду. В результате верхняя частота спектра видеосигнала при прогрессивной развертке ( **$n=50$  кадров в секунду**):

$$F_{\max} = kz^2 n / 2 = \frac{4 \times 625^2 \times 50}{3 \times 2} \approx 13 \text{ МГц}$$

При использовании чересстрочной развертки частота кадров снижается в 2 раза (**25 Гц**), соответственно верхняя частота телевизионного сигнала уменьшается до **6,5 МГц**.

На практике, учитывая конечность размеров электронного луча и снижение вертикальной четкости за счет строчной структуры изображения, можно еще снизить верхнюю границу без заметного ущерба качеству изображения. В формулу вводится коэффициент **0,75-0,85**, а частота уменьшается до **5-6 МГц**.

Кроме того, одной из особенностей спектра ТВ сигнала является его дискретно линейчатый спектр состоящий из гармоник строчной частоты, вокруг которых группируются достаточно узкие полосы сигналов боковых частот (рис.4.5), обусловленных вертикальной разверткой и движением деталей изображения. Таким образом образуются дискретные зоны энергии, несущие информацию о передаваемом изображении, причем энергия этих зон уменьшается с ростом номера гармоники

строчной частоты, что используются для передачи сигналов цветного ТВ.



Рис.4.5. Примерный вид спектра ТВ сигнала

### 4.3. Основные параметры стандарта вещательного ТВ

У нас в стране, как и на всем пост советском пространстве, принят стандарт вещательного ТВ со следующими основными параметрами сигналов:

1. **Общее число строк в кадре – 625;**
2. **Число кадров в секунду – 25 при через строчной развертке (рис.3.2-б);**
3. **Число полукадров в секунду – 50, по 312,5 строк в каждом полукадре;**
4. **Формат кадра 4/3;**
5. **Период строчной развертки – 64 мкс ( $f_{стр} = 15625\text{Гц}$ );**
6. **Длительность СГИ –  $12 \pm 03$  мкс (время обратного хода по строке);**
7. **Длительность ССИ –  $4,7 \pm 0,2$  мкс;**
8. **Период кадровой развертки – 20 мс ( $f_k = 50\text{Гц}$ );**
9. **Длительность КГИ – 1612 мкс (время обратного хода по кадру);**
10. **Длительность КСИ – обычно выбирается равной 160 мкс**

Более точная информация о параметрах синхронизирующих и гасящих импульсов полного ТВ сигнала представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

**Параметры сигналов гашения и синхронизации**

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра	Условное обозначение
1	Период строки	64 мкс	H
2	Длительность СГИ	$12 \pm 0,3$ мкс	a
3	Интервал между передним фронтом ССИ и задним фронтом СГИ	10,5 мкс	$b = a - c$
4	Интервал между передним фронтом СГИ и передним фронтом ССИ (передний уступ по строке)	$1,5 \pm 0,3$ мкс	c
5	Длительность ССИ	$4,7 \pm 0,2$ мкс	d
6	Длительность фронтов СГИ	$0,3 \pm 0,1$ мкс	e
7	Длительность фронтов ССИ	$0,2 \pm 0,1$ мкс	f
8	Длительность поля (полукадра)	20 мс	v
9	Интервал между передним фронтом КГИ и КСИ (передний уступ по кадру)	$3 \pm 2$ мкс	g
10	Длительность КГИ	1612 мкс ( $25H + a$ )	J
11	Длительность фронтов КГИ	$0,3 \pm 0,1$ мкс	k
12	Длительность первой последовательности уравнивающих импульсов	2,5 H (160 мкс)	I
13	Длительность последовательности КСИ	2,5 H (160 мкс)	m
14	Длительность второй последовательности уравнивающих импульсов	2,5 H (160 мкс)	n
15	Длительность уравнивающего импульса	$2,35 \pm 0,1$ мкс	p
16	Длительность КСИ	2,5 H (160 мкс)	q
17	Длительность импульсов врезки в КСИ	$4,7 \pm 0,2$ мкс	r

## 5. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Телевизионные фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) являются датчиками телевизионного сигнала, которые преобразуют световую энергию наблюдаемой сцены в электрический сигнал изображения. При этом яркость спроецированного на фоточувствительную поверхность оптического изображения является функцией не только времени, но и координат  $x, y$  в горизонтальном и вертикальном направлениях. Поэтому датчик ТВ сигнала должен обладать способностью преобразовывать значения яркостей отдельных элементов изображения в электрический заряд. Для последовательного считывания ТВ сигнала от отдельных пикселей в преобразователе одновременно с фотопроцессом осуществляется процесс развертки изображения. Закон развертки является одним из основных параметров ТВ сигнала, обеспечивающих возможность его преобразования в телевизионное изображение.

Датчики ТВ сигнала могут быть построены с использованием оптико-механических систем развертки, систем бегущего луча, в которых развертка осуществляется бегущим световым лучом, а также электронно-лучевых трубок и твердотельных фотоэлектрических преобразователей.

Оптико-механические системы используются в фототелеграфии и при передаче неподвижных изображений. Системы бегущего светового луча применяются в ТВ устройствах прикладного назначения, объекты передачи которых могут быть изолированы от внешнего источника света. В современной ТВ технике преобразование осуществляется с помощью передающих электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) и твердотельных датчиков на приборах с зарядовой связью или на КМОП структурах.

## 5.1. Основные показатели ФЭП

Поскольку ФЭП являются главным звеном формирования видеосигнала, то качество изображения зависит во многом от таких параметров этих преобразователей, как **чувствительность, разрешающая способности, световая и спектральная характеристика, инерционность**. Рассмотрим эти параметры.

**Чувствительность** – это параметр показывающий минимальную освещенность светочувствительной поверхности (фотослоя) в **люксах**, при которой обеспечивается заданное соотношение **сигнал/шум**. Чем выше чувствительность датчика, тем меньшая требуется освещенность сцены и появляется возможность работы без специального осветительного оборудования.

**Световая характеристика** – это зависимость тока сигнала на выходе преобразователя от освещенности его фоточувствительной поверхности  $i_c = f(E)$ . То есть данный параметр позволяет судить об интервале освещенностей, в котором способен работать датчик.

**Спектральная характеристика** – это зависимость величины ТВ сигнала от длины волны падающего на датчик излучения равной интенсивности  $i_c = f(\lambda)$ .

**Инерционность** – это параметр, характеризующий запаздывание изменения ТВ сигнала на выходе преобразователя относительно изменения освещенности его фоточувствительной поверхности. Визуально инерционность проявляется на изображении в виде тянущегося следа и размывания границ движущихся объектов передачи. Оценивается инерционность значением остаточного сигнала в % относительно его максимального значения спустя кадр после прекращения экспозиции.

## 5.2. Типы и законы фотоэффекта

Работа фоточувствительных поверхностей основывается на использовании **внешнего или внутреннего фотоэффекта**. При **внешнем фотоэффекте** электроны под действие светового излучения покидают облученное вещество, вылетая в пространство. Данный фотоэффект, называемый **фотоэлектронной эмиссией**, наблюдается в электронно-вакуумных приборах. При **внутреннем фотоэффекте** фотоэлектроны остаются внутри твердого тела, изменяя его проводимость, – **фотопроводимость**. На **внутреннем фотоэффекте** работают **фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и т.д.**

Для фотоэлектронной эмиссии установлены следующие законы внешнего фотоэффекта:

1. **Закон Столетова (основной закон фотоэффекта) – фототок фотоэлемента  $i_f$  пропорционален интенсивности светового потока вызывающего этот ток.**

$$i_f = S\Phi,$$

где,  $\Phi$  – световой поток, лм;  $S$  – чувствительность фотокатода, мкА/лм.

2. **Без инерционность фотоэлектронной эмиссии – фототок следует за изменениями светового потока практически без запаздывания до частоты 100 МГц.**
3. **Закон Эйнштейна – максимальная энергия фотоэлектрона пропорциональна частоте падающего излучения и не зависит от его интенсивности. Она определяется энергией кванта света.**

По принципу действия датчики на ЭЛТ подразделяются на **трубки мгновенного действия и с накоплением зарядов.**

### 5.3. Принцип мгновенного действия и накопления зарядов

**Принцип мгновенного действия** основан на том, что фотоэлектронная эмиссия с каждого элемента изображения используется только при подключении (коммутации) к нагрузке. Следовательно мгновенные значения тока сигнала изображения пропорциональны световому потоку падающему на 1 элемент изображения в течение времени коммутации этого элемента. При этом напряжение сигнала на нагрузке  $R_H$  при замыкании ключа  $K$  на время коммутации этого элемента определяется протекающим током фото эмиссии, как показано на рис.5.1.

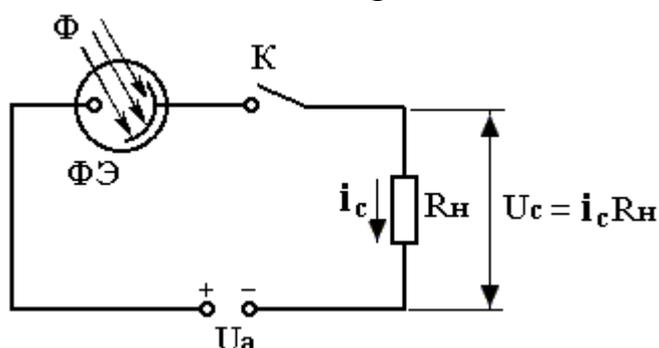


Рис.5.1. Образование сигнала в системе мгновенного действия

Основным недостатком принципа мгновенного действия является низкая световая чувствительность датчиков. Это связано с тем, что в телевизионных матричных преобразователях размеры фоточувствительных пиксельных ячеек очень малы и не превышают 10-15 мкм. Соответственно генерируемый фототок такого пикселя и напряжение сигнала также будут очень малы. Поэтому для получения приемлемого соотношения сигнал/шум требуется сильное освещение мощными источниками света.

**Принцип накопления зарядов.** Основным недостатком систем мгновенного действия является их низкая чувствительность, поскольку у них в образовании сигнала участвуют лишь те фотоэлектроны, которые эмитируются с участка фотокатода, соответствующего одному элементу

изображения во время коммутации, хотя фотоэмиссия происходит со всей мишени постоянно.

Повысить эффективность работы фото преобразователей можно за счет использования **принципа накопления заряда**, заключающегося в том, что световая энергия, облучающая элемент в меж коммутационный период, **накапливается на специальном накопительном конденсаторе  $C_э$**  (рис.5.2.а).

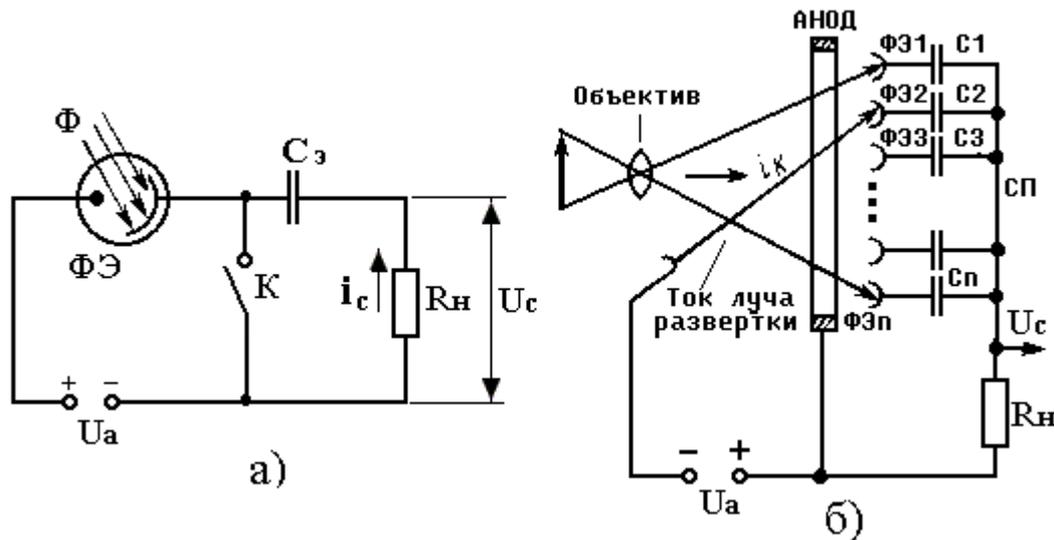


Рис.5.2. Принцип накопления световой энергии:  
 а - эквивалентная схема; б – модуль ТВ системы с накоплением

Емкость  $C_э$  за счет фотоэмиссии накапливает заряд в течении кадра (40 мс), а поскольку увеличение светового потока сопровождается увеличением фототока, то элементы имеющие разную освещенность получают различные заряды. Сигнал с элементарного конденсатора  $C_э$  получается в результате его быстрого разряда коммутирующим лучом развертки за время  $t_э$  на нагрузочный резистор  $R_н$ , причем, в идеале принцип накопления увеличивает напряжение сигнала в  $N$  раз, равное количеству элементов разложения, поскольку:

$$Q_{зар} = i_{\phi} T_k; \quad i_{раз} = Q_{зар}/t_э = i_{\phi} T_k / t_э = i_{\phi} N; \quad u_{ср} = R_н i_{\phi} N,$$

где,  $N$ -количество элементов разложения (пикселей). Однако, на практике реальный выигрыш получается меньше.

Рассмотренный процесс накопления зарядов реализован в ряде передающих трубок содержащих мозаичную фотомишень, эквивалентная схема которой представлена на рис.5.2,б. Она состоит из изолированных ячеек, каждая из которых содержит фотоэлемент и накопительный конденсатор. При проекции оптического изображения в цепях фотоэлементов (ФЭ) возникает ток, пропорциональный освещенности, поэтому конденсаторы заряжаются до различных значений, образуя потенциальный рельеф. Преобразование потенциального рельефа в сигнал изображения происходит путем последовательной коммутации, электронным лучом развертки, накопительных конденсаторов в цепь нагрузки. Токи разряда накопительных конденсаторов, протекая через резистор нагрузки, включенный в цепь сигнальной пластины (СП) создают на нем сигнал изображения.

На внешнем фотоэффекте основана работа таких передающих трубок как – **ДИССЕКТОР** (от лат. dissecō — **рассекатель**) и **СУПЕРОРТИКОН**, внешний вид которых представлен на рисунках 5.3 и 5.4 соответственно.

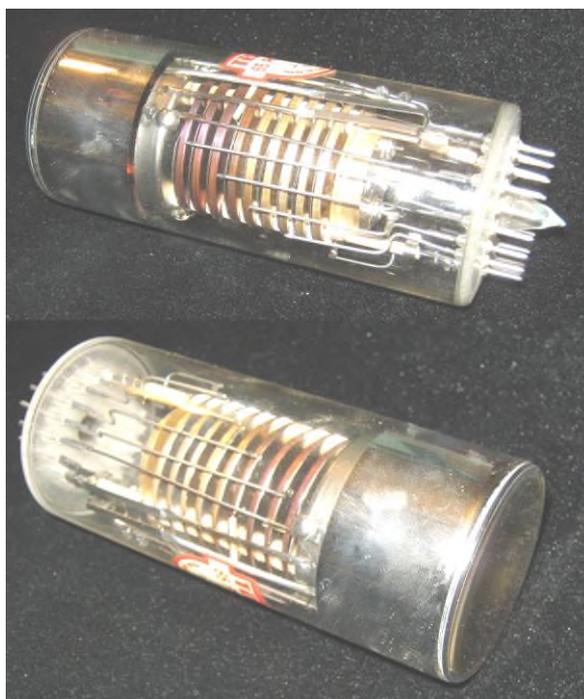


Рис.5.3. Внешний вид телевизионной трубки типа Диссектор



Рис.5.4. Внешний вид телевизионной трубки типа Суперортикон

Из передающих трубок мгновенного действия интерес представляет диссектор, разработанный американцем Фансфором в 2931 году. Оригинальность данного прибора заключается в том, что в нем развертка осуществляется отклонением фотоэлектронного потока имитируемого с фотокатода без использования электроннолучевой пушки. Отсутствие электроннолучевой пушки обеспечивает диссектору практически неограниченный ресурс работы. А низкая чувствительность метода в последующих разработках частично компенсировалась применением многокаскадного фотоумножителя.

Конструкция современного диссектора (рис.5.5) состоит из стеклянной колбы внутри которой имеется **полупрозрачный фотокатод (ФК), ускоряющий электрод (УСЭ), диафрагма с отверстием, диоды вторично-электронного умножителя (ВЭУ), коллектор,** а снаружи трубки располагаются **отклоняющие катушки (ОК) строчной и кадровой развертки и фокусирующая катушка, создающая вдоль трубки однородное магнитное поле.** В отличие от других передающих трубок в диссекторе отсутствует электронно-лучевая пушка

и поэтому развертка в нем осуществляется отклонением электронного изображения перед отверстием **диафрагмы**, которое является **развертывающей апертурой**. В диссекторе различают 3 секции:

- 1- оптико-электронного преобразования
- 2- переноса и отклонения электронного изображения
- 3- вторично-электронного умножителя.

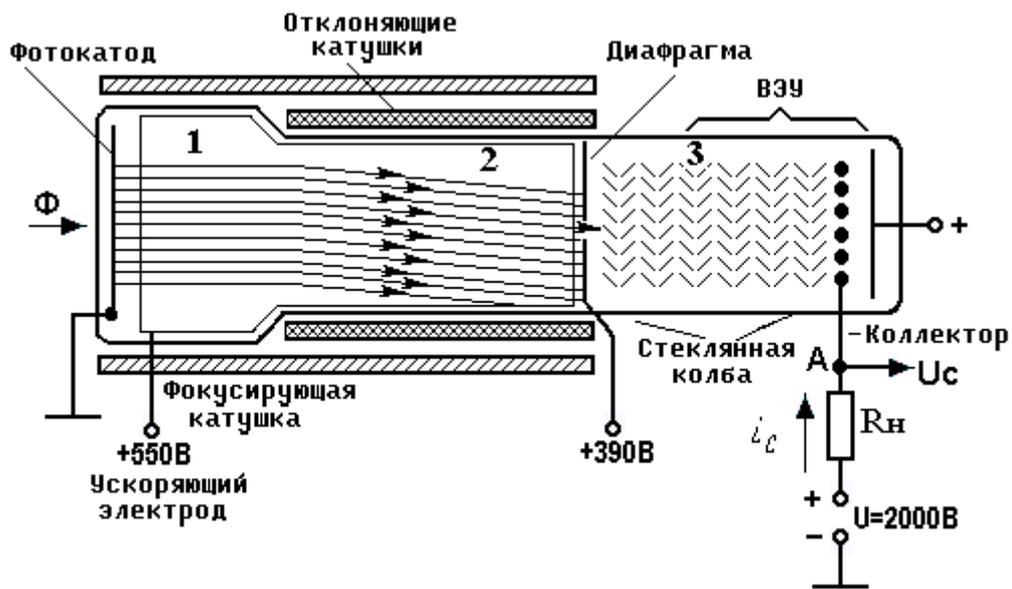


Рис.5.5. Схема устройства трубки типа ДИСЕКТОР

Световое изображение преобразуется в электронное на полупрозрачном светочувствительном слое **фотокатода**, нанесенном на внутреннюю поверхность планшайбы трубки. За счет падающего светового потока из поверхности фотокатода выбиваются фотоэлектроны. Причем, число фотоэлектронов зависит от яркости элементов изображения – чем ярче изображение, тем больше фотоэлектронов. Далее это электронное изображение переносится в плоскость диафрагмы с помощью ускоряющего напряжения, приложенного к **УСЭ** в магнитном поле **ФК**. В плоскости **диафрагмы** под действием отклоняющего поля **ОК** электронное изображение перемещается относительно **отверстия диафрагмы** по закону развертки. При этом

**фотоэлектроны** с различных участков **ФК** попадают через отверстие на первый **динод ВЭУ** в котором мгновенное значение фототока усиливается за счет размножения вторичных электронов. Питание на диноды подается таким образом, что потенциал каждого последующего динода выше предыдущего, таким образом выбитый электрон из 1 динода ускоряется полем 2 динода и выбивает из него уже 2 электрона и так далее.

Коэффициент усиления **ВЭУ** достигает **100000**, что позволяет поучить ток сигнала порядка **100 мкА** отрицательной полярности.

**Диссекторы** имеют линейную световую характеристику при освещенности фотокатода от десятых долей люкса до нескольких тысяч, обеспечивают хорошее воспроизведение градаций яркости и высокую разрешающую способность. Современные диссекторы обладают высокой механической прочностью, виброустойчивостью и могут работать в большом интервале температур. Кроме того, они после подачи питающих напряжений мгновенно готовы к работе, поэтому они активно используются в различных системах прикладного **ТВ**, обеспечивающих автоматизацию производственных процессов, слежение за слабосветящимися точечными объектами в телескопах и астронавигации, чтении микрофильмов, а также в телекинопроекционных установках и т.д.

#### **5.4. Телевизионные ФЭП на ЭЛТ**

**Передающая телевизионная трубка** — это общее название большого класса электронно-лучевых устройств, преобразующих изображение движущееся предметов в пространстве в телевизионный видеосигнал. Данные приборы являлись главной составной частью телевизионных передающих камер и видеокамер до появления полупроводниковых светочувствительных матриц.

Первые телевизионные передающие трубки (ТПТ), разработанные в 30-х годах прошлого века, использующие внешний фотоэффект, имели малую чувствительность и лучше всего работали при дневном солнечном освещении. К таким приборам относились трубки типа: **иконоскоп, супериконоскоп, суперортикон и суперизокон**. Основным недостатком данных приборов была низкая чувствительность, небольшой срок службы и сложность стабилизации параметров при изменении температуры и питающих напряжений. Потом были создан большой класс приборов на основе внутреннего фотоэффекта, позволяющего намного увеличить их чувствительность и надежно работать при освещении, создаваемом полной луной. Первый созданный прибор на внутреннем фотоэффекте с накоплением заряда был создан в 50-х годах прошлого века и получил название **Видикон** (англ. *Vidicon*, от лат. *Video* — вижу и др.-греч. εἰκόν — изображение). Позже на основе видикона был создан целый ряд приборов с различными фотомишенями — **плюмбикон, кремникон, суперкремникон, сатикон, супервидиконы, пировиликон** и т.д.

В настоящее время ТПТ в вещательном телевидении уже не используются, но продолжают находить применение в прикладном телевидении. Поэтому рассмотрим принцип построения и работы некоторых наиболее распространенных телевизионных передающих трубок.

### **Видикон**

Видикон (англ. *Vidicon*, от лат. *Video* — вижу и др.-греч. εἰκόν — изображение) — телевизионный передающий электронно-лучевой прибор с накоплением заряда, действие которого основано на внутреннем фотоэффекте. Материалом мишени служат тонкие (около 5 мкм) слои полупроводниковых материалов: аморфный селен, трёхсернистая сурьма, окись свинца с добавкой сернистого свинца, а также германий и кремний. Это наиболее распространенный тип передающей телевизионной трубки в которой считывание зарядов

осуществляется пучком электронов, формируемым и отклоняемым магнитным и электростатическим полями. Идея такой трубки была предложена в 1925 советским инженером А. А. Чернышёвым, а первые отечественные эксплуатационные образцы появились в 1950 г.

Изображение в видиконе проецируется на плоскую мишень из полупроводникового материала, на котором накапливается потенциальный рельеф. Мишень сканируется электронным лучом, подключающим считываемый участок к нагрузке. Рельеф при этом разрушается и восстанавливается к моменту следующего прохода луча.

Видиконы создают сигнал изображения при минимальной освещённости мишени от десятых долей до десятков люкс, обеспечивая разрешающую способность от 400 до 10 000 линий. Чувствительность передающих телевизионных камер на видиконе ограничена шумами усилителя и растёт при их уменьшении. Если потери из-за такого ограничения велики (например, при сверхвысоком разрешении), то используются видиконы, в которых отражённый от мишени луч усиливается вторично-электронным умножителем.

Видикон отличается простотой конструкции, небольшими размерами и массой и является высоконадежной и дешевой передающей трубкой.

Конструкция **видикона** представлена на рис.5.6, где:

**СП** – сигнальная пластина (фотомишень);

**ВС** – выравнивающая сетка;

**ФК** – фокусирующие катушки;

**ОК** – отклоняющие катушки;

**КК** – корректирующие катушки;

**А1** – первый анод;

**А2** – второй анод

**Ф** - световой поток;

**Uс** – напряжение выходного сигнала.

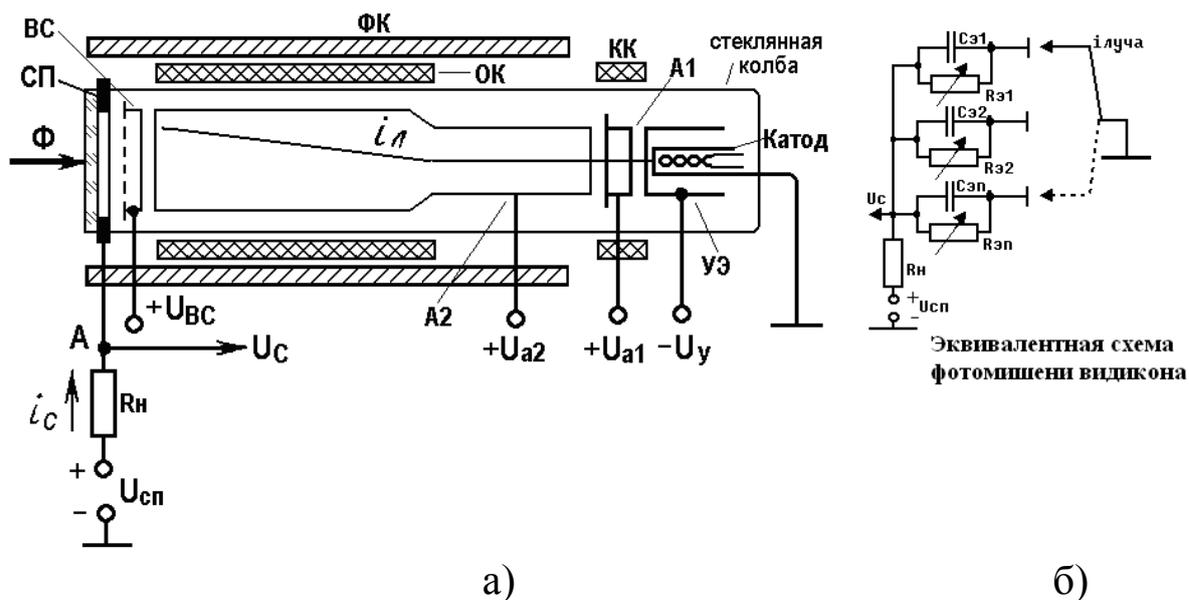


Рис.5.6. Схема устройства видикона (а) и эквивалентная схема фотомишени (б)

Трубки типа **видикон** содержат 2 основных узла: **фотомишень** и **электронную пушку**. **Фотомишень** состоит из **фотослоя** и **сигнальной пластины**, которая представляет собой проводящий слой **золота**, **платины** или **оксида олова**, нанесенную на внутреннюю поверхность планшайбы и имеющую прозрачность более 90% и поверхностное сопротивление 200 Ом\*см. На СП нанесен фотослой толщиной 1...3 мкм из **соединения сурьмы, мышьяка, серы**. Материал, из которого изготовлена мишень и его толщина определяют чувствительность, спектральную характеристику и инерционность видикона. Электронно-оптическая система содержит электронную пушку и мелкоструктурную выравнивающую сетку (BC) помещенную перед фотомишенью.

Пушка состоит из **подогреваемого катода**, **управляющего электрода (УЭ)**, **первого (А1)** и **второго (А2) анодов**. Второй анод создает эквипотенциальную область, в которой происходит фокусировка и отклонение развертывающего луча. Потенциал выравнивающей сетки в 1,5-2 раза превосходит напряжение второго анода, что обеспечивает подход электронов ко всей поверхности фотомишени под прямым углом. Это обеспечивает равномерную фокусировку луча, и одинаковый исходный

потенциал на всей поверхности мишени, что является одним из условий получения равномерного сигнала по всему полю изображения.

**Фокусировка, отклонение и коррекция** траектории электронного луча осуществляется **внешней магнитной системой**, состоящей из **длинной фокусирующей катушки (ФК), отклоняющих (ОК) и корректирующих (КК) катушек.**

На рис.5.6,б представлена эквивалентная схема фотомишени видикона, которая поясняет процесс образования видеосигнала. На этой схеме каждый элемент фотомишени представлен емкостью конденсатора  $C_э$ , образованного элементами сигнальной пластины и правой стороны мишени, который зашунтирован резистором  $R_э$ , изменяющий свое сопротивление в зависимости от интенсивности освещенности этого участка. При отсутствии освещения фотослой имеет высокое – «темновое» сопротивление. При освещении мишени за счет поглощения энергии излучения внутри фотослоя возникают носители тока. При проекции изображения на мишень, сопротивления  $R_э$  оказываются различными и соответственно возникает рельеф сопротивлений. При коммутации пучком медленных электронов потенциал правой стороны мишени устанавливается равным потенциалу катода = 0 (заземлен). Тогда под действием тока луча емкости заряжаются до потенциала сигнальной пластины. Между двумя коммутациями (период кадра) происходит разряд емкостей через элементарные сопротивления, а так как эти сопротивления разные (чем выше освещенность, тем меньше сопротивление), ток разряда будет тоже изменяться (меньше сопротивление – больше ток), и за это время оставшийся заряд на емкостях будет разный (большой ток – сильнее разрядится емкость – меньше потенциал останется). Таким образом, рельеф сопротивлений преобразуется в потенциальный рельеф. Сигнал изображения образуется при последовательном прохождении участков мишени электронным лучом, выравнивающим рельеф, при этом на неосвещенных участках ток будет почти равен 0, т.к. здесь сопротивление было большим, значит, разряда почти не произошло, и от луча

электроны отбираться не будут. А на ярких участках, где произошел почти полный разряд, луч потеряет большое количество электронов, т.е. ток заряда будет большим.

### **Характеристики видикона**

**Спектральная характеристика видикона** определяется свойствами фотомишени (соединения сурьмы, селена, мышьяка, серы) и могут быть чувствительны к **инфракрасному, видимому, ультрафиолетовому, рентгеновскому излучениям.**

**Световая характеристика** определяется зависимостью фотопроводимости мишени от освещенности и от заряда конденсатора, т.е. от напряжения на сигнальной пластине. Характеристика **нелинейна**, причем нелинейность изменяется при различных напряжениях на сигнальной пластине ( $\gamma = 0,6 - 0,8$ ). Она мало зависит от характера распределения освещенностей, что позволяет обеспечить высокий контраст.

Во время обратного хода луч запирается, т.е. ток полностью отсутствует. Для правильной передачи информации об уровне черного необходимо, чтобы на темных участках изображения тока тоже не было, т.е. не было бы разряда совсем. Но поскольку темновое сопротивление не равно бесконечности  $R_s \neq \infty$ , то небольшой разряд накопительных конденсаторов все же будет происходить, и на темных участках протекает «темновой» ток, который отличается от тока во время гасящих импульсов. Причем этот ток зависит от напряжения на сигнальной пластине и может быть неравномерен по площади мишени. Поэтому при выборе режима работы трубки стремятся к получению минимального «темнового» тока, что увеличивает равномерность сигнала.

**Полярность сигнала** видикона отрицательная.

**Разрешающая способность** характеризуется апертурной характеристикой: структурой, размерами и конечным значением поверхностной проводимости фотомишени и сечением коммутирующего луча. Так при размере рабочего участка мишени **9.5x12.5 мм** диаметр сечения луча не должен превышать 15 мкм при токе луча 0.5 мкА, поэтому первоначально были созданы трубки с диаметром мишени до 40 мм, которые

обеспечивают вполне приемлемый сигнал при 600 строках. **Высокое качество изображения обеспечивается при освещенности мишени в пределах 1-10 лк, что соответствует высокой и средней чувствительности.**

#### **Достоинства видикона:**

- простота конструкции и малые размеры;
- относится высокая чувствительность;
- способность к передаче информации о постоянной составляющей;
- отсутствие искажений сигнала изображения, связанных с эффектом перераспределения электронов;
- низкая стоимость при высокой надежности трубки.

**Недостатком видикона** является его инерционность, которая проявляется в виде тянущегося следа за движущимися объектами. При этом различают 2 составляющих инерционности:

1. **фотоэлектрическая**, которая обусловлена физическими процессами в фотомишени и зависит от материала, количества примеси, технологии изготовления и уровня освещенности;
2. **коммутационная** инерционность возникает из-за недостаточного значения тока электронного луча развертки, в результате чего тока луча не хватает для полного стирания потенциального рельефа на мишени за время кадра и соответственно возникает остаточное изображение, которое накладывается на изображение нового кадра.

Для уменьшения коммутационной инерционности можно увеличить ток луча, однако, поскольку электроны – это заряженные частицы, то при увеличении их плотности в луче сила отталкивания увеличивается и сечение луча увеличивается. Соответственно луч захватывает несколько соседних пикселей и четкость изображения ухудшается. Поэтому уменьшить инерционность можно только за счет уменьшения емкости накопительных конденсаторов.

**Промышленностью выпускались видиконы с диаметрами колб 13.3, 26.7, 30.4, 38.4 мм (типа ЛИ-415, ЛИ-418, ЛИ-421, ЛИ-426), которые широко использовались в различных прикладных телевизионных установках и кинопроекторных установках.**

Внешний вид трубок типа **ВИДИКОН ЛИ-441** представлен на рис.5.7.



Рис.5.7. Внешний вид трубок типа ВИДИКОН ЛИ-441

Следует отметить, что мишени видикона, отличающиеся большим разнообразием по конструкции (одни состоят из двух или трёх слоев, другие имеют мозаичную структуру или включают гладкие и пористые прослойки), делятся на фоторезистивные и фотодиодные. В фоторезистивных мишенях процесс разряда определяется объёмными свойствами фотопроводящего слоя и фотоэффект в них характеризуется значительной инерционностью.

Типичный материал фоторезистивных мишеней — трёхсернистая сурьма, но также используются и аморфный Se и некоторые другие.

В фотодиодных мишенях разряд определяется свойствами р-п перехода, которые обеспечивают полное разделение световых носителей и в связи с этим уменьшается инерционность и увеличивается линейность световой характеристики и предельная чувствительность прибора. В качестве материала таких мишеней обычно служат PbO, Si, CdSe и др.

В зависимости от типа используемой мишени видиконы делятся на **кремниконы, плюмбиконы, кадмиконы, сатиконы, нью-викконы, халниконы, эндиконы** и др.

Для цветного телевидения созданы видиконы, генерирующие два или три видеосигнала.

По способу формирования развертки видиконы могут быть разделены на две основные группы:

- с магнитным отклонением считывающего луча
- с электрическим отклонением считывающего луча

В телевизионных камерах, как правило, используются видиконы с магнитным отклонением. А видиконы с электростатической системой развертки весьма перспективны для систем технического зрения промышленных роботов, так как позволяют увеличить скорость развертки и реализовать нестандартные ее виды, в том числе радиальную, спиральную. Кроме того, при их использовании более простыми средствами достигается высокая линейность отклонения луча, размер раstra не зависит от частоты отклоняющих сигналов и отсутствует поворот изображения при изменении напряжения на фокусирующем электроде.

В настоящее время близкими по разрешению к видиконам и другим передающим телевизионным трубкам являются матрицы на ПЗС.

### **Плюмбикон**

**Плюмбикон** – название трубки с фотодиодной мишенью из окиси свинца фирмы «Филипс», (Нидерланды). **Российский**

аналог называется - **глетикон**

Широкому использованию **видикона** в вещательном ТВ препятствует его инерционность, которая складывается из коммутационной и фотоэлектрической составляющих. Для уменьшения фотоэлектрической инерционности необходимо использовать материал с низкой концентрацией ловушек обеспечивающий прохождение носителей тока без рекомбинации, а для уменьшения коммутационной инерционности, необходимо уменьшить емкость элементарного конденсатора мишени за счет изменения его геометрии что приводит к уменьшению времени дозаряда этого конденсатора. Однако, при этом падает постоянная времени разряда  $C\tau$ , что приводит к неполному использованию эффекта накопления. Устранение этого недостатка возможно при замене **фоторезистивной мишени** на мишень **фотодиодного типа с p-i-n переходом** включенным в обратном направлении. Это обеспечивает малую инерционность фотоэффекта, высокое темновое сопротивление и близкую к линейной световую характеристику.

**Конструкция и принцип работы плюмбикона** аналогичен **видикону** (рис.5.8). А отличие заключается только в структуре фотомишени, которая представлена на рис.5.9.

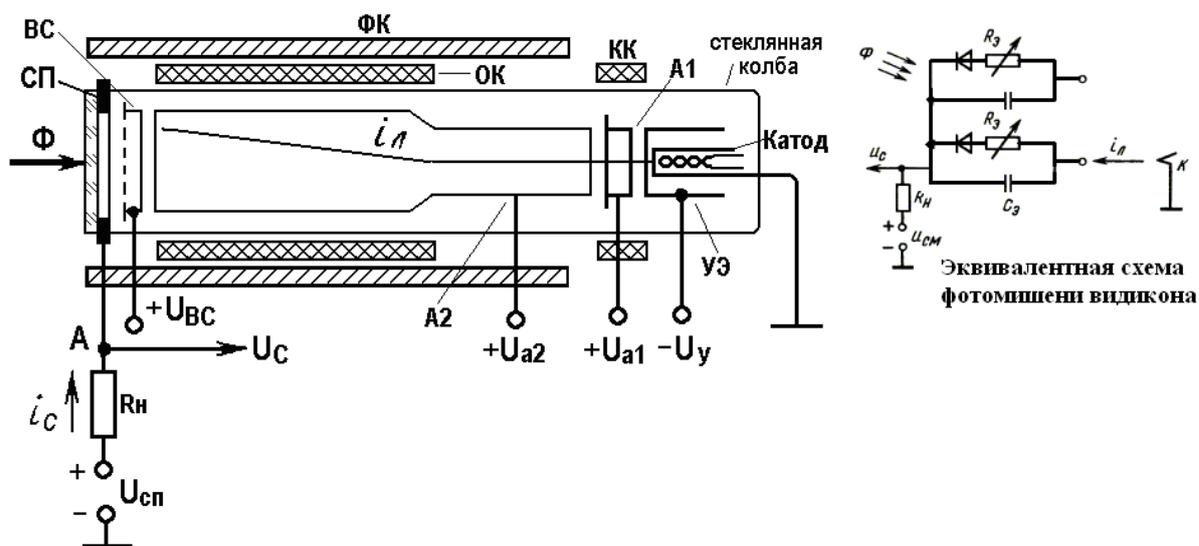


Рис.5.8. Схема устройства плюмбикона

Фоточувствительный слой плюмбикона состоит из трех слоев окиси свинца. Слой, обращенный к прожектору, имеет «дырочную» проводимость, а обращенный к сигнальной пластине - электронную проводимость. Между ними находится чистая окись свинца, определяющая чувствительность и разрешающую способность трубки. На рис.5.9. представлена эквивалентная схема фотомишени плюмбикона, где:

1. Противоореольный фильтр.
2. Стеклаянная планшайба.
3. Сигнальная пластина – прозрачный слой чистой окиси свинца.
4. Прозрачный слой полупроводника n типа
5. Тонкий слой химически чистой окиси свинца, обладающий собственной проводимостью -  $i$  проводимости.
6. Прозрачный слой полупроводника p типа с большей проводимостью, чем слой 5.

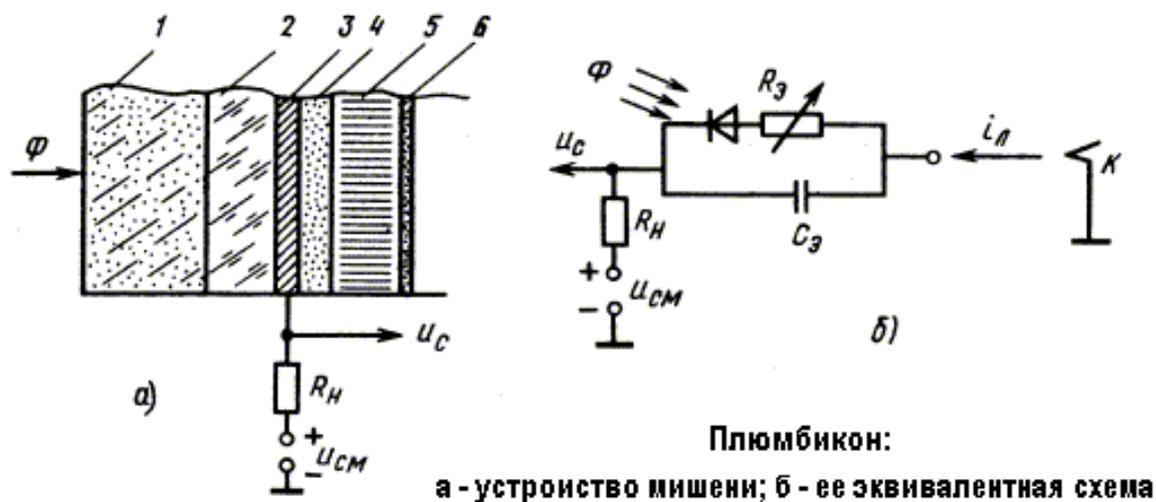


Рис.5.9. Конструкция фотомишени плюмбикона

Сигнальная пластина и слой n прозрачны. Слой  $i$  с выполнен из кристаллов пластинчатой формы с размерами  $0.1 \times 3 \times 0.05$  мкм, ориентированных параллельно направлению света. Такая структура мишени позволяет увеличить скорость дрейфа и уменьшить рекомбинацию носителей. Это позволяет увеличить толщину мишени не увеличивая фотоэлектрической инерционности, что дает возможность уменьшить емкость

накопителя и увеличить ее чувствительность за счет более полного поглощения света.

Из-за большой ширины запрещенной зоны  $i$  скорость тепловой генерации носителей тока мала, что уменьшает темновой ток и увеличивает темновое  $R$  мишени, а в момент коммутации  $p-i-n$  переход смещается в обратном направлении, что дополнительно увеличивает  $R_{эт}$ .

Однако, повышенное диффузное рассеяние света в материале вызывает образование ореолов и бликов вокруг ярких деталей, поэтому на плюмбикон устанавливается противоореольный стеклянный диск толщиной около 6 мм.

Световая характеристика плюмбикона линейна в широком диапазоне освещенности, а малый разброс показателя нелинейности  $0,95 \pm 0,05$  является большим достоинством плюмбикона при работе в многотрубочных камерах цветного телевидения.

При площади кадра  $12,8 \times 17$  мм<sup>2</sup> ПЛЮМБИКОН, обеспечивает высококачественное изображение с разрешением по полю 600 линий и отношением сигнал-шум 200/1 при чувствительности порядка 1 лк, которая в отличие от ВИДИКОНА не зависит от  $U$  на сигнальной пластине, поэтому для регулировки чувствительности меняют  $K_{ус}$  ВУ.

Существенное преимущество плюмбикона перед видиконом является его малая инерционность (остаточный сигнал спустя кадр  $\leq 5\%$ ). Причем, для большего снижения инерционности при передачи движущихся объектов с низким уровнем освещенности применяется дополнительная подсветка мишени.

При освещенности мишени, превышающую рабочую в 2-3 раза, потенциальный рельеф возрастает настолько, что ток луча развертки не может полностью его стереть. При этом возникают искажения в виде тянущегося следа («хвоста кометы») за ярко освещенными движущимися объектами. Для устранения этого дефекта в последних трубках (ЛИ-457, ЛИ-458) был применен специальный антикометный прожектор который

**«пересвеченные» участки мишени дополнительно стирает увеличенным током луча (100-150 мкА) во время обратного хода строки, что обеспечивает полное стирание остаточного сигнала даже при освещенности превышающую нормальную более чем в 30 раз.**

Внешний вид трубки типа ПЛЮМБИКОН представлен на рис.5.10.



Рис.5.10. Внешний вид трубки типа плюмбикон ЛИ-457, ЛИ-458

Плюмбиконы имеют высокое отношение сигнал/шум, порядка 200:1 и чувствительность, превышающую чувствительность видикона. Кроме того, в отличие от видиконов чувствительность плюмбиконов не изменяется при изменении напряжения сигнальной пластины, поэтому на ней устанавливается фиксированный потенциал.

Отличительной особенностью этих трубок является большая линейность световой характеристики и независимость темнового тока от напряжения на сигнальной пластине. Неравномерность поля в плюмбиконе для некоторых образцов не превышает 1%. Плюмбикон имеет пониженную спектральную чувствительность в длинноволновой области. Кривая его спектральной чувствительности имеет максимум на 0,5 мкм и резкий спад в длинноволновой области спектра.

## Кремникон

Другой разновидностью видикона с полупроводниковой мишенью является ТПТ типа **кремникон** (siliconvidicon), названная по материалу мишени (Si). В отличие от плюмбикона, имеющего сплошную полупроводниковую мишень, мишень кремникона состоит из мозаики большого ( $\sim 5 \cdot 10^5$ ) количества фотодиодов (p-n переходов).

Трубки с мозаичной кремниевой мишенью, называемые **силиконами** или **кремниконами** активно применяется для астрономических наблюдений.

В отличие от видиконов, у которых мишень напыляется в виде аморфного слоя, в кремниконах используется мелкоструктурная мозаичная мишень. Она делается из кремниевой пластины, имеющей электронную проводимость. С одной стороны пластины вытравлено большое количество углублений, в которых диффузионным методом внедрен кремний с дырочной проводимостью. На границе между n-кремнием и p-кремнием образуются p-n переходы (рис.5.11).

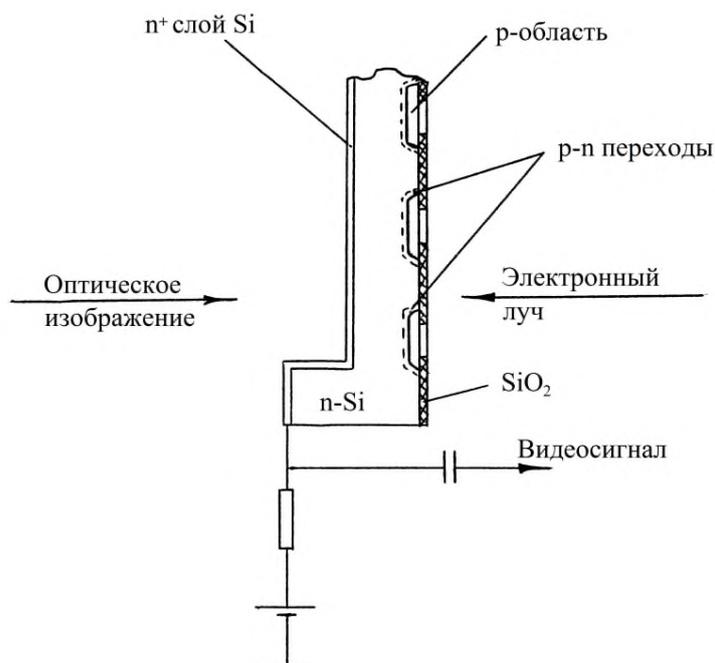


Рис.5.11. Эквивалентная схема мишени кремникона

Механизм образования сигнала заключается в следующем. На проводящий слой кремния, имеющий контакт с сигнальной пластиной, подается небольшое положительное смещение. Обратную сторону мишени, на которой расположены диоды, коммутирует электронный луч. При отсутствии освещения он доводит потенциалы диодов до потенциала термоэмиссионного катода трубки. В результате к каждому диоду приложено напряжение смещения, равное разности потенциалов между сигнальной пластиной и катодом (рис.5.11).

При облучении светом кремниевой базы в ней возникает пара носителей зарядов «дырка» - электрон на каждый поглощенный фотон. «Дырка» диффундирует к ближайшему диоду и уменьшает сопротивление диода, нейтрализуя один электрон.

В однодюймовом кремникоде используется пластина кремния n-типа диаметром 20-25 мм с удельным сопротивлением 4-15 Ом·см. Диоды, расположенные на поверхности мишени со стороны электронного прожектора, имеют диаметр 4-10 мкм, а расстояние между их центрами (шаг мозаики) 10-20 мкм. Первоначальная толщина пластины 150-200 мкм. В центральной части она вытравливается до толщины 10-15 мкм. Толстое периферийное кольцо обеспечивает необходимую прочность мишени. Мишень, как и в обычном видеоконе, располагается на плоском дне колбы n-слоем к стеклу. При работе, как у всех видеоконв, сфокусированный электронный луч, сканируя поверхность мишени со стороны мозаики, заряжает p-области и поверхность разделяющего их окисла до потенциала катода. Так как n-область находится под постоянным положительным потенциалом (6-10 В), диоды оказываются смещенными в обратном направлении. Пока луч переходит от первого диода к последнему, диоды остаются обратносмещенными и, если мишень не освещена, и их емкости переходов разряжаются только током утечки, который очень мал. При этом величина обратного напряжения на диодах практически не меняется за время кадра, если ток каждого диода меньше  $10^{-13}$  А.

При проецировании на мишень оптического изображения в пластине кремния n-типа генерируются электрон-дырочные пары. Под действием градиента концентрации дырки диффундируют к p-n переходам и, попадая в области обеднения, увлекаются полем в p-область. В результате потенциал p-областей возрастает и диодные емкости разряжаются и на диодной стороне мишени накапливается потенциальный рельеф, соответствующий распределению освещенности в проецируемом на мишень изображении. Теперь, сканируя поверхность мишени, электронный луч дозаряжает диоды до первоначального потенциала. Ток дозарядки и составляет ток сигнала, который пропорционален накопленному сигналу и, следовательно, освещенности.

При очередном считывании потенциал диода доводится опять до потенциала катода, а через сигнальную пластину протекает ток сигнала.

**Преимуществом кремникона** является линейная зависимость величины сигнала от количества поглощенных фотонов. Каждый поглощенный фотон дает один заряд, который нейтрализует также один заряд. Минимальный обнаруживаемый сигнал в кремникоме регистрируется при образовании около 1000 носителей заряда и ограничивается шумами усилителя.

**Разрешающая способность** кремниконов определяется дискретной структурой мишени. Ячейка диода имеет диаметр около 15 мкм, а промежутки между диодами равны 10-25 мкм. Возможно дальнейшее уменьшение размеров диодов и увеличение плотности их размещения на кремниевой базе до  $10^6$  на  $1 \text{ см}^2$ .

**Кривая спектральной чувствительности** кремникона простирается от 0,35 до 1,2 мкм. Ограничение чувствительности в коротковолновой области спектра обусловлено материалом входного окна трубки, а в длинноволновой - прозрачностью кремниевой пластины. Квантовый выход мишени кремникона в максимуме спектральной чувствительности составляет около 85%, а на длине волны 1,1 мкм около 6%. У кремниконов

меньшая инерционность по сравнению с видиконами и большая способность накопления, достигающая одного часа без заметного изменения качества изображения.

Достоинства кремникона позволяют применять его для фотометрических работ, тем более, что динамический диапазон рабочих освещенностей кремникона имеет величину порядка 7000.

С помощью кремникона, имеющего матрицу с 256x256 диодами на одном квадратном сантиметре, при считывании в течение 3,3 сек были получены изображения Марса в 20 отрезках длин волн в диапазоне от 0,38 до 1,1 мкм. Выходной сигнал кодировался и обрабатывался на ЭВМ, причем авторы утверждают, что точность фотометрирования лучше 1%. С помощью кремникона при времени накопления 100 секунд на 1,5-метровом телескопе получены изображения звезд.

Также делаются попытки увеличения чувствительности кремникона путем сочленения его с электронно-оптическим преобразователем.

На рис.5.12 представлен вариант внешнего вида ТПТ типа кремникон.



Рис.5.12 Внешний вид трубки типа Кремникон

### **Суперкремникон**

В этой трубке происходит докоммутационное усиление фотоэлектронов и видеосигнал снимается непосредственно с мишени.

Суперкремникон состоит из секции изображения и секции считывания (рис.5.13). Многощелочной фотокатод, нанесенный на входное окно трубки (сферизованный волоконно-оптический диск), обладает высокой чувствительностью к видимому свету. Фотокатод эмитирует фотоэлектроны пропорционально

интенсивности изображения, оптически проецируемого на ВХОДНОЕ ОКНО.

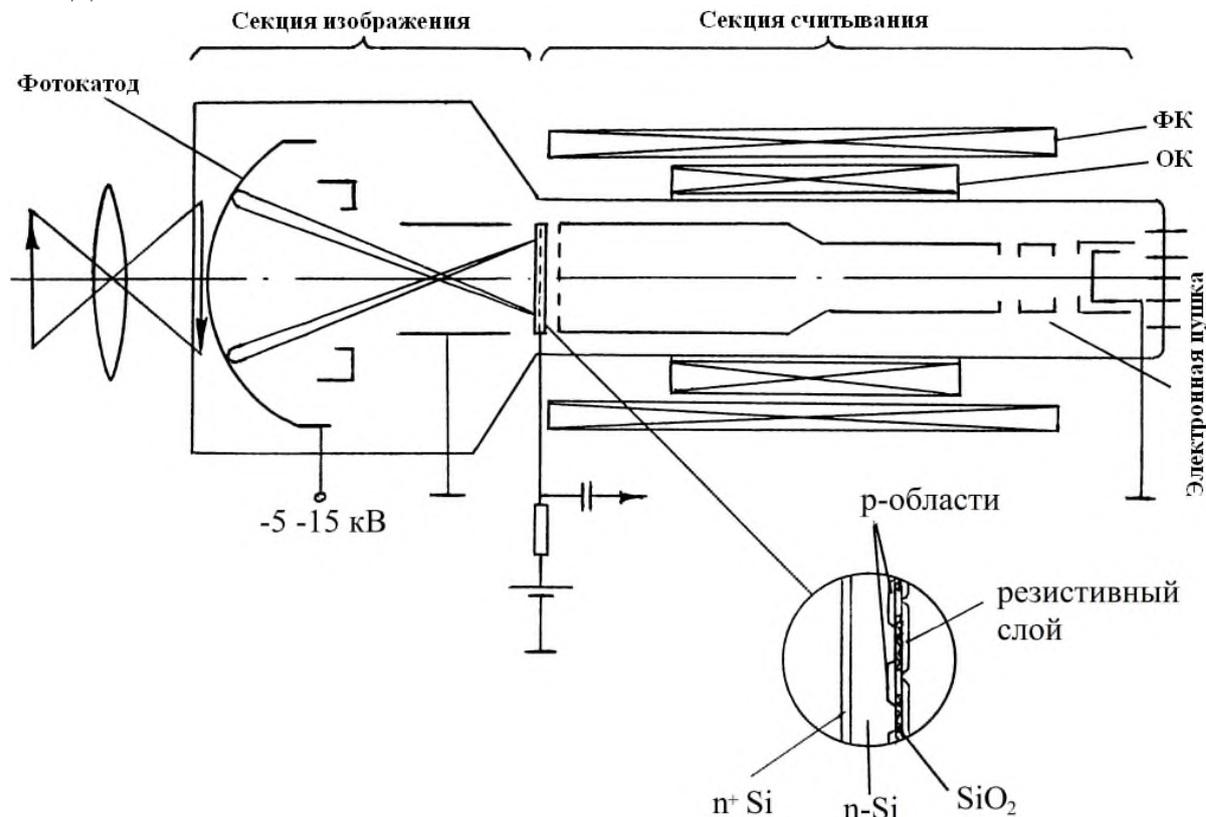


Рис.5.13. Устройство суперкремникона

где, ФК – фокусирующие катушки, ОК – отклоняющие катушки.

Секция изображения состоит из электростатических фокусирующих линз, которые ускоряют (рабочее напряжение выбирается в диапазоне 5-15 кВ) электроны изображения с фото катода к диодно-мозаичной мишени (аналогичной мишени кремникона). Основанием мишени служит слой кремния с электронной проводимостью. К этому слою, выполняющему функцию сигнальной пластины, подводится небольшое (5-15 В, положительное относительно катода прожектора) напряжение.

При бомбардировке мишени электронами изображения в ней генерируется большое количество электрон-дырочных пар (для образования одной электрон-дырочной пары в кремнии требуется энергия 3,6 эВ). Диоды, сканируемые пучком медленных электронов, находятся под обратным смещением.

Возбужденные дырки диффундируют к диодам и разряжают их, так что на сканируемой стороне мишени устанавливается зарядовый потенциал изображения. Перезаряжая диоды, сканирующий пучок электронов дает ток сигнала во внешней цепи. Секция считывания такая же, как и у видикона.

Суперкремникон обладает чувствительностью в несколько сотен раз большей, чем видиконы, что позволяет работать при освещенности фотокатода порядка  $10^{-5}$  лк с удовлетворительным качеством изображения. Разрешающая способность достаточно высока (как и в кремниконе) и может достигать 800 строк на высоту мишени. При этом инерционность суперкремникона сравнительно небольшая и остаточный сигнал во втором кадре обычно не превышает 10%.

### Супервидиконы

К особым устройствам преобразования оптического излучения следует отнести преобразователи спектра излучения, например, рентгеновского, ультрафиолетового или инфракрасного излучения, а также преобразователи для усиления яркости слабосветящихся объектов, которые получили названия Супевидиконы (рис.514).

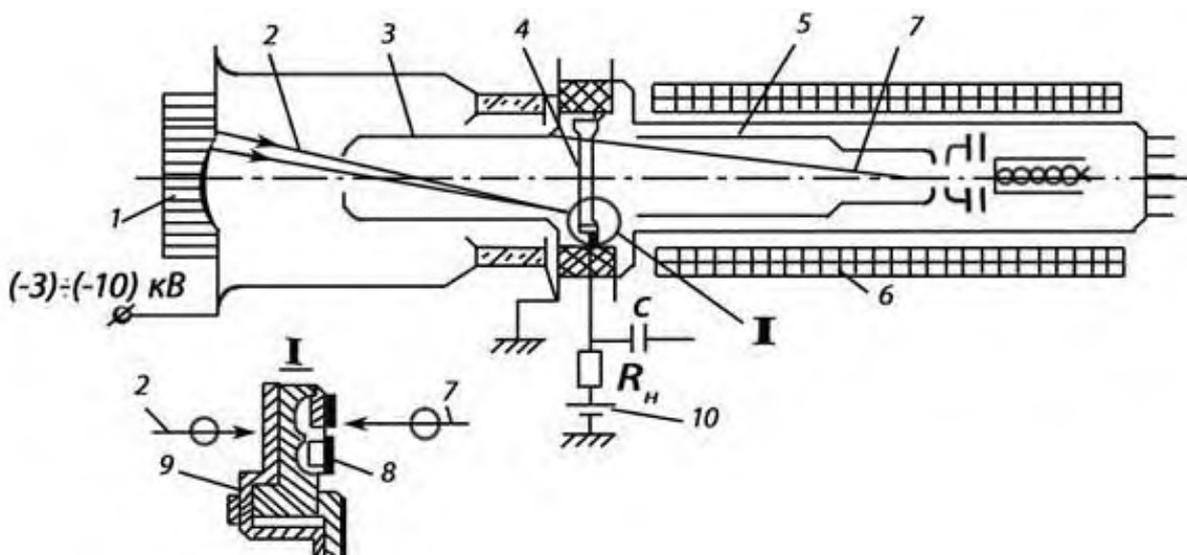


Рис.5.14. Схема устройства супервидикона:

- 1 – фотокатод;
- 2 – фотоэлектроны;
- 3 – ускоряющий фокусирующий электрод;
- 4 – кремниевая диодно-мозаичная мишень;
- 5 – система фокусирующего считывающего луча;
- 6 – магнитная система отклонения и фокусировки;
- 7 – электроны считывающего луча;
- 8 – p- области мозаики с контактными площадками к ним;
- 9 – подложка монокристаллического кремния n- типа;
- 10 – источник смещения сигнальной пластины

Спектральная характеристика чувствительности и квантовый выход у супервидикона определяются параметрами фотокатода 1. Квантовый выход такого фотокатода примерно равен 10 %, а реальное усиление составляет около 200.

Если электроны с фотокатода направить на кремниевую мишень, придав им энергию около 10 кэВ, то в мишени будет получено усиление, примерно равное 2000.

Усилителем яркости также называют электронно-оптический преобразователь (ЭОП). Конструкция ЭОП аналогична конструкции камеры переноса суперкремникона. Отличие заключено только в том, что место кремниевой мишени занимает экран, люминесцирующий под воздействием ускоренных электронов. В ЭОП фотоны, попадающие на фотокатод, освобождают фотоэлектроны с квантовым выходом примерно равным 10 ... 20 %. Эти фотоэлектроны после фокусировки и ускорения до  $(1 \dots 1,5) \cdot 10^4$  эВ бомбардируют люминофор, испускающий фотоны в характерной для него спектральной области. Общая эффективность преобразования у ЭОП составляет 1...4 % , что при энергии в  $(1 \dots 1,5) \cdot 10^4$  эВ обеспечивает усиление около 200.

Применение стекловолокна в построении ЭОП позволяет обеспечить электростатическую фокусировку, что даёт возможность осуществлять непосредственную без промежуточной оптики стыковку с приборами, имеющими

стекловолокно на входе, или стыковку между собой нескольких секций ЭОП для увеличения коэффициента усиления.

### **Пировидикон**

Передающую телевизионную трубку с пироэлектрической мишенью в качестве чувствительного слоя называют **пировидиконом** или **приконом**. Принцип действия и конструкция пировидикона аналогичны принципу действия и конструкции видикона. Здесь фоточувствительный катод заменен пироэлектрической мишенью в виде тонкой пластины пироэлектрического кристалла, не требующей охлаждения. Входное окно, к которому прикрепляется мишень, обычно выполняется из германия. На сторону мишени, прилегающую к входному окну, наносится тонкослойный электрод, прозрачный для ИК - излучения. На другую сторону ее наносится пленка, защищающая пироэлектрический кристалл от разрушения ионами, генерируемыми электронным пучком, считывающим зарядный рельеф мишени. В качестве материала мишени целесообразно выбирать пироэлектрики с наименьшей диэлектрической проницаемостью и малой тепловой диффузией, например триглицинсульфат (ТГС) и дейтерированный триглицинфторбериллат (ДТГФБ). Пироэлектрические материалы чувствительны лишь к изменению температуры. Поэтому ИК-излучение, которое строит изображение на пироэлектрической мишени, должно быть переменным, для чего в систему с пировидиконом устанавливается специальный модулятор (обтюратор) либо в отдельных случаях такая система работает в панорамирующем режиме, при котором она медленно перемещается относительно просматриваемого пространства. Для сохранения чувствительности пировидикона постоянной при изменениях окружающей температуры в конструкцию прибора в непосредственной близости от диафрагмы, ограничивающей сечение считывающего пучка электронов, вводится нагревательный элемент, который обеспечивает постоянство температуры мишени.

Для снижения тепловой диффузии пироэлектрическую мишень разбивают на отдельные малоразмерные элементы, помещая их на подложку с низкой теплопроводностью (сетчатая мишень). Пировидикон отличается от обычного видикона тем, что высокочувствительные ферроэлектрики (сегнетоэлектрики), используемые в качестве пироэлектрических мишеней и являющиеся хорошими изоляторами, не пропускают постоянный ток. Постоянная составляющая электронного луча, считывающего мишень, заряжает ее. Если луч не заземлять, мишень, которая представляет собой емкость, может полностью зарядиться, и работа пировидикона прекратится. Во избежание этого постоянный ток не должен протекать по цепи видеосигнала, а положительный заряд, равный отрицательному, перенесенному считывающим электронным лучом, должен периодически возобновляться. Для этого используют различные методы создания положительного (базового) заряда, или пьедестала. Наибольшими преимуществами обладает метод, основанный на вторичной электронной эмиссии свободной поверхности пироэлектрической мишени, сканируемой пучком медленных электронов, при котором положительный заряд образуется во время обратного хода электронного луча, т. е. вне времени считывания ИК-изображения.

В пировидиконах превалируют шумы Джонсона на мишени, базового тока и предусилителя видеосигнала. Последние заметно превышают внутренний шум пироэлектрического материала, обусловленный в основном шумом Джонсона, возникающим из-за диэлектрических потерь.

В системах с пировидиконами в соответствии с отмеченными особенностями используются устройства синхронизации прерывания входного сигнала и сканирования мишени и схемы вычитания базового тока из полного видеосигнала. Сигнал, появляющийся при каждом открывании обтюратора, инвертируется, а затем считывается непосредственно с экрана системы отображения или же видеосигнал сначала подается в сумматор изображений

(отдельных кадров), а потом воспроизводится в системе отображения.

Специальный процессор в составе электронного модуля пирикона, работающий в реальном масштабе времени, позволяет путем попарного сравнения разнополярных сигналов в полукадрах (положительных при нагреваемой открытой мишени и отрицательных при остывающей закрытой) повысить геометрическое разрешение мишени с 120.. . 130 до 160... 180 телевизионных линий (ТВЛ).

Из-за переменной полярности сигнала, снимаемого с выхода пироэлектрического приемника при открывании и закрывании модулятором его чувствительной площадки, может возникнуть мерцание изображения. Это мерцание устраняют, используя в электронном тракте пирикона схемы (накопители), в которых видеосигнал суммируется по нескольким кадрам, а затем передается на систему отображения. При этом отношение сигнал-шум улучшается на 25...30%.

Области применения пириконов весьма разнообразны: в системах охранной и пожарной сигнализации, при дистанционных измерениях температуры, космических исследованиях, в лазерной измерительной аппаратуре, военной технике, в медицине и др. Эти сравнительно недорогие приемники, работающие в широком диапазоне частот и температур, имеют низкое энергопотребление.

Низкая теплопроводность пироэлектрических кристаллов позволяет создавать многоэлементные структуры с низкими перекрестными тепловыми помехами между отдельными элементами чувствительного слоя. Пироэлектрические приемники самой различной формы и размеров технологичны и сравнительно недороги.

Несмотря на то, что удельная обнаружительная способность в пироэлектрических одноплощадочных приемников почти на два порядка хуже, чем одноплощадочных охлаждаемых фотонных (квантовых) приемников, режим накопления и осреднения, в котором работают их отдельные элементы (при частоте кадров 25 Гц время полукадра примерно 20 мс, а число

элементов пироэлектрической мишени пирикона эквивалентно нескольким десяткам тысяч единичных приемников), позволяет получить большое отношение сигнал-шум, пропорциональное корню квадратному из числа накапливаемых сигналов.

Рабочий спектральный диапазон базе пироэлектрических мишеней практически неселективен и ограничивается пропусканием материалов оптической системы и прозрачностью среды распространения сигнала (атмосферы).

В то же время в силу ряда причин (большие габариты, сложность технологии изготовления и конструкции, недостаточно высокие чувствительность и геометрооптическое разрешение и др.) системы с пировидиконами до сих пор используются недостаточно широко.

Промышленность серийно выпускает пировидиконы со сплошной мишенью диаметром около 16 мм, изготовленной из триглицинсульфата и имеющей чувствительность порядка 5...13 мкА/Вт. Они обеспечивают  $ДТп = 0,1...0,5$  К (например, тепловизор ТЭМП-1, созданный НПП «Гамма» совместно с НИИ «Платан» и СКБ филиала Института радиоэлектроники РАН).

Пировидиконы **ЛИ492** и **ЛИ492С** с сетчатой мишенью, работающие в спектральном диапазоне 8... 14 мкм и имеющие трубку диаметром около 27 мм и длиной 164 мм (у ЛИ492) и 132 мм (у ЛИ492С), обеспечивают разрешение до 300 телевизионных линий (рис.5.15).



Рис.5.15. Внешний вид трубки типа ПИРОВИДИКОН ЛИ492

## 5.5. Твердотельные матричные ФЭП на ПЗС

Основным недостатком телевизионных передающих трубок является то, что параметры разверток (скорость, линейность и угол отклонения) являются функцией тока в отклоняющих катушках. Соответственно при изменении питающих напряжений и линейности изменения тока будет изменяться размер изображения и его геометрическое подобие (сжатое или растянутое). То есть трубкам с лучевой разверткой принципиально свойственны геометрические искажения, для компенсации которых применяются специальные схемы стабилизации размеров и коррекции геометрических искажений. Кроме того относительно большие размеры трубок не позволяют миниатюризировать размеры передающих камер.

Однако, развитие твердотельной технологии и технологии тонкопленочных покрытий позволило разработать твердотельные матричные ФЭП с зарядовой связью (ПЗС) с числом элементов разложения, соответствующим стандарту ТВ вещания.

ПЗС был изобретен в 1969 году Уиллардом Бойлом и Джорджем Смитом в лабораториях Белла (AT&T Bell Labs). Первоначально приборы с зарядовой связью разрабатывались как устройства компьютерной памяти, в которых можно было только поместить заряд во входной регистр устройства. Однако способность элемента памяти накапливать заряд благодаря фотоэлектрическому эффекту сделала данное применение ПЗС устройств основным.

**В основе ПЗС лежат свойства структуры металл - окисел-проводник, способной собирать, накапливать и хранить зарядовые пакеты неосновных носителей в локализованных потенциальных ямах, образующихся у поверхности полупроводника под действием электрического поля.** Зарядовые пакеты возникают под действием светового излучения, а переносятся путем управляемого перемещения потенциальных ям в требуемом направлении. Таким образом, ПЗС работает как аналоговый сдвиговый регистр, способный собирать, накапливать и хранить зарядовую информацию.

**Основным достоинством ПЗС** является отсутствие геометрических искажений. Это связано с тем, что жесткая структура пиксельных элементов обеспечивает перенос зарядовой информации внутри полупроводника к единственному выходному устройству, преобразующему зарядовые пакеты в сигнал изображения. Таким образом в ПЗС формируется **жесткий растр**.

Основу ПЗС составляют конденсаторы МОП структуры (рис.5.16) одной из обкладок, которого служит металлический электрод, второй – полупроводниковая подложка, диэлектриком служит слой двуокиси кремния толщиной 0.01 мм.

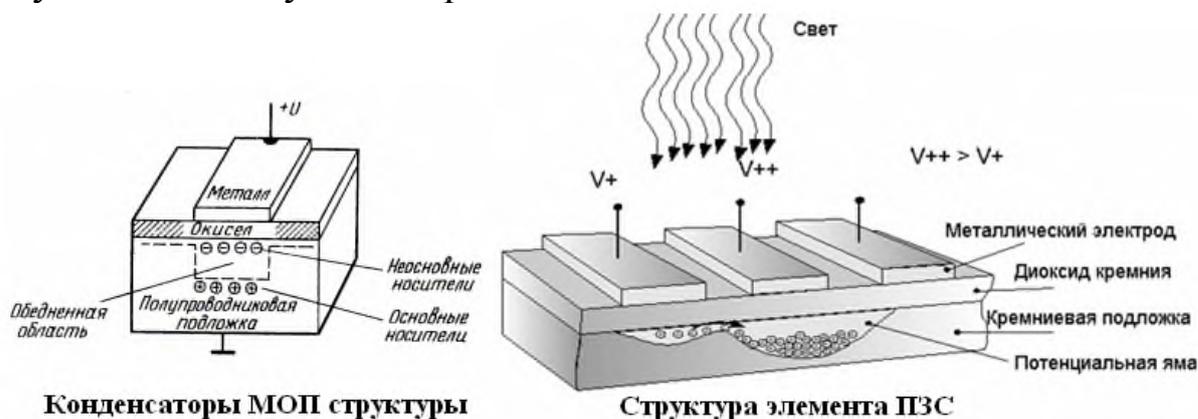


Рис.5.16. Общий принцип построения ПЗС матриц

В полупроводнике дырочного типа основными носителями являются дырки, поэтому если приложить к металлическому электроду положительный потенциал, то дырки будут отталкиваться в глубь полупроводника. Соответственно под электродами образуется область обедненная носителями – **потенциальная яма**. При этом глубина ямы зависит от напряжения на затворе, степени легирования полупроводника и толщины окисла. Т.о. изменяя  $U$  затвора можно эффективно управлять глубиной потенциальной ямы. Однако, время жизни потенциальной ямы ограничено паразитным процессом термогенерации неосновных носителей заряда (**ННЗ**). Дело в том, что в кремнии всегда генерируются пары носителей - электрон-дырка. Под действием электрического поля основные носители зарядов (**ОНЗ**) «отгоняются» в толщину, а ННЗ

постепенно заполняют яму. Это паразитный процесс, а время заполнения ямы называется **временем релаксации**.

Динамика перемещения зарядовых пакетов представлена на рис.5.17. Каждый электрод прибора подключен к одной из 3 тактовых шин **Ф1,Ф2,Ф3**. В такт ( $t_1$ ) подано  $+U_2$  в результате чего под этими электродами образуются потенциальные ямы, в которых могут накапливаться и храниться **ННЗ**. Время хранения равно времени действия  $U_2$ , а режим работы ячейки под  $\Phi_1$  наз **режимом хранения**. В  $t_2$  на электрод  $\Phi_2$  подается  $+U_3$ , значение которого в 1.5-2раза  $>U_2$  (**U записи**). Под этими электродами образуются более глубокие ямы в которые перетекают электроны из электродов  $\Phi_1$ . Режим при котором электроны перетекают из одних из одних потенциальных ям в другие, называют **режимом записи**. В  $t_3$   $U_{\Phi_1}, U_{\Phi_3}$  уменьшается до  $U_2$ , что соответствует **режиму хранения** а  $U_{\Phi_2}$  до  $U_1$ , что предотвращает возврат зарядового пакета назад.

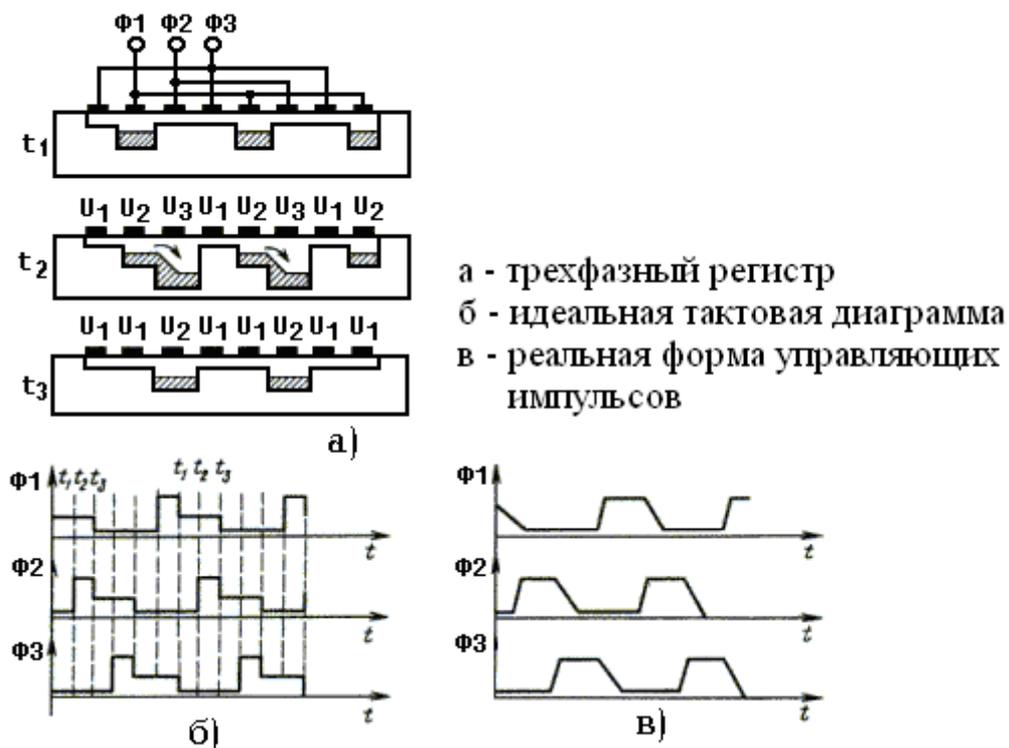


Рис.5.17. Принцип перемещения зарядовых пакетов в сдвиговом регистре ПЗС

Спектральная чувствительность ПЗС-матриц зависит от типа кремниевой подложки, но общая характеристика является результатом фотоэффекта: **более длинные волны (красный и ИК свет) глубже проникают в кремниевую структуру ПЗС.** Типичная спектральная кривая ПЗС-матрицы показана на рис. 5.18.

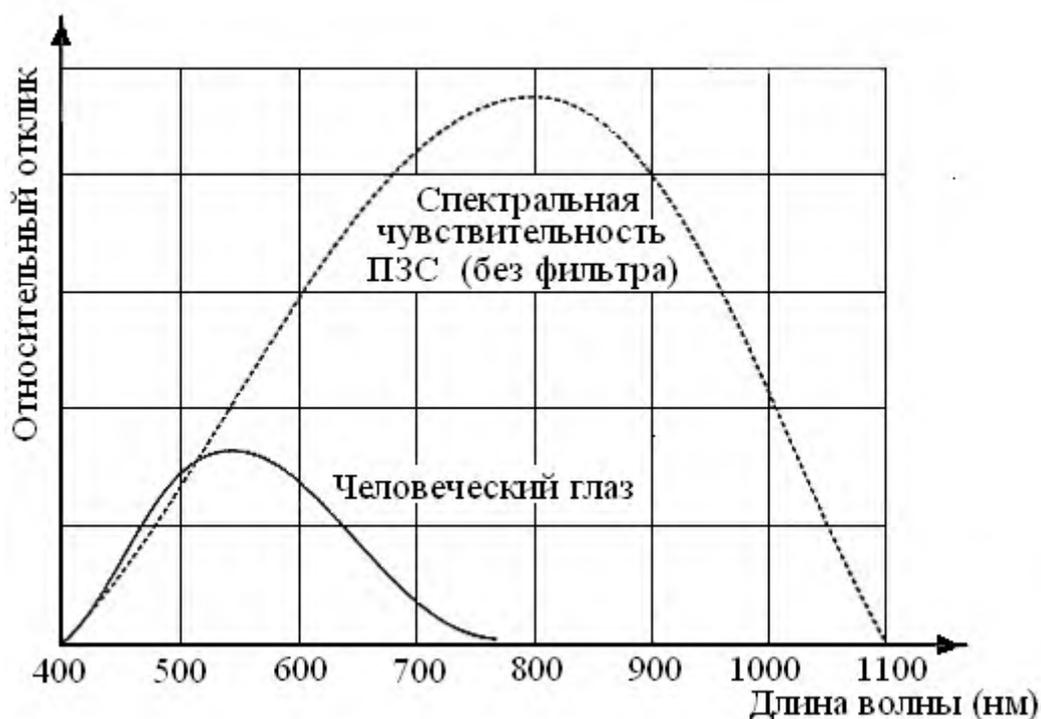


Рис.5.18. Спектральная кривая ПЗС-матрицы

Такая высокая чувствительность ПЗС матриц в инфракрасном диапазоне в телевидении может создать паразитную генерацию носителей в тех зонах, которые не должны подвергаться воздействию света. В результате за счет паразитной засветки в изображении могут пропасть мелкие детали, потому что заряд ячеек растечется по соседним, теряя при этом компоненты высокого разрешения и вызывая «эффект заплывания» (blooming). Также возможно проникновение зарядов в область памяти временного хранения зарядов и не предназначенная для засвечивания. В результате чего могут в значительной степени возрасти шум и вертикальный ореол (smear). Поэтому в усовершенствованных ПЗС-телекамерах применяются специальные **оптические инфракрасные**



строки поэлементно выводятся на выходное устройство где преобразуются в видеосигнал.

Однако такие ПЗС имеют ряд существенных недостатков:

- Наблюдается вертикальное смазывание изображения за счет генерации носителей под действием света во время переносе зарядов в секцию хранения. Этот смаз особенно заметен при передаче ярких деталей изображения и полностью может быть ликвидирован только механическим перекрытием светового потока;
- Возникает неравномерное расположение строк в растре, поскольку третий электрод каждого элемента матрицы оказывается незадействованным при формировании зарядного рельефа.

Для устранения указанных недостатков были изобретены матрицы со **строчным переносом**.

**ПЗС со строчным переносом** имеет структуру представленную на рис.5.20.

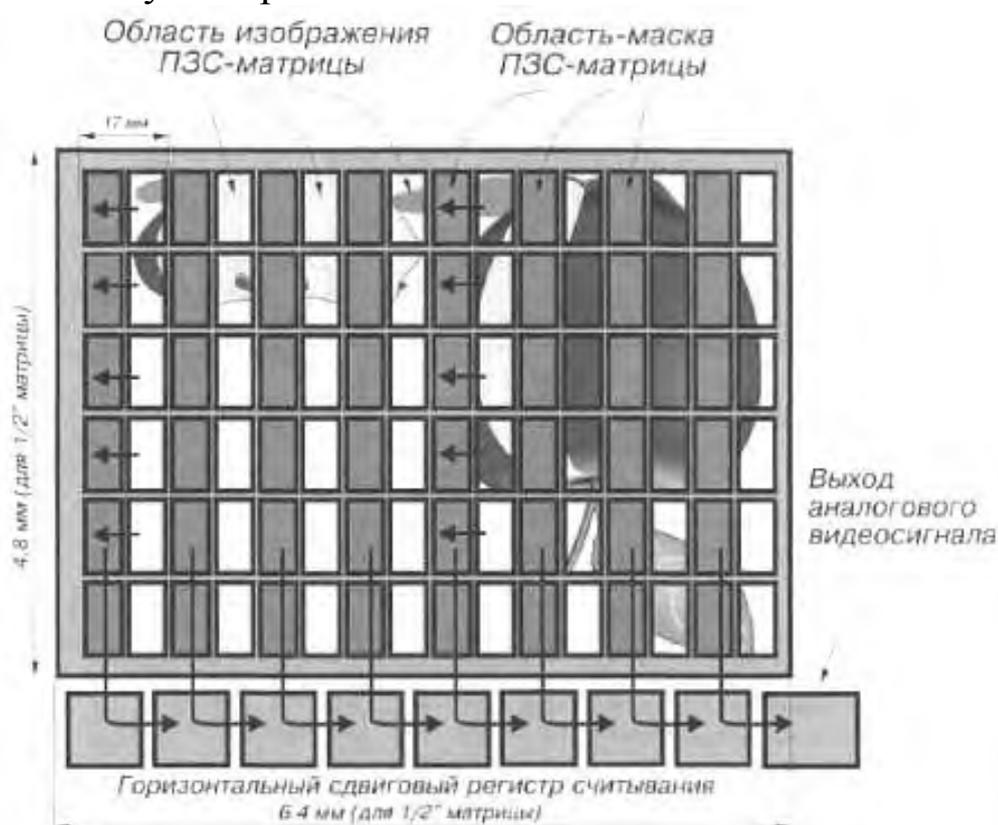


Рис.5.20. Принцип ПЗС со строчным переносом

В данном приборе экспонируемая картинка переносится не вниз во время периода кадрового синхроимпульса, а **сдвигается в левые регистры расположенные области маски.** Так как колонки пикселей маски находятся рядом с колонками пикселей изображения (правее), то сдвиг происходит значительно быстрее, и поэтому в областях ярких пятен — вертикальный ореол проявляется в гораздо меньшей степени. К тому же существенно увеличивается отношение сигнал/шум.

Однако, у матриц со строчным переносом зарядов есть недостаток, который исходит из самой концепции: чтобы добавить колонки-маски рядом с колонками изображения и разместить все это на площади, равной площади матрицы с кадровым переносом, приходится уменьшать размер светочувствительных пикселей. Это снижает чувствительность матриц. Но в сравнении с получаемыми преимуществами, этот недостаток менее существенен.

Кроме того в этих ПЗС появляется **возможность использовать электронный затвор или электронную диафрагму.** Это позволяет управлять временем экспозиции (выдержки) для поддержания видеосигнала уровнем 1 В при изменении освещенности сцены. Однако когда электронная диафрагма переключается на более высокие скорости затвора, из-за низкой эффективности переноса заряда возрастает вертикальный ореол.

Уменьшение размеров пикселя в матрицах со строчным переносом косвенно снижает минимальную освещенность матрицы. Эта проблема может быть разрешена очень просто (хотя технологически это не очень легко) — поверх каждого пикселя помещается микролинза (рис.5.21). Микролинза концентрирует весь падающий свет на область пикселя, и эффективно увеличивает минимальную освещенность. На сегодняшний день наибольшее распространение в видеонаблюдении получили матрицы со строчным переносом заряда.

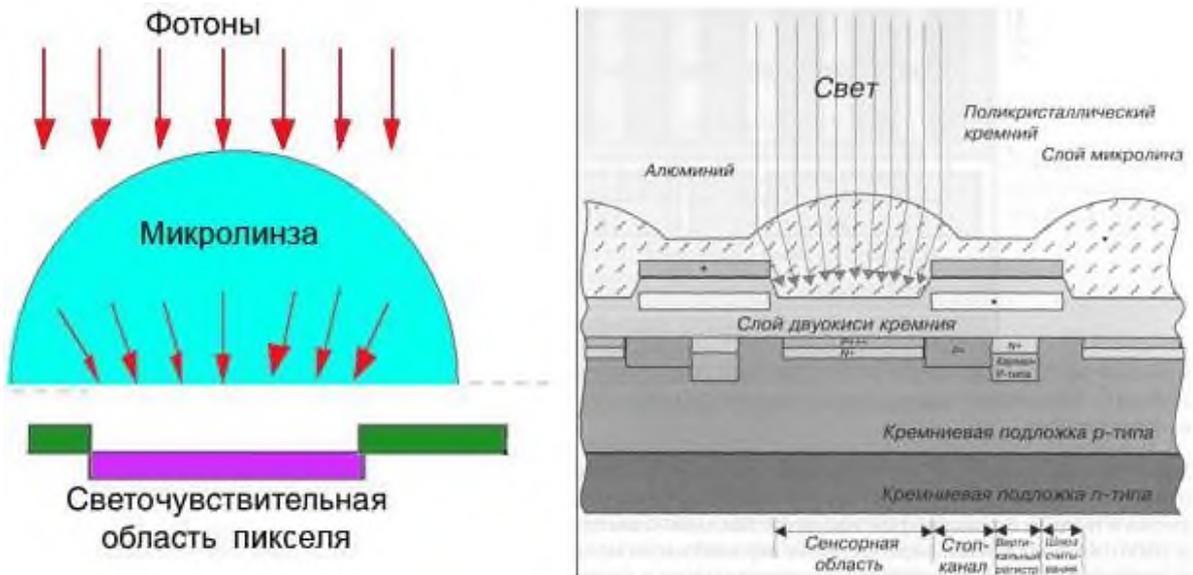


Рис.5.21. Структура ПЗС-матрицы с микролинзами

### ПЗС с кадрово-строчным переносом

Для устранения недостатков матриц с кадровым и строчным переносом в настоящее время разработана матрица с кадрово-строчным переносом (рис.5.22).

Светочувствительные пиксели, область изображения ПЗС-матрицы      Регистры вертикального сдвига, область-маска ПЗС-матрицы

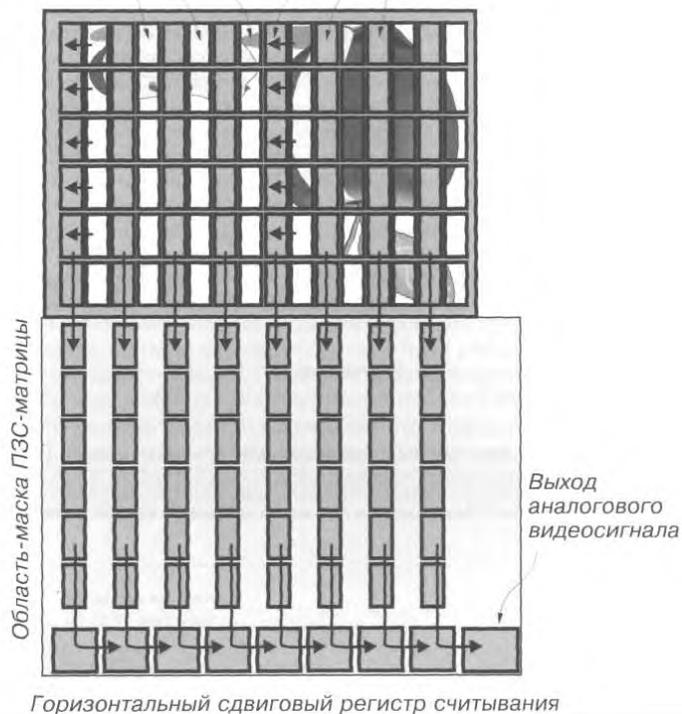


Рис.5.22. Концепция кадрово-строчного переноса

Данная технология обладает всеми характеристиками строчного переноса плюс уменьшение вертикального ореола и лучшее отношение сигнал/шум. При этом такая матрица работает со срочным переносом на верхней части матрицы, то есть имеет электронный затвор. Но в отличие от других технологий, изображение не удерживается в колонках маски в течение экспозиции следующего поля, а сдвигается вниз в более защищенную область маски. Поэтому в такой матрице вертикальный ореол еще меньше, а также увеличивается отношение сигнал/шум.

В матрицах с кадрово-строчным переносом также используются микролинзы для улучшения минимальной освещенности. Кроме того имеют еще более совершенную микроструктуру, множество ячеек и областей для предотвращения стекания избыточных зарядов на окружающие области, ловушки генерируемых теплом электронов и пр.

Матрицы с такими усовершенствованиями обладают очень высоким динамическим диапазоном, ослабленным вертикальным ореолом и высоким отношением сигнал/шум, что делает их идеальными для съемок на улице и видеожурналистики. Такие типы камер в широкоэвещательном телевидении обычно называются **камерами видеожурналистики**.

На рисунке 5.23 представлен внешний вид некоторых современных ПЗС матриц.

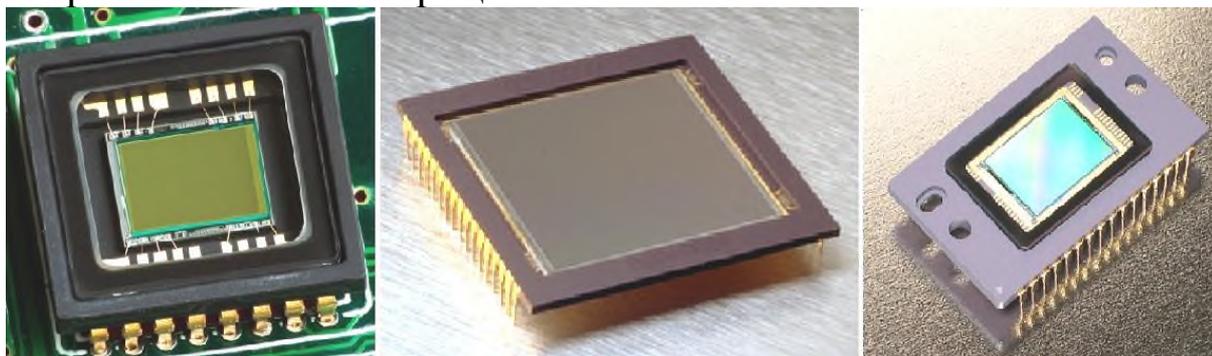


Рис.5.23. Внешний вид некоторых современных ПЗС матриц

## 5.6. Матричные ФЭП на основе КМОП-технологии

В настоящее время ПЗС-устройства дают высококачественные изображения с низким уровнем шума. Хотя принципы работы ПЗС-матриц основаны на МОП-электронике (металл-окисел-полупроводник), но для изготовления ПЗС-матриц требуется особая кремниевая технология и специализированные линии производства. При этом такие устройства телевизионной камеры, формирователи тактовых импульсов, логических схем синхронизации, обработки сигнала и т.д. реализованы в отдельных микросхемах. Таким образом, большинство ПЗС- телекамер состоит из набора нескольких микросхем, что увеличивает ее габариты и усложняет ее устройство. Поэтому интеграция всех функциональных узлов камеры в один чип является важной научно-технической задачей.

За последние годы на рынке появилось фоточувствительное устройство нового типа КМОП-чип (комплементарная МОП-ИС, КМОП-ИС).

КМОП-матрицы изготавливаются на базе стандартной КМОП-технологии, опираясь на так называемую VLSI-технология (Very Large Scale Integration — сверхвысокий уровень интеграции). Это гораздо более дешевый и стандартизованный метод производства микросхем, чем ПЗС-технология.

Основное преимущество КМОП-телекамер в сравнении с ПЗС — это более высокий уровень интеграции в которой сама матрица, схема синхронизации и развертки, контроль экспозиции и аналого-цифровой преобразователь располагаются в одной интегральной схеме. То есть образуют завершенную однокристалльную телекамеру.

В такой матрице КМОП-фотоприемник преобразует свет так же, как и ПЗС, но дальше все происходит иначе. Зарядовые пакеты не переносятся, а на ранней стадии обнаруживаются высокочувствительными усилителями зарядов на КМОП-транзисторах. В некоторых КМОП-матрицах усилители находятся поверх каждой колонки пикселей, а сами пиксели

содержат только один транзистор, который используется как шлюз, подключая содержимое пиксела к усилителю. Эти пассивные пиксельные КМОП-матрицы работают наподобие аналоговой DRAM-памяти (динамического ОЗУ).

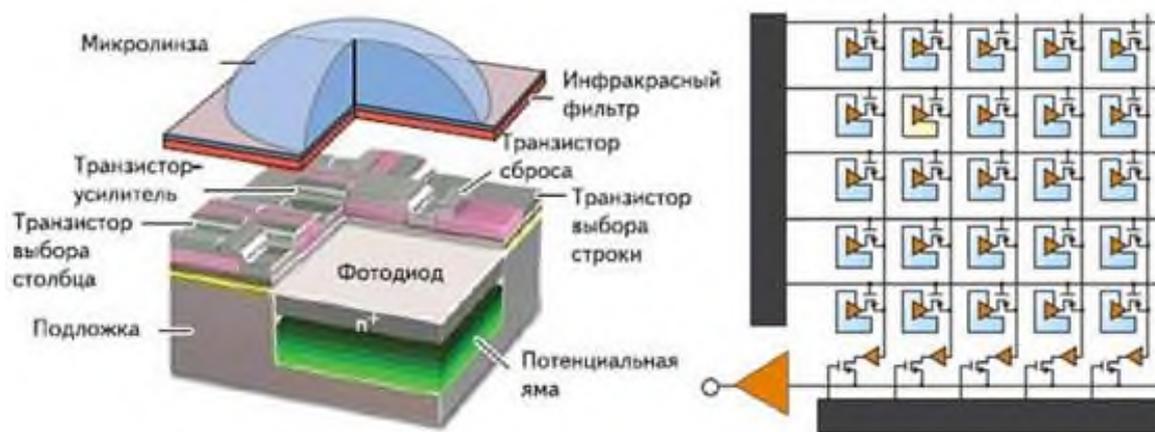
Однако слабым местом КМОП-матриц является проблема согласования множества различных усилителей внутри каждой матрицы. Некоторые производители решили эту проблему, снизив остаточный уровень шума с постоянным спектром до незначительных пропорций. Первые КМОП-устройства и прототипы телекамер давали низкокачественное, зашумленное изображение, что делало сомнительным применение технологии в коммерческих целях. Вариации процесса приводят к тому, что каждый пиксел дает несколько отличный от других отклик, что проявляется в виде снега на изображении.

Кроме того, светособирающая площадь матрицы меньше, чем у ПЗС-матриц, поэтому эти устройства менее чувствительны к свету.

Однако, за последние годы удалось решить многие проблемы КМОП-матриц. Некоторые крупные производители, как Canon и Kodak, уже выпустили КМОП-матрицы с 10 млн. пикселей с очень высоким качеством изображения. Кроме повышения разрешающей способности КМОП-матриц, имеются и другие технологические достижения. Одно из таких усовершенствований КМОП-технологий позволяет избавиться от т.н. "фиксированного рисунка шумов". Такой метод позволяет считать для каждого пиксела свой уровень шума и сохранить такую структуру для каждой матрицы, как ее уникальную характеристику. Затем производится коррекция видеосигнала, при которой соответствующие значения этой структуры вычитаются из каждого значения, полученного в пикселе, что позволяет значительно снизить шумы КМОП-матрицы.

Еще одна новая разработка в сфере КМОП-технологии, которая еще недавно рассматривалась только гипотетически, теперь стала реальностью и представляет особый интерес с точки зрения видеонаблюдения. Компания Pixim разработала новый тип КМОП-матрицы, которая преобразует аналоговые зарядовые

пакеты в цифровой поток данных сразу же на матрице. Эта революционная и очень перспективная концепция позволяет избавиться от многих недостатков КМОП-технологии. Например, удалось добиться очень точного управления экспонированием индивидуально для каждого пикселя, что позволяет значительно расширить динамический диапазон. Новая разработка от Ricoh также позволяет учитывать собственный темновой шум матрицы, что улучшает отношение сигнал/шум. Структура пикселя такой матрицы представлена на рис.5.24, а варианты матриц GMAX0504, GMAX1205, GMAX3005 на рис.5.25.



Сечение пикселя КМОП-матрицы

Рис.5.24. Структура пикселя КМОП матрицы

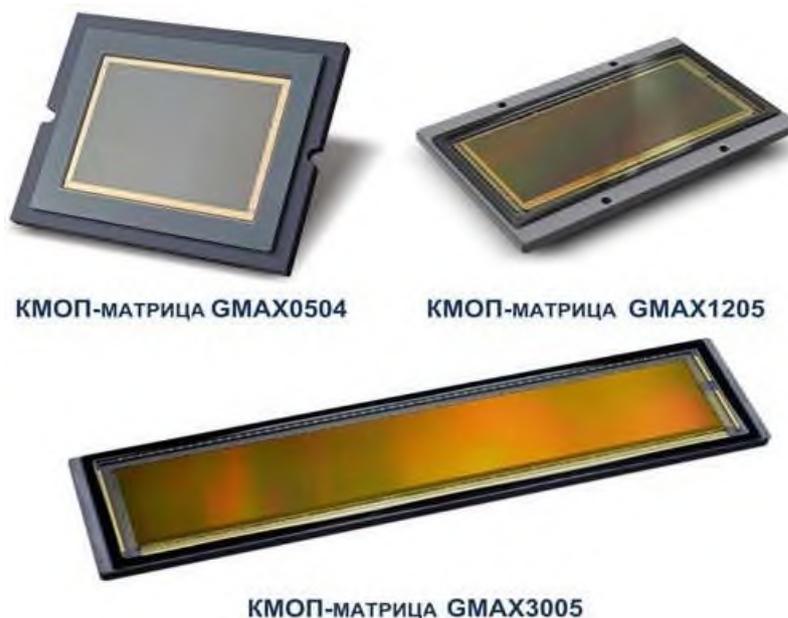


Рис.5.25. Варианты матриц GMAX0504, GMAX1205, GMAX3005

## 6. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Электронно-оптические преобразователи (ЭОП) предназначены для обратного преобразования видеосигнала в оптическое изображение на телевизионном экране. При этом, телевизионный экран самый важный и дорогой узел телевизора от которого во много зависит качество получаемого на экране изображения.

К основным параметрам экранов относятся:

- размер экрана в дюймах по диагонали;
- разрешающая способность (количество пикселей по горизонтали и вертикали);
- яркость свечения и контраст;
- угол обзора – это угол наблюдения к плоскости экрана при котором не возникает искажений цветопередачи;
- инерционность, то есть время свечения элементов экрана после прекращения действия сигнала.

Для получения изображения на экране телевизора могут использоваться монохромные и цветные кинескопы и плоскопанельные экраны на основе жидких кристаллов, плазменных ячеек и светодиодов.

### 6.1. Кинескопы черно телевидения

**Кинескопом называется приемная электронно-лучевая трубка с люминофорным экраном, преобразующая мгновенные значения сигнала в последовательность световых импульсов.** Развертывающим элементом кинескопа является сфокусированный электронный луч, а воспроизведение изображения обеспечивается отклонением луча по закону развертки и модуляцией его плотности сигналом изображения.

Различают кинескопы **прямого наблюдения** и **проекторные**. Схематичное устройство кинескопа показано на рис.6.1.

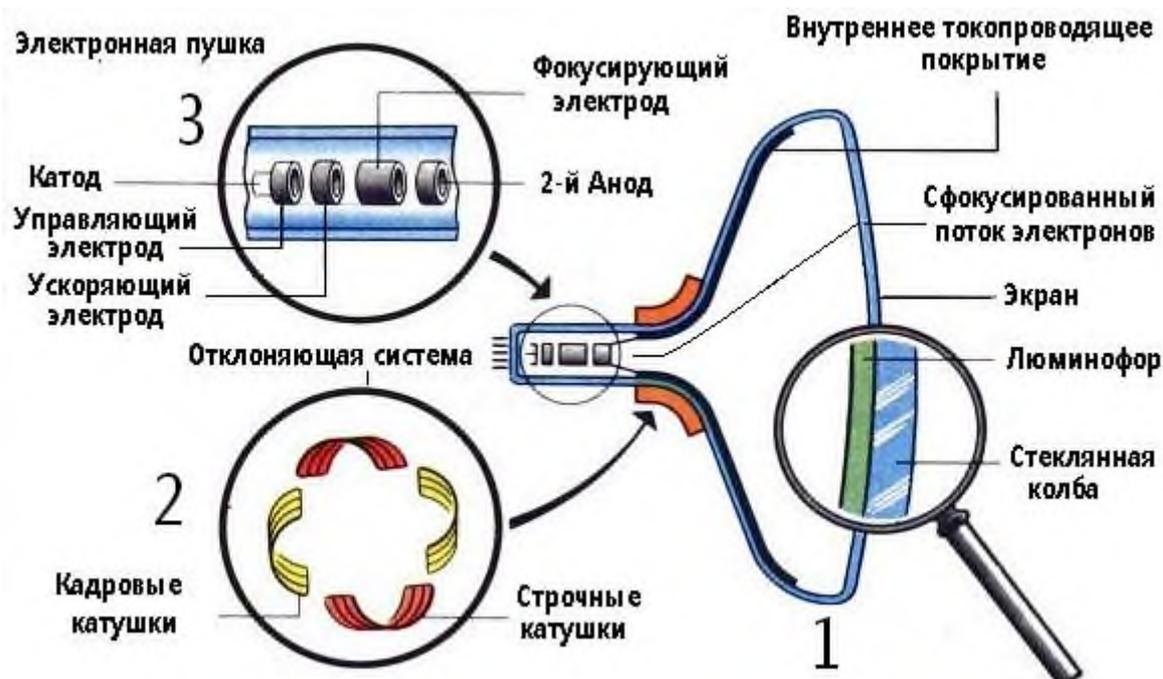


Рис.6.1. Устройство черно-белого кинескопа

Конструктивно кинескоп состоит из 3 основных частей: **стеклянной колбы (1)**, **электронно-оптической системы (электронной пушки) (2)** - формирующей тонкий электронный луч, и **люминофорного экрана (3)**.

**Экран представляет собой слой люминофора, нанесенный на внутреннюю поверхность толстого стека и покрытый с внешней стороны тонкой пленкой алюминия.** Эта пленка алюминия прозрачна для электронов и является отражателем для светового излучения люминофора. Дело в том, что люминофор излучает свет во все стороны, поэтому если обратное излучение отразить зрителю, то значительно повышается яркость экрана и его КПД преобразователя.

**На горловине кинескопа помещается отклоняющая система электронного луча (2), содержащая пары кадровых и строчных катушек.** Данные катушки подключаются к соответствующим генераторам разверток для формирования линейно изменяющееся магнитного поля, которое обеспечивает перемещение электронного луча по всей поверхности экрана в процессе развертки изображения.

**Электронно-оптическая система, или электронная пушка (3), обеспечивает ускорение, фокусировку и управление плотностью тока электронного луча.**

Пушка должна сформировать луч с током в несколько сот мкА и диаметром луча в плоскости экрана не более 0,5 мм, а также обеспечить возможность модуляции тока луча сигналом изображения. Причем для обеспечения требуемой контрастности при приемлемых уровнях модулирующего сигнала пушка должен обладать крутой модуляционной характеристикой. Фокусировка луча может осуществляться как электромагнитными, так и электростатическими полями. Однако в большинстве кинескопов используется электростатическая фокусировка, чтобы отказаться от дополнительных фокусирующих катушек.

**Конструктивно электронная пушка представляет собой систему цилиндрических электродов (рис.6.1 (3)) и состоит из подогревного термокатода, управляющего электрода или модулятора, ускоряющего электрода (1-го анода), фокусирующего электрода и, ускоряющего второго анода. Построенная по такой схеме пушка называется пентодной и соответствует двухлинзовой оптической схеме. При этом фокусировка луча осуществляется в двух зонах: в поле иммерсионного объектива (модулятор-1-й анод) и в поле главной фокусирующей линзы..** Благодаря высокой разности потенциалов между катодом и ускоряющим электродом (катод заземлен  $U_k = 0$ ,  $U_y = 500-800$  В) и малому расстоянию между этими электродами в зоне иммерсионного объектива создается большая напряженность электрического поля. Эмитируемые с поверхности катода электроны попадают в это поле и собираются в плоскости фокуса в узкий пучок, сечение которого гораздо меньше диаметра той части катода, с которой попали в отверстие модулятора. Затем пучок снова расходится и попадает в поле главной фокусирующей линзы.

**Управление величиной тока электронного луча напряжением, приложенным между катодом и управляющим электродом, часто называют модуляцией. Чем больше**

отрицательное напряжение на модуляторе ( $U_m = -10-40$  В), тем меньше ток луча.

Для преобразования сигнала в световое изображение используется явление **люминесценции**, заключающееся в способности атомов и молекул некоторых веществ испускать свет при переходе из возбужденного состояния (с повышенной энергией) в состояние с меньшей энергией. Такие вещества называются **люминофорами** (**lumen** – свет (лат.), **phanos** – несущий (греч.)). В ТВ используется **катодолуминесценция** – **свечение** вещества под действием электронной бомбардировки быстролетающих электронов, эмитируемых с катода. **Люминофоры**, используемые для экранов кинескопов, могут быть различного химического состава, но обычно это **окислы** или **соли (сульфиды) цинка, кадмия, магния, кальция, активированные металлами.**

**Важнейшими характеристиками экрана являются цвет свечения, инерционность и световая отдача.**

**Цвет свечения** определяется типом выбранного люминофора, так в черно-белых телевизорах часто использовался люминофор **БМ-5**, являющийся смесью **сульфида цинка (ZnS(AgZn)-47%)** и **сульфида кадмия (Cd(Ag)-53%)**, имеющий **голубоватый оттенок свечения экрана.**

**Инерционность** определяет длительность возгорания и послесвечения люминофора. Длительность возгорания достаточно мала, поэтому основной составляющей инерционности является длительность послесвечения (время, в течение которого яркость уменьшается в 100 раз после прекращения возбуждения). В вещательных системах стремятся, чтобы время послесвечения было равно времени передачи кадра. При этом уменьшается заметность мельканий. Дальнейшее увеличение этого времени нежелательно, так как может привести к размытости (смазыванию) изображений движущихся объектов. Эффективность преобразования энергии электронов в световое излучение характеризуется **светоотдачей** экрана, определяемой отношением силы света, излучаемой экраном, к мощности электронного луча. Светоотдача **k** зависит от энергии электронов,

типа люминофора и способов его нанесения и может меняться от **0,1 до 15 кд/Вт**. С достаточной точностью  $I=kP=ki_{\text{л}}u_2$ . Т.к. светоотдача – величина постоянная, то силу света, а, следовательно, и яркость экрана может увеличить повышением мощности луча. Поскольку повышение тока луча **свыше 100-150 мкА** приводит к его заметной расфокусировке, то необходимо повышать ускоряющее напряжение. **Потенциал экрана необходимо поддерживать равным потенциалу второго анода (для черно-белых ТВ 12-18 кВ, для цветных 25 кВ)**. Для этого на слой люминофора наносят проводящее покрытие, электрически соединенное со вторым анодом. Обычно это пленка алюминия толщиной 0.05...0.5 мкм, практически прозрачная для электронов и непрозрачная для световых лучей. Она как зеркало отражает световое излучение люминофора во внутрь кинескопа, повышая светоотдача экрана более, чем в 1,5 раза. Кроме того, металлизация экрана позволяет увеличить контрастность крупных деталей за счет устранения подсветки экрана от внутренней поверхности колбы и деталей конструкции кинескопа. Однако, в толстых стеклах экрана наблюдается явление **ореола** - возникновение светлого кольца вокруг светящейся точки.

**Ореол** образуется вследствие того, что часть расходящихся световых лучей, от возбужденного люминофора, проходя сквозь стекло до границы стекло – воздух, отражается обратно к люминофору (рис.6.2).



Рис.6.2. Возникновение ореола в структуре экрана кинескопа

Затем отразившись уже от границы стекло – люминофор подсвечивает соседние участки и снова пройдя стекло экрана воспринимается зрителем как световая окантовка вокруг яркой точки.

Ореол существенно снижает контраст мелких и средних деталей, поэтому для борьбы с этим явлением экраны кинескопов делают из специального дымчатого противоореального стекла, которое повышает контраст примерно в 15 раз.

Следует отметить, что промышленностью выпускались черно-белые кинескопы с диагональю экрана 6...71 см.

Условное графическое обозначение кинескопов состоит из четырех элементов, например 61ЛК2Б, где цифра 61 указывает в сантиметрах диагональ экрана; буквы ЛК – обозначают лучевой кинескоп; цифра 2 обозначает тип электронной пушки, а буква Б указывает цвет свечения экрана – белый.

## **6.2. Масочные кинескопы цветного телевидения**

Для получения цветного изображения в телевизорах прошлого века использовался один цветной кинескоп, в котором цветные изображения формировались из трех цветоделенных по методу пространственного смещения цветов. При этом используется трехрастровая система, где формируется 3 отдельных раstra – красный, зеленый, синий, с достаточной степенью точности совмещенные друг с другом. Для этого используется система из трех электронных пушек и трех люминофорных групп излучающих красный, синий и зеленый цвет. При этом правильность попадания каждого из лучей на люминофор своего цвета обеспечивается специальной мелкоячеистой стальной сеткой - **теневогой маской**, расположенной перед люминофорами. Поэтому такие кинескопы называются **масочными**. По способу расположения электронных

пушек и люминофорных групп различают **дельта-кинескопы** и **компланарные**.

**В дельта-кинескопах** (70-80-е годы прошлого века) пушки и люминофоры расположены в вершинах равностороннего треугольника, напоминающего греческую букву – дельта, отсюда и название кинескопа. А в **компланарных кинескопах** пушки и люминофорные группы находятся в **одной горизонтальной плоскости**.

Структура дельта-кинескопа, представлена на рис.6.3, где:

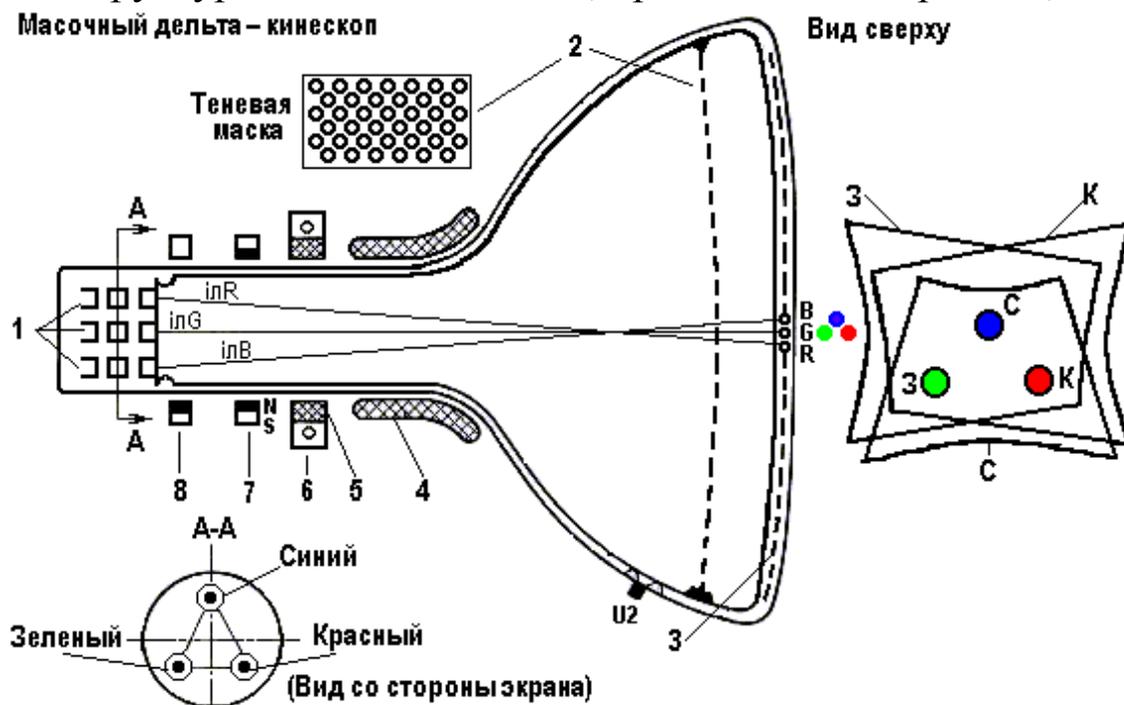


Рис. 6.3. Конструкция масочного дельта-кинескопа

- 1- стеклянная колба;
- 2- теневая маска;
- 3- мозаичный люминофорный экран;
- 4- отклоняющая система;
- 5- устройство динамического сведения лучей;
- 6- устройство статического сведения лучей;
- 7- 8 магниты чистоты цвета.

Конструктивно кинескоп представляет собой стеклянную колбу с люминофорным мозаичным экраном- 3, внутри

которого расположены 3 электронные пушки для красного, синего и зеленого цвета (RGB). Эти пушки расположены в вершинах равностороннего треугольника и имеют наклон к оси кинескопа примерно **1 градус**. Для пропускания электронных RGB лучей на «свои» люминофоры используется **тенивая маска-2** с отверстиями, которая установлена на расстоянии **12 мм** от экрана. Маска выполняется из листовой стали толщиной **0.15мм** и имеет отверстия диаметром **0.25мм**, число которых равно числу люминофорных триад ( **$550000 \times 3 = 1650\ 000$** ), **расположенных в шахматном порядке** (рис.6.3). Устанавливается маска в 12 мм от экрана и представляет собой фильтр, пропускающий на люминофоры в процессе развертки только электроны от своей пушки. То есть электроны от красной пушки должны попасть только на красный люминофор. А электроны от других пушек идут немного по другим траекториям и просто задерживаются маской. Для отклонения лучей используется **внешняя отклоняющая система- 4**.

Из-за особенностей конструкции дельта-кинескопов, в них возникает большое количество специфических искажений, для устранения которых приходилось вводить дополнительные внешние элементы:

- **магниты чистоты цвета- 7 и 8 для коррекции неточности установочных углов пушек, положения отклоняющей системы и магнитного поля Земли;**
- **устройства статического и динамического сведения лучей – 5 и 6, обеспечивающих точность сведения лучей в центре и по краям экрана. Эти узлы значительно усложняют конструкцию и настройку ТВ.**

Кроме того тенивая маска дельта кинескопа имела очень низкую прозрачность (примерно 20%), поэтому чтобы не падала яркость свечения экрана приходится увеличивать напряжение второго анода кинескопа до **25-30 кВ**.

К существенным недостаткам дельта кинескопов можно отнести следующие:

1. **Большая сложность регулировки динамического сведения лучей, поскольку 3 смещенных относительно оси**

кинескопа пушки формируют 3 смещенных относительно друг друга трапецеидальных растра.

2. Низкая прозрачность теневой маски (20%), требует большой мощности источника питания второго анода 25 кВ.
3. Повышенная электронная бомбардировка маски может вызвать ее термическую деформацию и соответственно нарушение режима сведения лучей при работе телевизора.

### КОМПЛАНАРНЫЙ КИНЕСКОП

К началу 90-х годов прошлого века технология производства кинескопов позволила уменьшить диаметр электронных пушек, что позволило разместить их в одной горизонтальной плоскости и создать компланарный кинескоп. Конструкция компланарного цветного кинескопа в целом аналогична конструкции дельта кинескопу. Отличие заключается в горизонтальном расположении пушек и люминофорных групп (рис. 6.4).

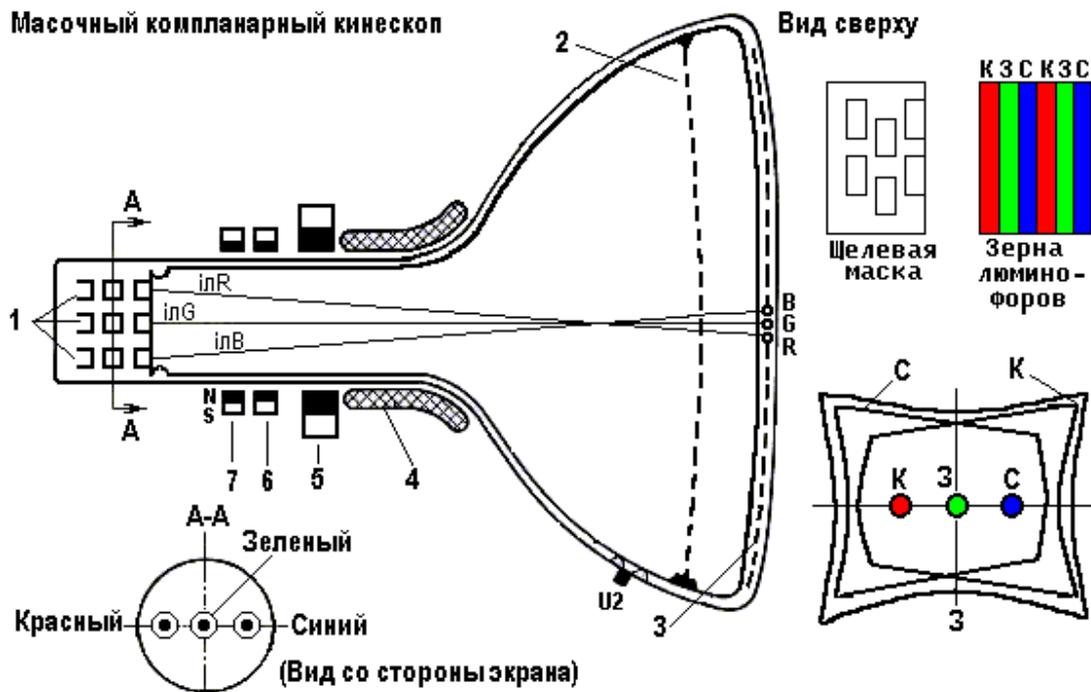


Рис.6.4. Конструкция компланарного кинескопа

Конструктивно кинескоп также представляет собой стеклянную колбу с люминофорным экраном- 3, где люминофорные группы выполнены в виде тонких вертикальных линий. В отличие от дельта кинескопа, здесь электронные пушки красного, синего и зеленого цвета (RGB), расположены в одной горизонтальной плоскости, причем зеленый совпадает с осью кинескопа, а остальные два повернуты относительно оси на  $1,5^{\circ}$ . Для направления электронных лучей на «свои» люминофоры используется щелевая тенева маска- 2 установленная на расстоянии 12 мм от экрана. Маска выполнена из листовой стали толщиной 0.15мм, но отверстия в ней выполнены в виде щелевых прорезей с горизонтальными перемычками для прочности, как показано на рис.6.4.

#### **Основные преимущества такого кинескопа:**

1. Расположение прожекторов в одной плоскости упрощает механизм динамического сведения лучей, т.к. отклонения растров симметричны и только у красного и синего лучей, и совмещать их нужно только в горизонтальной плоскости;
2. Повышается яркость свечения экрана, т.к. у щелевой маски прозрачность гораздо выше и составляет примерно 85%;
3. Улучшается чистота цвета, т.к. «чужой» луч может попасть на другую полосу только в горизонтальном направлении;
4. Появляется возможность построить кинескопы по принципу самосведения лучей. Дело в том, что в равномерном магнитном поле отклонение лучей приводит к расслоению вертикальных линий слева и справа. Однако это расслоение может быть скорректировано неравномерным магнитным полем. Это достигается подбором формы и плотности распределения витков катушек отклоняющих систем. Поэтому можно отказаться от сложных схем динамического и статического сведения лучей.
5. Использование вертикальных полос люминофоров в значительной степени ослабляет влияние магнитного поля Земли на цветовоспроизведение при перемещении телевизора. Так как вектор напряженности магнитного поля направлен горизонтально, то оно вызывает лишь вертикальное смещение

электронных лучей, и каждый из трех их следов остается в пределах своей полоски люминофора. Это важное свойство кинескопов со штриховым экраном позволяет создать переносные цветные телевизоры, пригодные для работы на подвижных объектах (автомобилях, самолетах, поездах).

### 6.3. Кинескопы цветного ТВ типа Тринитрон и Хроматрон

Для повышения яркости свечения экрана и снижения его энергопотребления японская фирма «Sony» разработала кинескоп названном **тринитроном**, устройство которого показано на рис.6.5.

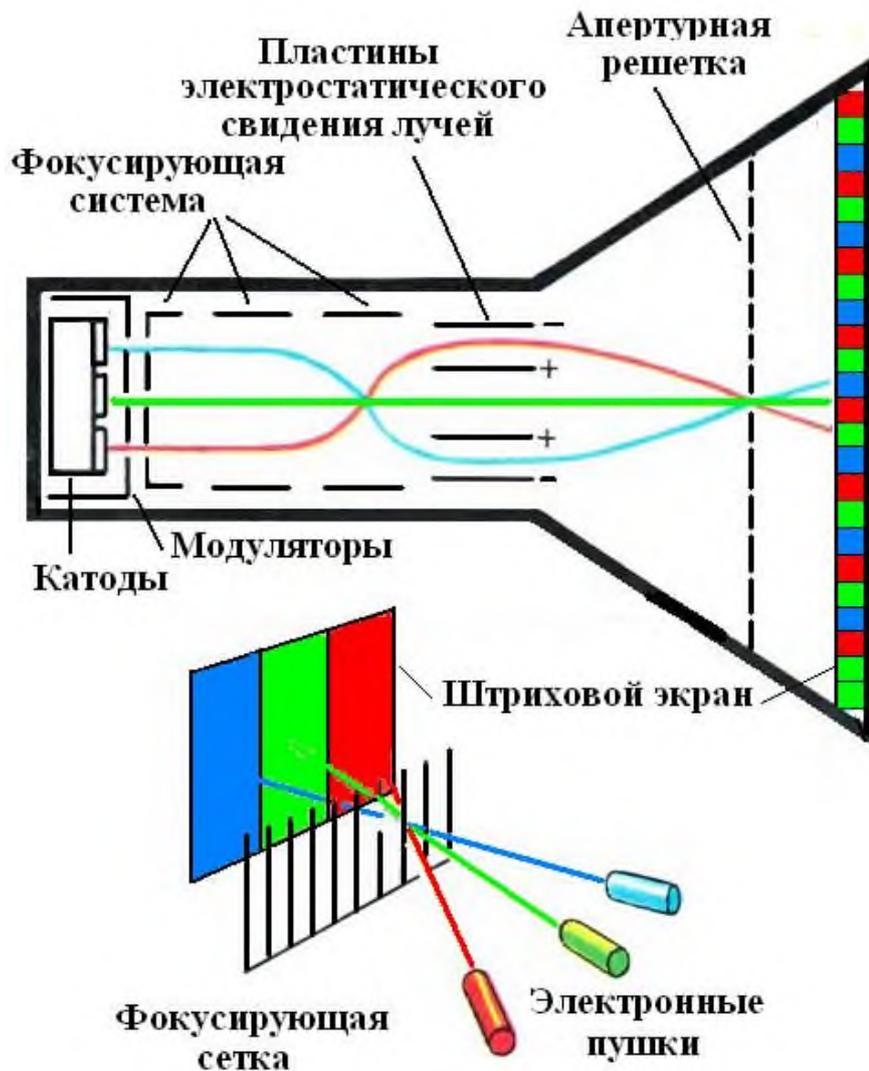


Рис.6.5. Схема устройства кинескопа Тринитрон.

Тринитрон представляет собой трехпушечную конструкцию и имеет три катода, одну общую для всех трех лучей электростатическую фокусирующую систему. Кроме того, в тринитроне вместо магнитной системы динамического сведения лучей применена более простая и экономичная электростатическая система.

Фокусирующая система обеспечивает пересечение лучей перед пластинами системы сведения. Постоянное напряжение на этих пластинах обеспечивает сведение трех лучей на соответствующих полосках люминофора экрана. А точное сведение лучей обеспечивает фокусирующая сетка из параллельных тонких проводов (рис.6.5). При этом каждому промежутку между соседними проводами соответствуют три полоски люминофоров на штриховом экране. Такие кинескопы получили название **трехлучевых хроматронов**, которые из-за высокой прозрачности фокусирующей сетки (80—90%), широко использовались в переносных телевизорах. Они позволяли получить большую яркость изображения (200—300 кд/м<sup>2</sup>) при сравнительно небольших затратах энергии. Кроме того, фокусирующая сетка придает электронному лучу в сечении форму эллипса, вытянутого вдоль полосок экрана. Поэтому ширина луча примерно в два раза меньше ширины полоски экрана, что способствует получению хорошей чистоты цвета и снижению влияния внешних магнитных полей. На сетку обычно подается напряжение, меньшее, чем на экран (например, при  $U_{\text{э}} = 20\text{кВ}$ ,  $U_{\text{с}} = 7\text{кВ}$ ), что снижает паразитную засветку экрана вторичными электронами, эмитируемыми сеткой.

Другим важным преимуществом такого режима является эффективное послеускорение электронов в промежутке сетка — экран и, следовательно, малая требуемая мощность для отклонения лучей, так как до сетки электроны обладают сравнительно малой скоростью.

**Благодаря высокой прозрачности сетки трехлучевые хроматроны по своим энергетическим и конструктивным характеристикам близки к соответствующим по размерам экрана черно-белым кинескопам. Однако они требуют**

динамического сведения трех лучей и повышенной по сравнению с черно-белыми кинескопами мощности отклонения из-за сравнительно толстой горловины.

Устранить указанные недостатки позволяет **однолучевой хроматрон с так называемым послеотклонением**. В нем направление электронного луча изменяется дополнительно вблизи экрана после воздействия на него основного отклоняющего поля.

Устройство однолучевого хроматрона показано на рис.6.6.

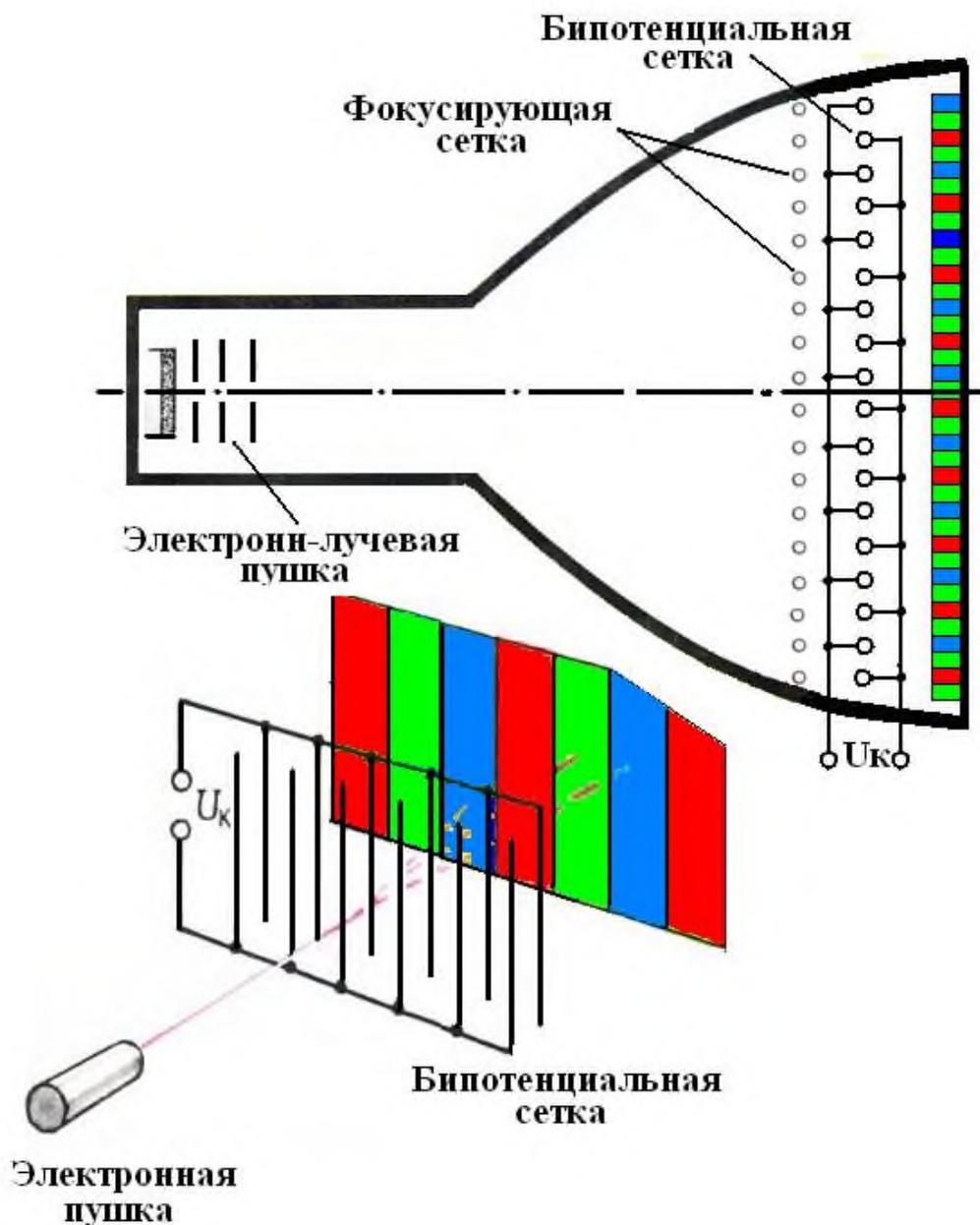


Рис.6.6. Устройство однолучевого хроматрона.

Основными элементами его конструкции являются **электронная пушка, штриховый экран и расположенная вблизи него бипотенциальная сетка**. В качестве пушки используется обычная электроннооптическая система черно-белого кинескопа. В отличие от фокусирующей сетки трехлучевого хроматрона (рис.6.5.) **бипотенциальная сетка** однолучевого хроматрона состоит из двух изолированных друг от друга групп параллельных проводников. В каждой группе они соединены между собой. Экран однолучевого хроматрона так же, как и трехлучевого, имеет вертикальную штриховую структуру. Однако вместо чередования полос люминофоров К, З, С, К, З, С,.., в нем применяется либо чередование **К, С, З, С, К, С, З, С,...**, либо — К, С, К. З, К, С, К. З, К,.. либо — К, З, С, З, К, З, С, З.... При каждом из указанных чередований число полосок люминофора одного цвета равно сумме полосок люминофоров двух других цветов.

Коммутацией напряжения на бипотенциальной сетке в процессе развертки обеспечивается послеотклонение электронного луча для попадания его на полоски люминофора соответствующего цвета.

Наличие одной электронной пушки вместо трех позволяет исключить устройства сведения лучей и уменьшить диаметр горловины до величины, обычной для черно-белых малогабаритных кинескопов (12—20 мм). Поэтому однолучевой хроматрон по размерам и конструкции мало отличается от соответствующих черно-белых кинескопов. Это позволяет выполнить цветной телевизор, аналогичный по конструкции черно-белым телевизорам.

Существенным недостатком однолучевого хроматрона ранних выпусков являлась некоторая потеря четкости по сравнению с масочными кинескопами. Однако на экранах небольших размеров (до 30 см) эта потеря практически незаметна. Кроме того, в последующих моделях были применены способы повышения четкости изображений.

## 6.4. Плоскопанельные жидкокристаллические экраны

Основными недостатками кинескопов является большие размеры экранов и принципиальное наличие геометрических искажений изображений, что требует специальных устройств управления движения луча для коррекции раstra. Поэтому для существенного снижения толщины экрана и устранения геометрических искажений были созданы плоскопанельные экраны с жестким растром. Одной из первых разработок стал экран на основе жидких кристаллов (ЖК или LCD).

Эффект жидкого кристалла в изменении прозрачности некоторых веществ был открыт еще в 1888 году австрийским ботаником Ф. Рейнитцером. Но понадобилось почти еще 100 лет, чтобы группа английских химиков под руководством Джоржа Грея в 1973 года смогла получить жидкие кристаллы из относительно дешёвого и доступного сырья. И только после этого они получили широкое распространение.

Жидким кристаллом (Liquid Crystal) называют текучее вещество с кристаллической структурой. Жидкие кристаллы обладают уникальными оптическими свойствами под действием электрического поля, поэтому их используют при изготовлении матриц жидкокристаллических экранов.

В отличие от кинескопов и других типов светящихся экранов, ЖК экраны сами свет не генерируют, а являются преобразователями светового потока, излучаемого внешним источником (чаще всего - неоновой лампой или светодиодной подсветки). Принцип их действия основан на эффекте поляризации света, пропущенного через жидкокристаллическое вещество в электромагнитном поле. Жидкий кристалл, в отличие от обычного, не имеет упорядоченной внутренней структуры, молекулы в нем расположены хаотично и могут свободно перемещаться. Пропущенный через такой кристалл свет не изменяет своей поляризации. Однако если на молекулы жидкого кристалла воздействовать внешним электрическим полем, то они выстраиваются в упорядоченную структуру, и свет, пропущенный через такую среду, приобретает направленную

поляризацию. Однако, человеческий глаз не способен зафиксировать изменение плоскости поляризации светового потока без дополнительных устройств. Поэтому на внешнюю часть ЖК-матрицы обычно ставится еще один поляризованный слой, который не пропускает свет поляризации другой направленности (отличной на 90 градусов), но пропускает неполяризованный свет (рис.6.7).

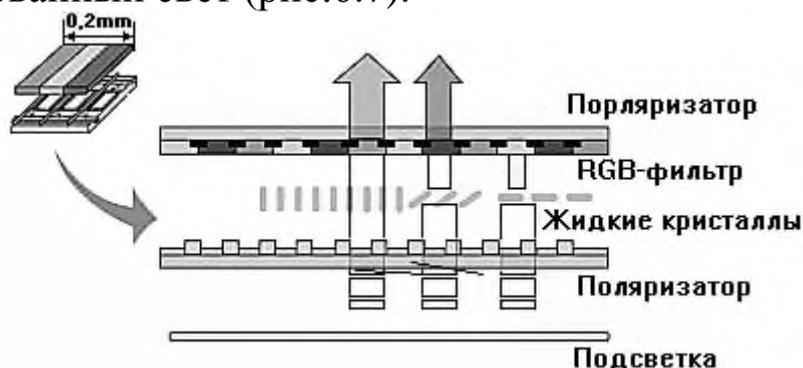


Рис.6.7. Зависимость пропускания света от ориентации молекул ЖК

Таким образом, на основе молекул жидких кристаллов первый рабочий экран был создан Фергесоном (Fergason) в 1970 году. До этого жидкокристаллические устройства потребляли слишком много энергии, имели низкий срок службы и плохой контраст. При этом первые жидкие кристаллы отличались своей нестабильностью и были мало пригодными к массовому производству. Реальное развитие ЖК технологии началось с изобретением английскими учеными стабильного жидкого кристалла - бифенила (Biphenyl).

Поскольку технологии создания ЖК экранов постоянно развивается, то на сегодняшний день известны следующие технологии матриц: **TN+Film** или просто **TN**, **IPS**, **MVA**, **PVA**,

**TN матрицы** использовались в первых экранах массового производства. Они обладающими самой простой конструкцией, но относительно низким качеством изображений. Данная технология основана на том, что при отсутствии напряжения субпиксели пропускают через себя свет, формируя на экране белую точку. При подаче напряжения на субпиксели, они

выстраиваются в определенном порядке, образуя собой пиксель заданного цвета (рис.6.8).

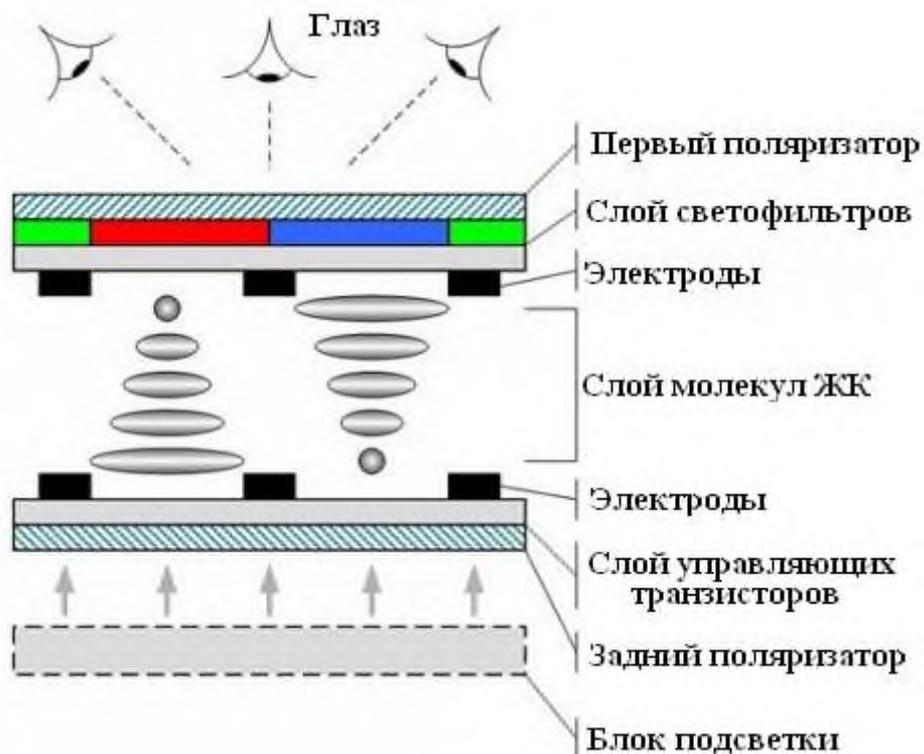


Рис.6.8. Строение ЖК панели типа TN

Данная матрица имеет **малое время отклика** и **относительно недорогая**. А к недостаткам можно отнести следующее:

- наблюдается искажение цветопередачи при которой цвета отображаются более тускло и блекло, а черный цвет выглядит скорее темно-серым.
- малые углы обзора без нарушения цветопередачи. Частично увеличить угол обзора до  $90^{\circ}$ - $150^{\circ}$  удалось с помощью дополнительного слоя, нанесенного на экран по технологии TN+Film , но все равно угол обзора не достаточен.

### VA/MVA/PVA матрицы

**Технология VA** (vertical alignment — вертикальное выравнивание) была разработана компанией Fujitsu в 1996 году. Жидкие кристаллы матрицы VA при выключенном напряжении

выровнены перпендикулярно по отношению ко второму фильтру, то есть не пропускают свет (рис.6.9,а). При приложении напряжения кристаллы начинают поворачиваются увеличивая пропускную способность. Так пи максимальном значении сигнала ЖК выстраиваются горизонтально, поворачиваясь на  $90^{\circ}$ , и на экране появляется светлая точка.

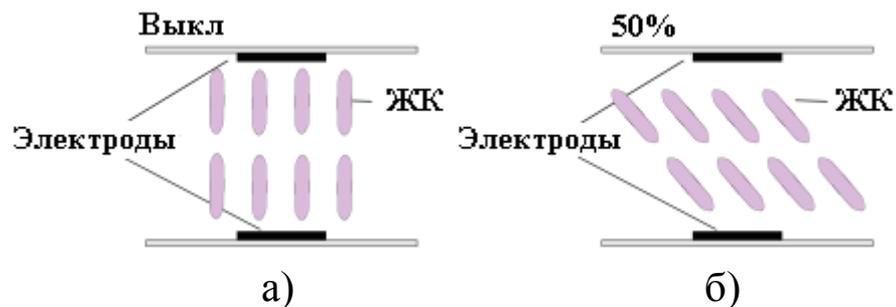


Рис.6.9. Технология VA - матрицы

Основным недостатком VA матрицы являлся маленький угол обзора. Это связано с тем, что если смотреть на экран сверху (рис.6.9,б) то кристаллы относительно глаза будут расположены под углом 45 градусов и пиксель будет иметь серый цвет. Однако, если смотреть справа, то относительно глаза кристаллы будут под прямым углом, что соответствует **белому цвету**. А если посмотреть слева, то есть вдоль кристаллов, то будет наблюдаться уже черный цвет. Таким образом, VA-матрицы имели не просто маленькие углы обзора, но еще и зависимость цветопередачи от направления взгляда.

**Технология MVA.** Для увеличения угла обзора компанией Fujitsu была предложена мультидоменная структура Multi-Domain Vertical Alignment (MVA) в которой каждый пиксель делится на домены срабатывающие синхронно. Причем, каждая из зон или доменов оптимизирована для наилучшей светоотдачи в своём секторе обзора.

Технология MVA предусматривает выступы на обкладках, которые определяют направление поворота кристаллов (рис.6.10). Если два поддомена поворачивается в противоположных направлениях, то при взгляде сбоку один из них будет темнее, а другой светлее, таким образом для человеческого глаза отклонения взаимно компенсируются.

Таким оригинальным образом была решена проблема сильно ограниченных углов обзора в исходной технологии VA. Однако, это справедливо для всех случаев, когда не отображается белый цвет. При белом цвете все кристаллы располагаются почти параллельно плоскости матрицы.

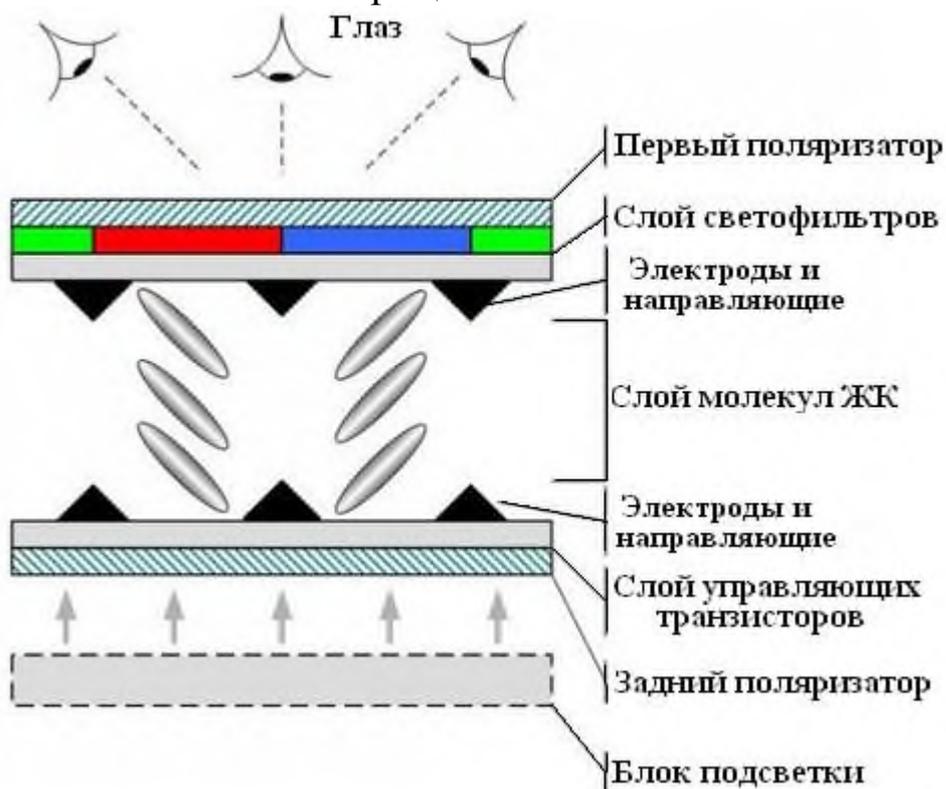


Рис.6.10. Технология MVA - матрицы

Кроме того, из-за очень большой сложности изготовления экранов в структуре экранов наблюдаются не управляемые пиксели, называемые «битыми». А поскольку в выключенном состоянии пиксель не пропускает свет, то битые пиксели на MVA-матрицах выглядят черными точками.

Разновидностью MVA является технологии PVA (Patterned Vertical Alignment - Упорядоченное Вертикальное Выравнивание) от Samsung. Данная технология во многом аналогична MVA и отличающаяся тем у Samsung нет выступов, и в выключенном состоянии кристаллы ориентированы строго вертикально. Для того, чтобы кристаллы соседних субдоменов поворачивались в

противоположных направлениях, нижние электроды сдвинуты относительно верхних.

Следует отметить, что MVA и PVA матрицы обладают высокой контрастностью и углами обзора до  $170^{\circ}$ . А к недостатку матриц можно отнести большое время отклика или инерционность. Причем время отклика растет при уменьшении разницы между конечным и начальным состояниями пикселя.

Технология IPS (In-Plane Switching – переключение в плоскости) разработанная Hitachi и NEC в 1989 году. Отличительная особенность состоит в том, что оба управляющих полупрозрачных электрода расположены в одной плоскости – только на нижней стороне ЖК-ячейки (рис.6.11).

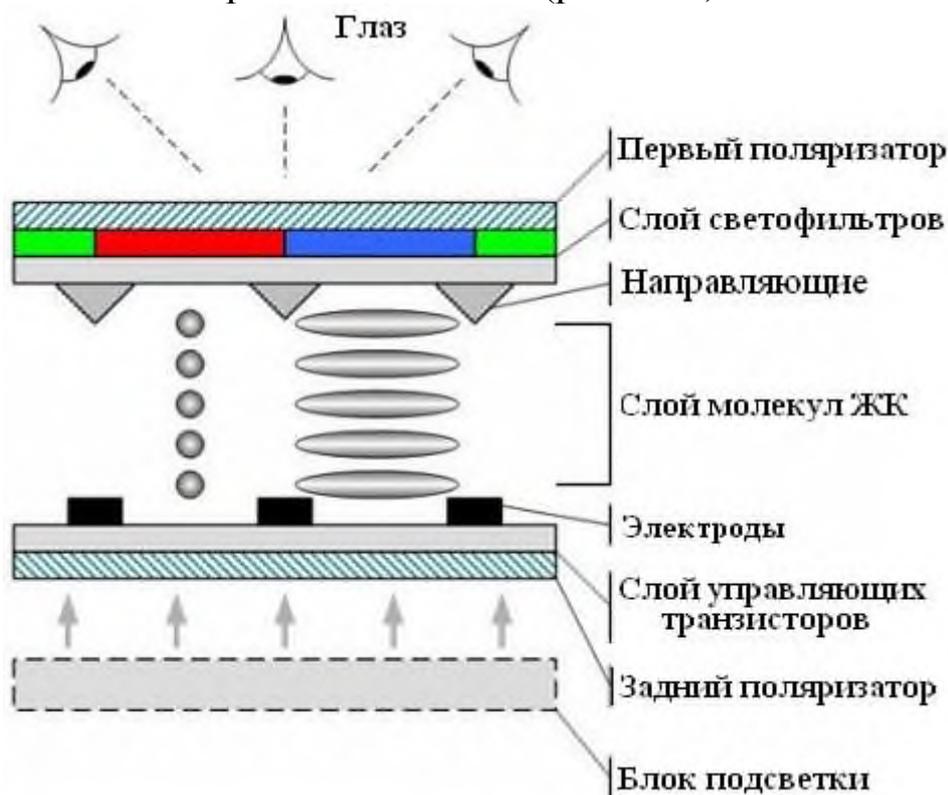


Рис.6.11. Технология IPS – матрицы

Жидкие кристаллы располагаются иначе и в отключенном состоянии пропускают свет. Чем больше управляющее напряжение – тем больше кристаллы закручивают поляризацию

светового пучка. Кроме этого, IPS-матрицы имеют больший, чем у TN+Film, угол обзора. Но есть у этой технологии и значительный недостаток - большое время отклика субпикселей - до 50 мс которое у современных моделей снижено до 20 мс. Таким образом PVA-матрицы являются улучшенным вариантом MVA демонстрируют намного более высокую контрастность (600-800) и имеют значительно более предсказуемое качество изготовления благодаря производству на заводах только одной компании.

**TFT технология – технология тонкопленочных транзисторов.** Понятие TFT относится не к технологии изготовления матрицы из жидких кристаллов, а к способу выбора ее элементов при формировании изображения. При этом выбор элемента матрицы осуществляется за счет управляющих сигналов по линиям рядов и колонок. Если управляющие элементы (ключи) находятся на начале линий, формирующих ряды и колонки, то такие матрицы называют пассивным. При этом из-за больших размеров матриц и различной удаленности пикселей от управляющих устройств возникают разные условия их срабатывания. Это в пассивных матрицах вызывает ухудшение таких параметров изображения, как яркость, контрастность и т.д. и увеличение времени отклика.

**TFT технология активных матриц,** которая появились в 1972 году для создания ЖК-экранов на основе тонкопленочных транзисторов. По сравнению с пассивной ЖК-матрицей, активная матрица обладает гораздо большим быстродействием, четкости и контрастности изображения, а также большим углом видимости. Элементом управления для каждого пикселя становится тонкопленочный полевой транзистор, или диодная структура (**технологии TFD**), работающие в качестве управляющего ключа (рис.6.12). В TFT-экране управление коэффициентом пропускания ЖК-ячеек производится модуляцией управляющего напряжения. Значение контраста определяется напряжением. Различают прямую модуляцию, при которой в каждом кадре развертки для каждого пикселя

обеспечивается «честная» модуляция контраста за счет использования преобразования кода в аналоговое значение напряжения, которое поступает на элемент памяти и воздействует на ЖК-материал. При этом точность передачи полутонов изображения определяется точностью формирования управляющих напряжений.

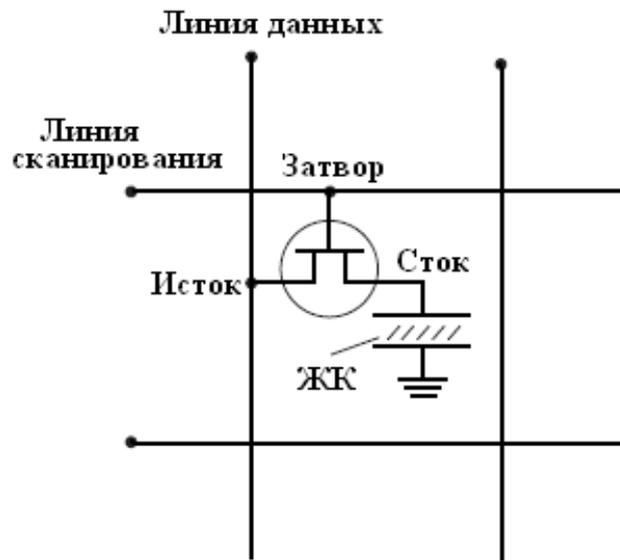


Рис.6.12. Принцип коммутации пиксельной ячейки на TFT.

На рис.6.13 показан фрагмент типовой структуры активной матричной адресации. Драйверы строк представляют собой сдвиговый регистр со схемой сдвига уровня напряжений. Сдвиговый регистр обеспечивает последовательную выборку строк одна за другой. Конденсатор элемента памяти в схеме управления пикселем реализован на емкости, образованной электродами стока и затворной шиной следующей строки. Аналоговый видеосигнал данных проходит с выходов столбцового драйвера через столбцовые электроды на истоки управляющих TFT-транзисторов матрицы. При этом уровни сигналов на затворах открывают каналы транзисторов, и уровень напряжения на шине истока заряжает конденсаторную ячейку памяти. Потенциал на ячейке памяти должен храниться до следующего цикла записи данной строки. Однако за счет паразитных утечек конденсатор памяти за время полукадра (20 мс) немного

разряжается. Поэтому величину разряда корректируют при записи.

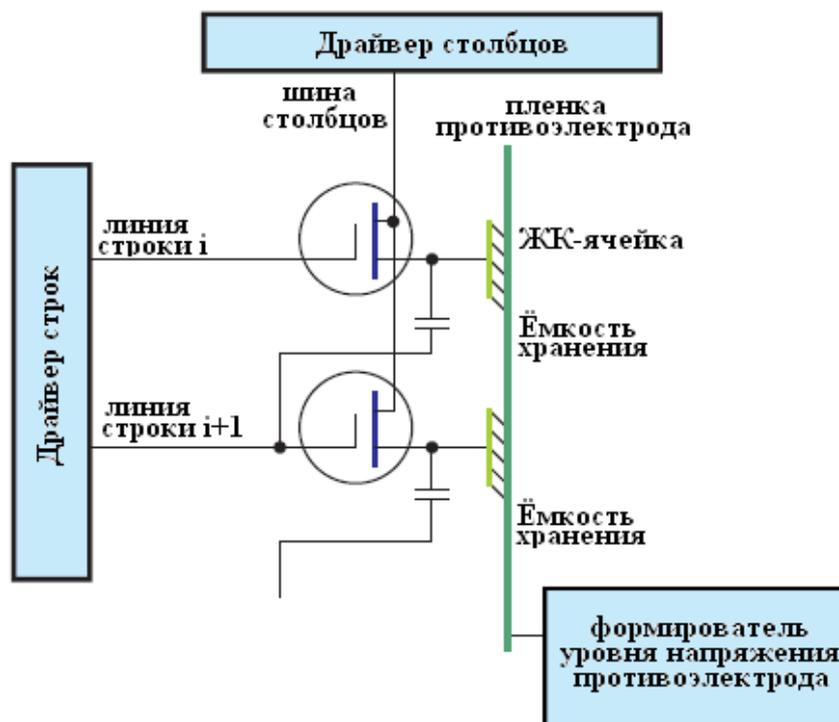


Рис.6.13. Типовая структура активной матрицы адресации

Сигнал управления ЖК-ячейкой определяется разностью потенциалов между противозлектродом и электродом пикселя. При этом для нормальной работы ЖК-ячейки требуется периодическая смена полярности приложенного к электродам ячейки напряжения. Напряжение задается разностью потенциалов на электроде пикселя и противозлектроде, а смена полярности может обеспечиваться двумя методами.

В первом методе при смене фазы полярности одновременно меняется полярность и на противозлектроде и на электроде пикселя через инверсию управляющих напряжений столбцов. Смена полярности рабочих напряжений может производиться с разной периодичностью — через строку, через несколько строк или через кадр. Также может применяться и способ, при котором в каждой строке активной матрицы идет чередование полярности управляющих напряжений в смежных пикселях.

Возможен и другой способ смены полярности, при котором потенциал противозлектрода остается постоянным, а

производится смещение вверх или вниз потенциал на электродах пикселя. Этот метод называется «direct». Благодаря этому увеличивается контраст изображения, его четкость, повышается быстродействие монитора.

В структуре столбцового драйвера может применяться только один из описанных способов управления транзистором ЖК-ячейки. Этот параметр явно указывается в спецификации на драйвер. Также в характеристиках столбцового драйвера указываются уровни используемых напряжений и методы смены полярности.

### Конструкция и принцип работы ЖК экрана с TFT управлением

На рис.6.14 представлена структура ЖК экрана с TFT управлением.

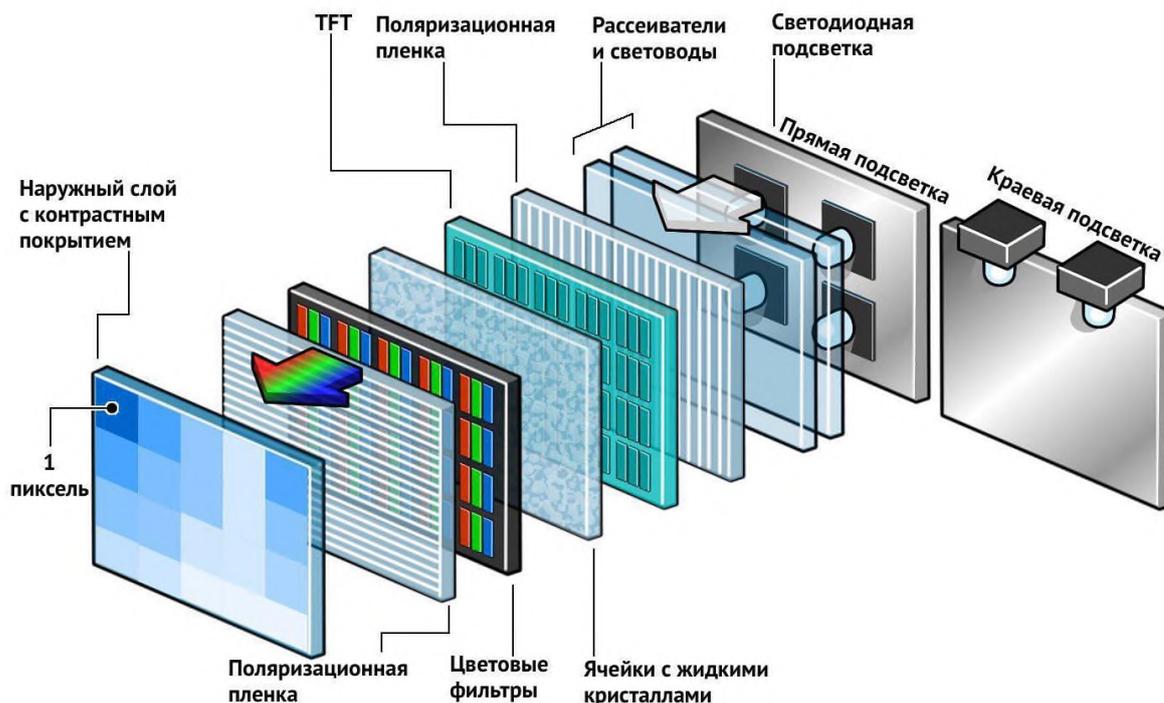


Рис.6.14. Структура ЖК экрана с TFT управлением

Поскольку ЖК экраны сами по себе свет не излучают, то в них устанавливается дополнительный источник света в виде специальных флуоресцентных ламп или светодиодов, устанавливаемых за матрицей. В современных ЖК экранах

обычно используется массив светодиодов. При этом диоды располагаются либо фронтально за матрицей - прямая подсветка, либо по контуру дисплея - боковая или краевая подсветка.

В дисплеях с боковой подсветкой сложно обеспечить одинаковую яркость света пикселей по всему экрану, потому в них используется отраженный свет. Но полностью выровнять яркость подсветки по всему полю кадра не удастся, поэтому в таких дисплеях можно контролировать только яркость определенной крупной области.

С полной фронтальной подсветкой диоды можно расположить так, чтобы управлять каждым из них или конкретной зоной. Самое высокое число диодов в ЖК-дисплее на данный момент составляет 5 200 штук, которые размещаются только на панели размером в 100 дюймов. При этом каждый диод освещает примерно 6 400 пикселей, что обеспечивает разрешение ультра высокой четкости (UHD).

Для того, чтобы световое излучение подсветки сделать более рассеянным и однородным, свет проходит через несколько уровней пластика (рассеиватели и световоды). Эти слои пластика расположены между диодами и жидкими кристаллами, поэтому экраны с полной подсветкой довольно толстые.

Далее световой поток проходит поляризационную пленку, которая представляет собой оптический фильтр пропускающий лучи только с вертикальной поляризацией. Далее световой поток проходит сквозь тонкопленочные транзисторы, которые обеспечивают запись мгновенного значения видеосигнала в соответствующий конденсатор пиксельной ячейки. Это напряжение создает управляющее электрическое поле, изменяющее ориентацию ЖК и соответственно изменение направление плоскости поляризации светового потока. Для управления интенсивностью каждого из базовых цветов (RGB) технология ЖК использует ячейки с жидкими кристаллами (органической суспензии) в каждом пикселе. После световой поток проходит через цветофильтры, пропускающие его красную, зеленую и синюю составляющие. Эти интерференционные тонкопленочные цветофильтры нанесены на стеклянную

подложку и расположены рядом друг с другом. Если вблизи внимательно присмотреться к экрану, то на нем можно разглядеть эти красные, зеленые и синие субпиксели, которые создают полноценный пиксель.

При этом скорость изменения цветов в ЖК-матрице зависит от скорости переориентации кристалла. Этот показатель влияет на размытие и следы, которые видны на динамичной картинке. Для устранения яркостных искажений на изображениях с большой скоростью движения видеообъектов желательно, чтобы кристаллы изменяли ориентацию мгновенно. Но на практике из-за их инерционности этого сделать невозможно. На сегодняшний день у лучших образцов экранов это время изменения ориентации кристалла занимает миллисекунды, что и порождает размытость изображения.

После цветового фильтра излучения субпикселей проходит через пленку второго поляроида, регулирующего интенсивность свечения пикселей. Если плоскость поляризации пропускающего света совпадает с плоскостью поляризации фильтра, то яркость свечения пикселя будет максимальной. Если плоскости поляризации света и фильтра будут взаимно перпендикулярны, то есть составлять  $90^{\circ}$ , то свет через фильтр проходить не будет и цвет пикселя будет черным. Все остальные цвета будут определяться вращением плоскостей поляризации света в интервале от  $0$  до  $90^{\circ}$ .

Кроме того, после прохождения света через кристалл его интенсивность во всех направлениях отрегулировать уже невозможно. Это связано с тем, что сам принцип, основанный на использовании жидких кристаллов, состоит в том, что большая часть светового потока направлена вперед. Поэтому максимальная световая и цветовая интенсивность получится только в том случае, если зритель находится непосредственно перед телевизором.

Также следует отметить, что на сегодняшний день технология TFT используется практически всеми производителями плоских мониторов и телевизионных экранов.

К недостаткам таких дисплеев относится их более высокая стоимость и большее энергопотребление. Кроме того такие матрицы содержат большое количество транзисторов. Так матрица с разрешением 1280 x 1024 пикселя, имеет около 4 миллионов транзисторов в субпиксельных RGB ячейках ( $1280 \times 3 \times 1024 = 3.932.160$  транзисторов). Поэтому из-за несовершенства технологических процессов них чаще встречаются неработающие пиксели.

Кроме того в таких экранах возникает проблема масштабирования и изменения разрешения изображения. Это связано с тем, что каждый пиксель находится в фиксированном положении и тем самым определяет разрешающую способность TFT экрана. Тогда есть число пикселей соответствует максимальной разрешающей способности. Но при уменьшении разрешения, например, при просмотре видео, изображение «подгоняется» до размера дисплея. При этом из-за активного управления каждым пикселем изображение для меньших разрешений повторно пересчитывается. Если используется целый коэффициент масштабирования (например, при переходе на 800 x 600 с 1600 x 1200) высота и ширина каждого пикселя удваивается. Однако в случае не целого коэффициента масштабирования (например, при переходе к 800 x 600 с 1024 x 768 – 1,28) ситуация значительно усложняется. Это связано с тем, что при математическом округлении возникают ошибки, которые приводят к возникновению искажений изображений.

## **6.5. Плоскопанельные плазменные экраны**

Принцип действия плазменного экрана или плазменной дисплейной панели (PDP - Plasma Display Panel) основан на свечении люминофоров экрана под действием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в плазме (разреженной газе). Вообще исторически первый патент на плазменную ячейку был выдан Дональду Битцеру, Жене Слоттову и Роберту Вильсону в 1964. А в 1971

году фирма Owens-Illinois получила лицензию на производство плазменных дисплеев.

Плазменная панель представляет собой матрицу газонаполненных ячеек, заключенных между двумя параллельными стеклянными поверхностями. В качестве газовой среды обычно используется неон или ксенон.

Конструктивно плазменная панель представляет собой две тонкие стеклянные пластины, на которые нанесены полупрозрачные электроды (шины) для коммутации строк (на лицевом стекле) и столбцов изображения (на заднем стекле, являющемся подложкой) (рис 6.15).

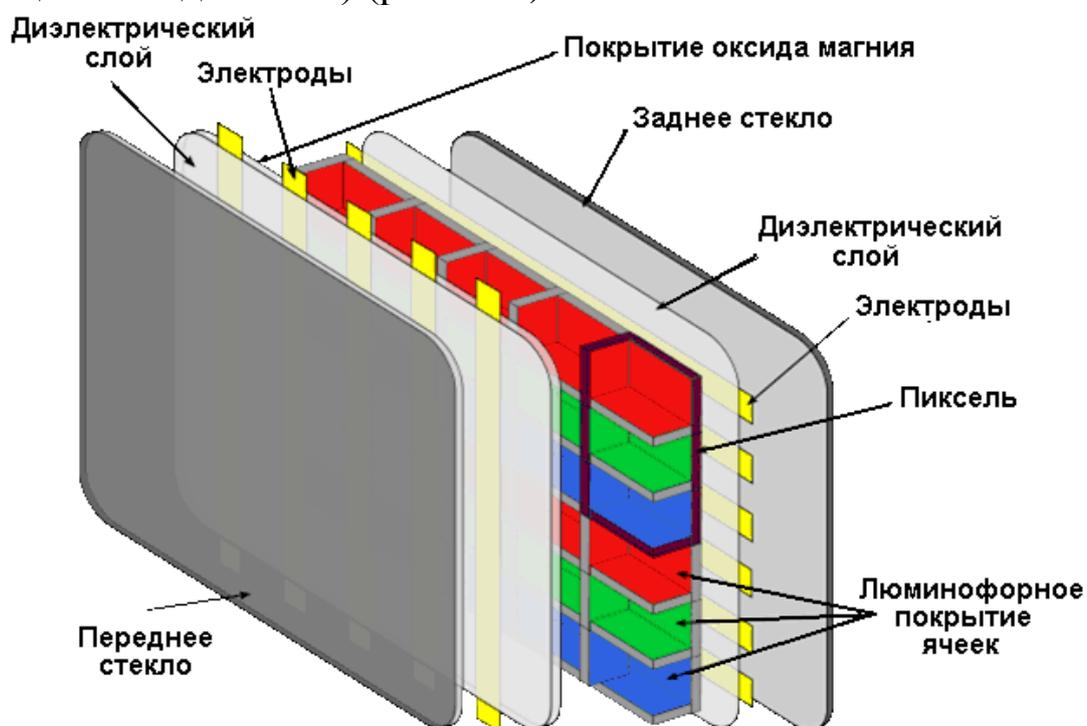


Рис. 6.15. Принцип конструкции плазменной панели

На внутренней поверхности передней прозрачной стеклянной пластины напротив каждого субпикселя расположены два тонкопленочных электрода: **электрод сканирования и электрод подсветки**. На внешней поверхности задней стеклянной пластины поперек всех пикселей расположен **электрод адресации**. Таким образом, образуется прямоугольная матрица, ячейки которой находятся на пересечении электродов строк и столбцов. На стекле-подложке сформирован

специальный профиль в виде стеклянных ребер, изолирующих соседние ячейки друг от друга. На внутренней поверхности стекла подложки нанесены чередующиеся полосы люминофоров первичных цветов *R*, *G*, *B*, образующих триады субпикселей.

В качестве люминофоров используются следующие составы:

- Зелёный:  $Zn_2SiO_4Mn_{2+} / BaAl_{12}O_{19}Mn_{2+}$
- Красный:  $Y_2O_3Eu_{3+}$
- Синий:  $BaMgAl_{10}O_{17}Eu_{2+}$

где *Y* – иттрий, *Eu* – европий, *Mn* - марганец

При этом зеленый люминофор дает излучение с длиной волны между **510 и 525 нм**, красный - **610 нм**, синий - **450 нм**.

В процессе изготовления такой панели из внутреннего объема между стеклянными пластинами откачивается воздух, этот объем заполняется разреженным газом (неон, ксенон, гелий, аргон или их смесь), являющимся рабочим «телом» при работе, после чего панель герметизируют.

Плазменная панель работает следующим образом. С помощью внешних устройств «развертки» на электроды строк и столбцов матрицы подаются управляющие напряжения. Под действием напряжения между инициированными строчной и столбцовой шинами в соответствующей ячейке матрицы происходит электрический разряд в газе через образующуюся при этом плазму (ионизированный газ). Этот разряд вызывает мощное ультрафиолетовое (УФ) излучение, которое заставляет светиться находящийся в данной ячейке люминофор. Так как существуют разделительные «барьеры» между соседними ячейками, электрический разряд локализуется в пределах одной отдельно взятой и не оказывает воздействия на соседние ячейки. А чтобы УФ излучение одной ячейки не вызывало свечение соседней ячейки, на боковые поверхности разделительных ребер наносят специальное поглощающее ультрафиолет покрытие.

Работа плазменной панели состоит из трех этапов:

1. **инициализация;**
2. **адресация;**
3. **подсветка.**

**Инициализация.** На данном этапе происходит упорядочивание положения зарядов среды и её подготовка к следующему этапу (адресации). При этом на электроде адресации напряжение отсутствует, а на электрод сканирования относительно электрода подсветки подается импульс инициализации, имеющий ступенчатый вид (рис.6.16). На первой ступени этого импульса происходит упорядочивание расположения ионов газовой среды, на второй ступени - разряд в газе, а на третьей — завершение упорядочивания.

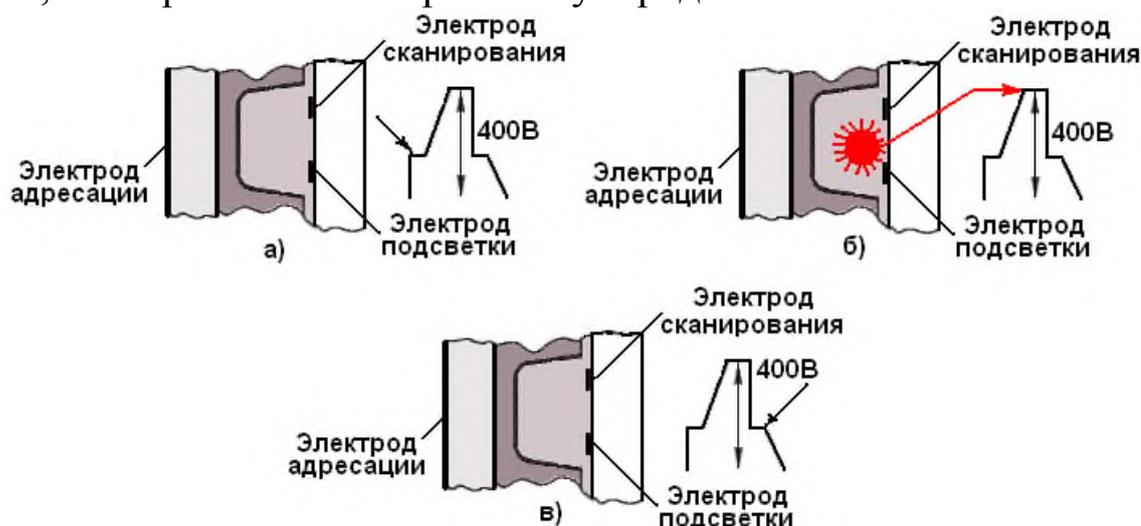


Рис.6.16. Принцип инициализации плазменных ячеек

**Адресация.** На данном этапе происходит подготовка пикселя к подсвечиванию. При этом на шину адресации подается положительный импульс величиной  $+75$  В, на шину сканирования отрицательный импульс ( $-75$  В). А на шине подсветки устанавливается напряжение  $+150$  В.

**Подсветка.** На данном этапе на шину сканирования подается положительный, а на шину подсветки отрицательный импульс, величиной  $190$  В (рис.6.17). Сумма потенциалов ионов на каждой шине и дополнительных импульсов приводит к превышению пробивного напряжения газа и происходит разряд в газовой среде. После разряда происходит повторное распределение ионов у шин сканирования и подсветки. Смена полярности импульсов приводит к повторному разряду в плазме. Таким образом, меняя полярность импульсов обеспечивается многократный разряд в

ячейки.

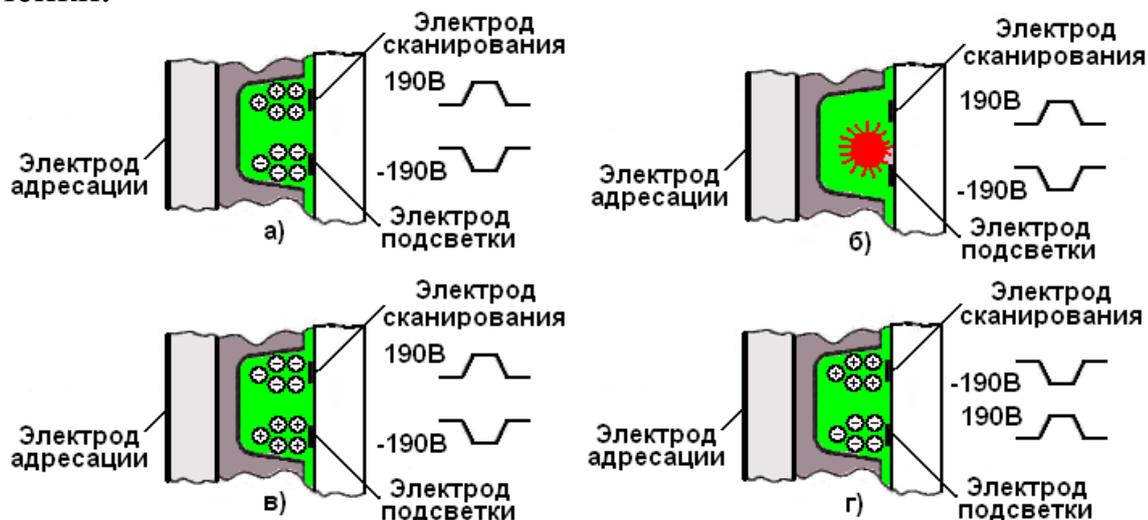


Рис.6.17. Процесс подсветки в плазменных ячейках

За один цикл «инициализация — адресация — подсветка» происходит формирование одного подполя изображения. Складывая несколько подполей можно обеспечивать изображение заданной яркости и контраста. В стандартном исполнении каждый кадр плазменной панели формируется сложением восьми подполей.

Таким образом, при подведении к электродам высокочастотного напряжения происходит ионизация газа или образование плазмы. В плазме происходит емкостной высокочастотный разряд, что приводит к УФ излучению, которое возбуждая атомы люминофоров вызывает их свечение в красном, зелёном или синем цвете (рис. 6.18).

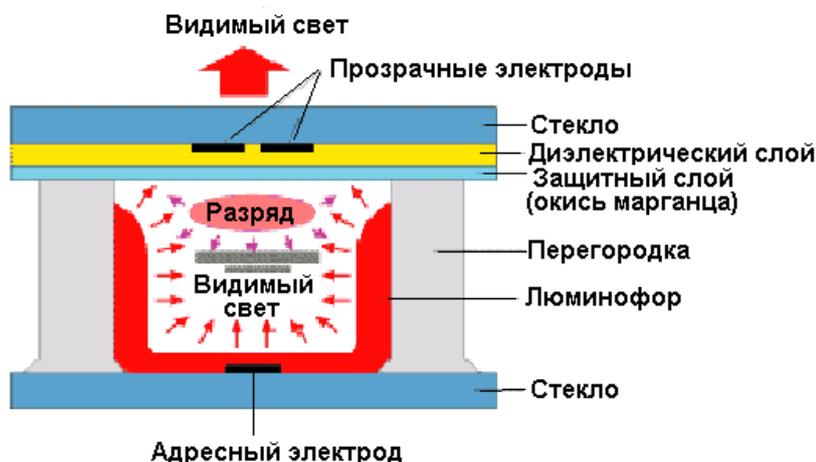


Рис.6.18. Работа одного субпикселя плазменной панели

Из-за того, что плазменные панели сами являются источником света, эти экраны обеспечивают углы обзора по вертикали и горизонтали близкие к 180 градусов. При этом в отличие от ЖК экранов, обеспечивается отличная цветопередача (рис.6.19).



Рис.6.19. Внешний вид телевизора с плазменным экраном.

Таким образом, плазменная технология имеет отдельные преимущества над ЖК:

1. Люминофоры для плазменного телевизора обеспечивают более сочные цвета в более широком диапазоне. Цветовой диапазон плазменных экранов намного шире, чем у ЖК-телевизоров. Если сравнивать с ЭЛТ-мониторами, то цветовой диапазон "плазмы" в ряде случаев бывает хуже, поскольку у ЭЛТ условия для возбуждения люминофора гораздо лучше, так как энергия электронов выше, чем у УФ-излучения.
2. Плазменные панели гораздо безопаснее кинескопных телевизоров. Они не создают вредных магнитных и электрических полей, так как в них отсутствуют устройства развертки и высоковольтный источник анодного напряжения кинескопа. Плазменная панель не оказывает вредного влияния на человека и домашних животных и не притягивает пыль к поверхности экрана и не создает рентгеновского излучения.
3. Из-за того, что выключенный пиксель свет не излучает, в отличие от ЖК панелей, то контрастность у плазменных

экранов сопоставима ЭЛТ-экранам и имеют высокую яркость свечения на уровне 900 до 1000 кд/м.

4. Плазменные панели достаточно надежны и долговечны. Заявленный срок службы современных PDP в 60 тыс. часов предполагает, что за все это время (примерно 6,7 лет непрерывной работы) яркость экрана уменьшится вдвое против начальной.

Однако у плазменных панелей есть и свои недостатки:

1. У плазменных панелей достичь размера пикселя меньше 0,3мм практически невозможно. Поэтому на сегодняшний день сделать плазменный экран с диагональю меньше 32" (82 см) невозможно. Таким образом диагонали плазменных панелей начинаются с 32-дюймов и заканчиваются на 103-х (82-330 см).
2. Диапазон изменения яркостей в плазменных панелях значительно хуже ЖК кинескопов и ЖК панелей. Это связано с тем, что практически невозможно регулировать интенсивность разряда в плазме. То есть пиксель либо горит, либо не горит. А промежуточного состояния нет. Потому для управления яркостью свечения производители используют метод импульсно-кодовой модуляции. То есть, чтобы пиксель горел ярко, его нужно часто зажигать. Для получения более темного оттенка зажигать пиксель можно реже. Глаз человека не заметит отдельные вспышки и усреднит значение яркости. Этот метод хорошо работает, но и не свободен от недостатков. Если средние и яркие оттенки отображаются вполне прилично, то темные оттенки трудно отличить друг от друга.
3. Благодаря применения импульсного управления яркостью пикселей человеческий глаз замечает мерцание плазменных экранов, что утомляет зрение. Поэтому для устранения видимых мерцаний применяются сложные методы нелинейной импульсной модуляции. Но полностью избавиться от мерцания на плазменных

панелях не удаётся, особенно во время просмотра с близкого расстояния.

4. Плазменные экраны довольно сложны и дороги в производстве. Это связано с тем, что электроника панелей требует высоковольтных полупроводниковых схем, которые работают на пределах возможностей материалов. Контрольные цепи электродов должны выдерживать несколько сотен вольт на высоких частотах. Кроме того, применение высоких напряжений сказывается на довольно большой мощности потребления плазменных экранов, которая может составлять 250 -500 Вт.

### 6.6. Плоскопанельный тонкий кинескоп

Несмотря на широкое распространение панельных жидкокристаллических и плазменных экранов у них имеется целый ряд принципиальных недостатков по сравнению с традиционными кинескопами (ЭЛТ). Среди них, например, малый угол обзора и относительно низкое быстродействие у ЖК-панелей и высокое потребление у плазменных панелей, большая сложность конструкции и стоимость изготовления. При этом кинескопы обеспечивают высокое разрешение и естественность изображения. Поэтому если использовать в ЭЛТ вместо трех катодов (по одному для каждого цвета) индивидуальный катод для каждого пикселя, то можно сделать такой тонкой кинескоп достаточно тонким и лишенным геометрических искажений.

Для этой цели многие производители пытались использовать эффект полевой эмиссии (отсюда и первое название таких панелей — **FED-дисплеи**). В них, так же как и в ЭЛТ, для получения изображения используется эффект в излучении света люминофором при его бомбардировке электронами. Конструкция благодаря используемому принципу позволяет теоретически уменьшить толщину панели до 10 мм. По сравнению с ЖК-панелями FED-дисплеи не требуют лампы подсветки, имеют

широкий угол обзора, малое время отклика (высокое быстродействие) и отличную цветопередачу.

**Технология FED (Field Emission Display** - дисплеи с автоэлектронной эмиссией) во многом подобна технологии ЭЛТ. Точно также, эмиссия приводит к бомбардировке электронами люминофоров основных цветов. Но, в отличие от ЭЛТ, новая технология позволяет уменьшить толщину дисплея до нескольких миллиметров. Вместо электронно-лучевой пушки здесь используется массив металлических иглолок или углеродных нанотрубок в качестве наиболее эффективных излучателей электронов каждого пикселя. Из-за большой избыточности эмиттеров, FED технологии удается преодолеть проблему "битых" пикселей, являющуюся бичом технологии ЖК. Пиксель сохранит свою работоспособность даже если выйдет из строя до 20% его эмиттеров. Однако, работа FED панели имеет ряд сложностей. Дело в том, что для эмиссии электронов необходима высокая напряженность электрического поля. Но вместо высокого напряжения (в ЭЛТ), в FED используются очень маленькие размеры катодов и расстояний между ними - размеры порядка атомной решетки. Проблема в том, что при таких сверхмалых размерах эмиттеров катода, они могут быть легко повреждены ионами, которые возникают при ионизации остатков воздуха в пиксельных ячейках. Так же появление молекул газа внутри устройства может быть спровоцировано интенсивной бомбардировкой люминофора электронами. Поэтому в технологии FED необходимо снижать рабочее напряжение и создавать более высокий вакуум, чем в технологии ЭЛТ. Кроме того, для электронно-лучевой трубки достаточно чтобы средняя величина свободного пробега электрона была выше физических размеров самой трубки. В FED же, каждая молекула - потенциальный источник иона, приводящего к разрушению катода.

Для повышения надежности эмиттеров катода компанией **Field Emission Technologies** была предложена улучшенная технология **Nano-Spindt FED**, использующая массив наноконусных эмиттеров.

Это новое поколение плоских дисплеев, дающих широкие углы обзора, естественные цвета, невероятный контраст с истинным черным цветом и четкое несмазанное изображение движущихся объектов. Использование нанотехнологий позволило получить более 10 тысяч эмиттеров для каждого пикселя, что дает возможность сделать панель очень тонкой ввиду отсутствия необходимости в лампе подсветки (как в ЖК) и в высоком напряжении (как в ЭЛТ или "плазме").

Структура FED панели представлена на рис.6.20.

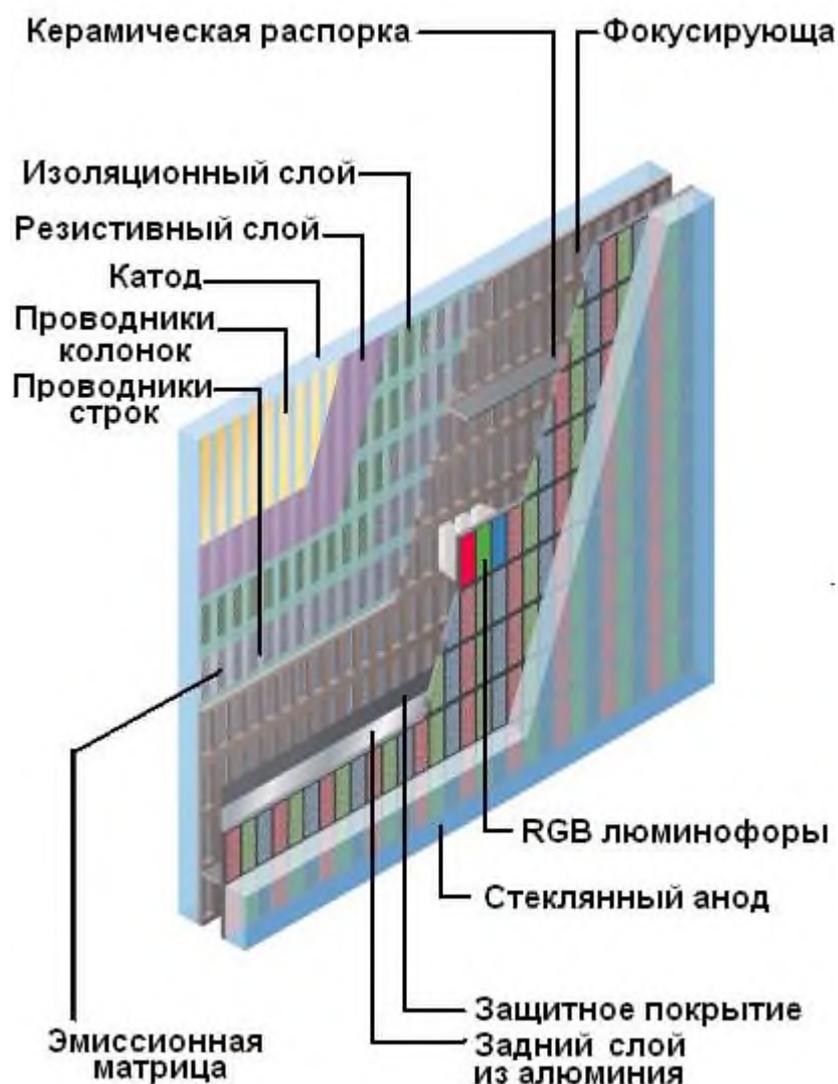


Рис.6.20. Структура экрана на основе FED технологии

В данном экране используются следующие элементы:

- керамические распорки, прозрачные для электронов,

- устанавливаются между катодом и анодом в качестве силовых элементов конструкции, чтобы вакуумированная панель могла выдержать атмосферное давление;
- изоляционный слой предохраняет от замыкания проводники строк и столбцов;
  - эмиссионная матрица образует массив эмиттеров, образованный пересечением линий колонок и столбцов;
  - задний алюминиевый слой обеспечивает хорошую фокусировку электронов и вместе с защитным слоем улучшает чистоту цвета.

Микроскопические размеры эмиттеров и отверстий в управляющих электродах (диаметром 120 нанометров) позволяют управлять катодом с использованием низких напряжений. При этом для каждого пикселя используется более 10 тысяч таких микро-эмиттеров, что обеспечивает высокую яркость и чистоту цвета, равномерные по всей площади экрана. Кроме того, освоение нанометровых технологических норм позволяет удешевить процесс производства FED панелей.

Таким образом, FED телевизоры позволяют получать близкие к оригиналу цвета, знакомые гамма характеристики и четкость в передаче движущихся объектов. Ни плазма, ни ЖК не дают изображения, сопоставимого с изображением, формируемым высококачественной электронно-лучевой трубкой. В то же время, FED технология представляет собой большое количество микро ЭЛТ телевизоров, размерами в один пиксель.

## **6.7. Модульные светодиодные видеоз экраны**

Для показа телевизионных изображений большому количеству людей требуются экраны больших размеров. Для этой цели могут использоваться проекционные системы на основе проекционных кинескопов или ЖК матриц. Однако такие системы в основном рассчитаны для работы в закрытых помещениях, а для наружных экранов в последние годы широкое

распространение получили модульные видеозкраны. Эти экраны позволяют собрать экран требуемых размеров из отдельных модулей, которые могут быть построены основе плазменных или светодиодных ячейках. Но поскольку большие плазменные панели потребляют много электроэнергии, то большее распространение получили LED панели (Light Emission Diodes) на светоизлучающих диодах. Это связано с тем, что по сравнению с другими электрическими источниками света, светодиоды имеют ряд преимуществ, таких как: высокая световая отдача, высокая механическая прочность, длительный срок службы, высокая надежность, низковольтность, относительно слабый нагрев, малая инерционность и т.д.

Следует отметить, что светодиод представляет собой полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом (р-п переходом) или контактом металл-полупроводник (барьер Шоттки), создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока.

Исторически первый светодиод, излучающий свет в красном диапазоне был изготовлен в 1962 году в Университете Иллинойса группой, которой руководил инженер компании General Electric Ник Холоньяк. Чуть позже появились на свет желтые, оранжевые и зеленые светодиоды и лишь в 1990 году Судзи Накамура, работавший на корпорацию Nichia Chemical Industries, изобрел синий светодиод. Во многом именно это изобретение способствовало появлению и быстрому развитию светодиодных экранов.

Для отображения изображений на видеозкранах используются специальные пиксели, которые имеют 2 типа исполнения: **2R1G1B** и **1R1G1B**, как показано на рисунке 6.21. Это связано с тем, что первоначально красные светодиоды обладали слабой светосилой. Поэтому последовательное включение двух красных светодиодов повышало яркость свечения в красном диапазоне спектра. Кроме того, использование 4-х светодиодов в пикселе оптимизировало заполнение апертуры излучающей поверхности экрана.

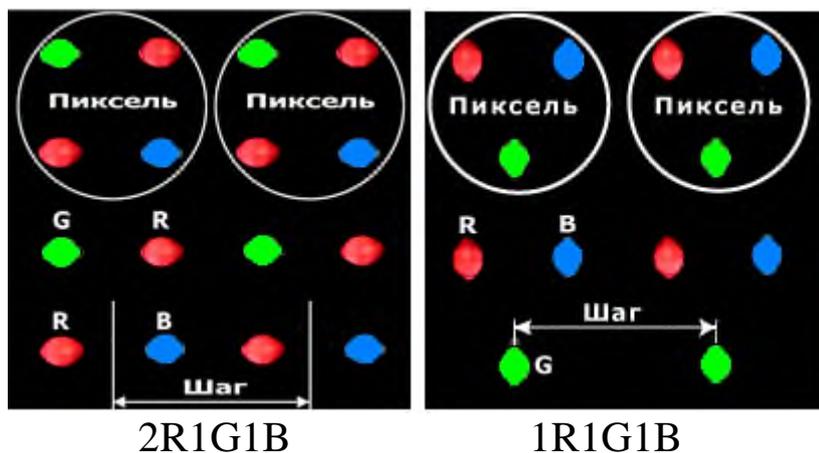


Рис.6.21. Виды исполнения пиксельных ячеек

Однако с появлением красных R светодиодов с высокими значениями силы света, стало возможно построение пикселя по схеме 1R1G1B на модулях с любым шагом (до 38 мм). При этом на дальних расстояниях наблюдения, не отмечается разницы в восприятии смешанных в таком пикселе и пикселе 2R1G1B оттенков цветов. В то время как, на близких расстояниях и на больших углах наблюдения, пиксель 2R1G1B мог производить излишний фон красного оттенка, искажая цветопередачу, что отсутствует в пикселе 1R1G1B.

С появлением новых светодиодов для поверхностного монтажа на печатной плате (SMD) - 3 светодиода - красный, зеленый и синий в одном корпусе (3-in-1), стало возможным производство модулей с шагом меньшим 10 мм, что позволяет собирать светодиодные экраны очень высокого разрешения, при относительно небольших размерах.

Для построения больших экранов различных размеров технологически удобно использовать модульную конструкцию на основе готовых электронных блоков (модулей) стандартных размеров. Данные модули укомплектованы пикселями из светодиодов или сборок RGB, соединенных на общей плате и имеющих контроллер управления работой пикселей и необходимые разъемы и шлейфы для объединения с соседними блоками. Соединение монтажных плат осуществляется механизмом двойных замков, которые позволяют избежать видимого стыка, обеспечить надежность соединения и

автоцентрировать пиксели. Для эксплуатации экранов модульный принцип обеспечивает удобство транспортировки, сборки и ремонта. На рис.6.22. показан вид модульных панелей, а на рис.6.23 приведена конструкция большого экрана.

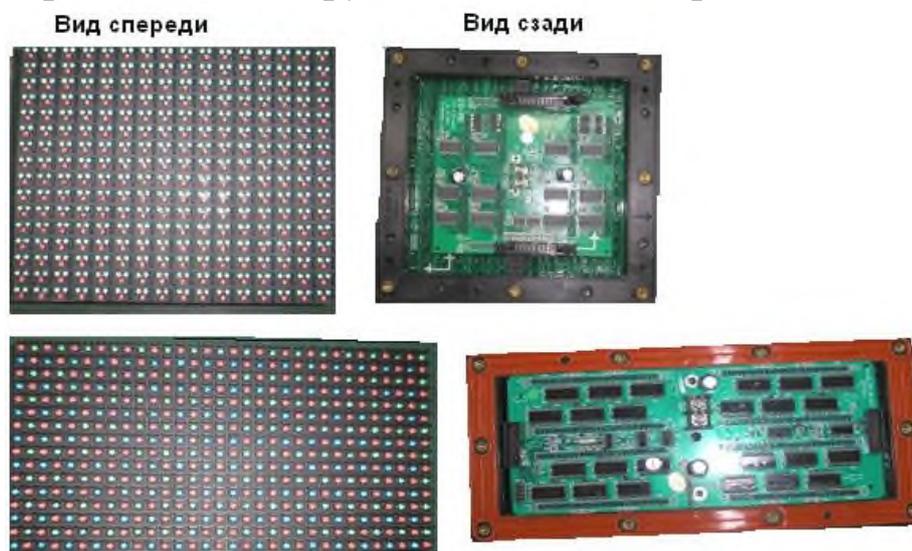


Рис.6.22. Внешний вид модульных панелей.

В настоящее время существует большое разнообразие видеоекранов, поэтому используется следующая их классификация по области применения:

- **Светодиодные LED-экраны внешней установки**, к которым относятся стационарные экраны, т.н. медиафасады, видео-вывески, установки на крыши и другие внешние поверхности с защитным корпусом.
- **Светодиодные LED-экраны внутренней установки**, к которым относятся экраны устанавливаемые в торговые центры, большие концертные залы, кино, заведения общественного питания, отдыха и развлечения, где формат изображения действительно имеет значение. У этих устройств другой уровень защиты и тип вентилятора, но это никак не влияет на срок их службы.
- **LED-видеоборд** представляют собой большие светодиодные экраны, главная задача которых состоит в трансляции видеоконтента на большие площади с высоты или другого удобного для зрителя положения. Небольшие погрешности изображения, возникающие при работе

светодиодного экрана, на таких расстояниях глазом незаметны. Также этот тип включает в себя экраны больших открытых спортивных арен.

- **Светодиодные медиафасады** наиболее часто используются в рекламных целях. Характеризуются полупрозрачной конструкцией, крепящейся без зазора к стене или другой поверхности вместе со специальным блоком питания и вентилятором, охлаждающем светодиоды. Благодаря своему эстетическому виду, могут использоваться для покрытия больших площадей фасада здания, создавая множество вариантов для представления видеоконтента.
- **Гибкие, объемные и авторские светодиодные экраны.** Их используют для декора или специальных заказов под нужды творческих проектов.

Для отображения единого изображения на отдельных модулях используется специальная система их управления и программное обеспечение.

Система управления экраном включает в себя плату посылы видеосигнала, которая может быть установлена как в корпус управляющего компьютера, так и в отдельный корпус, и плату приема видеосигнала, которые установлены каждая в своём светодиодном модуле. Их ровно столько, сколько модулей в экране. На рис.6.23 представлены платы передачи и приема видеосигнала.

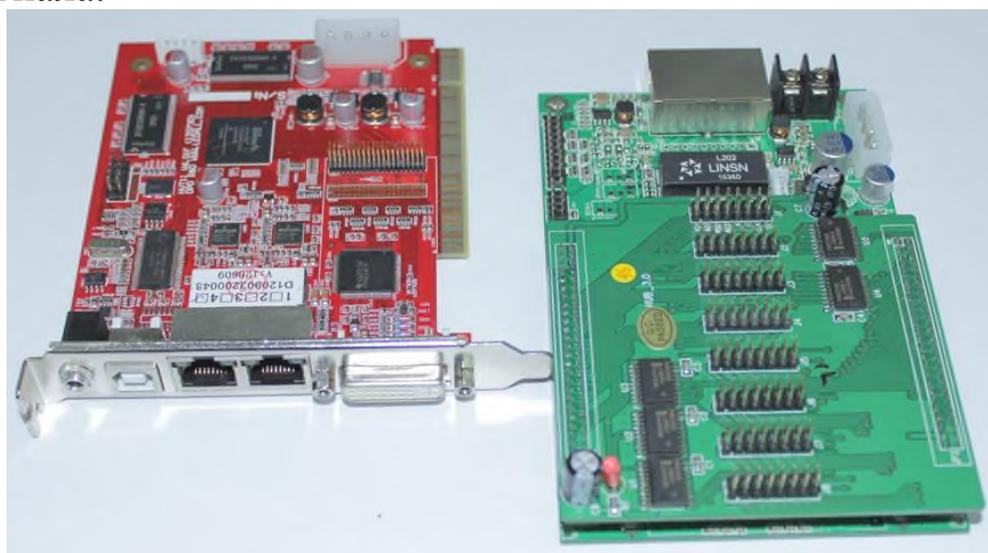


Рис.6.23. Варианты плат передачи и приема видеосигналов

Плата передачи, на своем торце, имеет 1 DVI разъем, через который осуществляется передача видео контента с управляющего компьютера и 1 USB разъем, через который осуществляется передача служебной (настроечной) информации с программы, управляющей работой экрана. Также имеются 2 разъема RJ45, через которые осуществляется коммутация платы передачи непосредственно с самим экраном через кабель типа витая пара UTP Cat.5. Плата передачи устанавливается в свободный слот на материнской плате управляющего компьютера, с которого она получает питание для своей работы.

Далее витая пара связывает плату передачи с первой платой приема экрана, которая установлена, как правило, в одном из угловых светодиодных модулях. Далее платы приема последовательно соединяются между собой этим же кабелем: 1-ый со 2-ым, 2-ой с 3-им, 3-ий с 4-ым и т.д.

Довольно часто ставится задача трансляции видео контента на LED экрана не только с управляющего компьютера, но и с таких источников сигнала как DVD плеер, видео камера, ТВ тюнер (рис.6.24).



Рис.6.24. Система управления экраном

В этом случае в систему управления добавляется устройство **LED видео процессора** (рис.6.25), имеющего в своем корпусе разнообразные видео и аудио входы, к которым и подключается все периферийное, дополнительное оборудование.



Рис.6.25. Лицевая и задняя панель LED видео процессора

Кроме того применение LED видео процессора обеспечивает без искажений изображения их отображения на экранах с различным соотношением сторон. Так, если планируется установка экрана с соотношением сторон не равным 4:3 или 16 : 9, то без видеопроцессора изображение на экране будет либо растянутым, либо приплюснутым с боков. Это второе незаменимое предназначение LED видео процессора.

В LED процессоре также имеется слот для установки в него платы передачи видео сигнала. В такой конфигурации видеопроцессор может заменить собой управляющий компьютер. При этом программное обеспечение, управляющее видео экраном, предусматривает возможность подготовки Play List'a, где будет прописано время включения того или иного экрана, а также видео материал, который будет показан на экране, и количество его включений с сутки. Данные операции программируются и в дальнейшем осуществляются автоматически, без вмешательства оператора.

Соединение платы передачи с экраном может осуществляться двумя способами:

- по кабелю UTP Cat.5, если длина соединения с экраном не превышает 100 метров.
- По оптоволоконному кабелю, если длина соединения с экраном больше 100 метров.

На рис.6.26 представлен вариант конструкции стационарного модульного экрана внешней установки.

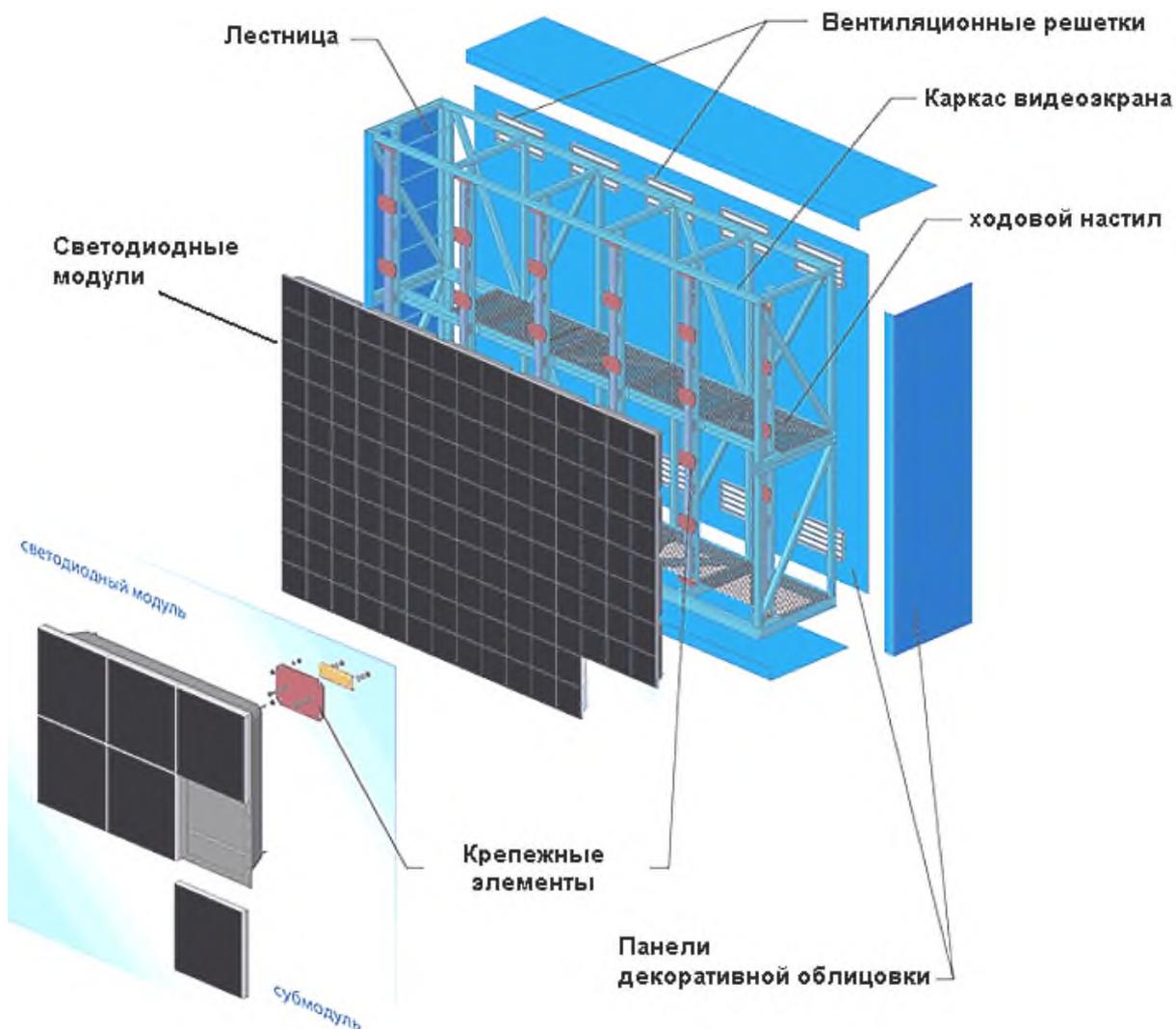


Рис.6.26. Вариант конструкции стационарного модульного экрана внешней установки

## 6.8. Экраны на органических светодиодах (OLED)

При создании новых моделей телевизоров, производители стараются использовать наиболее новые и современные технологии. Одной из таких технологий является использование органических светодиодов (OLED- Organic Light Emitting Diodes),

которая отличается высокой производительностью и некоторыми другими характеристиками. Это связано с тем, что таким панелям не нужны световые фильтры или дополнительная подсветка. Также данная особенность позволяет таким ТВ быть более тонкими и простыми в изготовлении.

OLED телевизор представляет собой телевизор, матрица которого в основном состоит из органических светодиодов, созданных на основе углерода. Такие экраны часто устанавливают в плеерах, телефонах и других устройствах.

Органический светодиод – это любой светодиод, цвет свечения которого определяется люминофором на основе пленки органического соединения. Структура OLED представлена на рис.6.27.

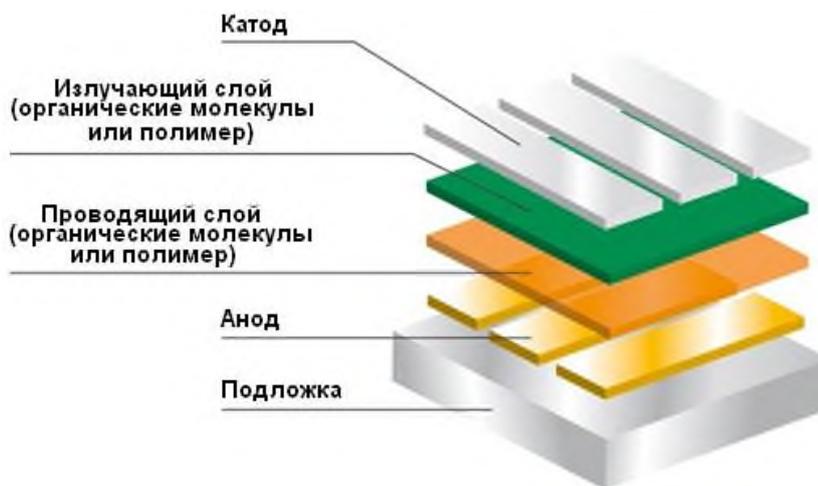


Рис.6.27. Структура органического светодиода

OLED состоит из следующих элементов:

- подложки из пластмассы, стекла или фольги;
- анода из прозрачного материала, который при прохождении тока инжектирует дырки;
- слоя органического материала, проводящего дырки, инжектируемые анодом (в качестве материала этого слоя может применяться **полианилин**);
- второго слоя органического материала, проводящего электроны, инжектируемые катодом. В этом слое происходит рекомбинация носителей заряда, которая сопровождается световым излучением;

- катода, инжектирующего электроны в излучающий слой при прохождении тока. При этом катод может быть как прозрачным, так и непрозрачным.

В настоящее время существует ряд типов OLED, например:

- пассивно-матричные (Passive-Matrix OLED, PMOLED);
- активно-матричные (Active-Matrix OLED, AMOLED),
- наборные OLED (Stacked OLED, SOLED);
- гибкие OLED (Foldable OLED, FOLED).

**Пассивно-матричные (PMOLED).** Пиксели данных диодов формируются в точках пересечения перпендикулярных друг другу анодных и катодных полос. Управление свечением осуществляется внешней схемой, а яркость свечения каждого пикселя пропорциональна силе проходящего тока. Они просты в изготовлении, но из-за внешней системы управления потребляют наибольшую мощность. Обычно на таких диодах делают экраны малых размеров для сотовых телефонов, карманных компьютеров.

**Активно-матричные (AMOLED).** В данных устройствах управление осуществляют тонкопленочные полевые транзисторы, формируемые в виде матрицы, располагаемой под анодной пленкой. Потребляемая мощность активно-матричных диодов меньше, чем пассивно-матричных поэтому они пригодны для создания дисплеев больших размеров. Кроме того они обладают высоким быстродействием поэтому пригодны для воспроизведения видеосигналов в компьютерах, телевизорах, а перспективе в больших видео экранах;

**Наборные OLED (SOLED).** В этих приборах красные, зеленые и синие субпиксели располагаются друг за другом, а не рядом как в обычных экранах. Такая вертикальная структура OLED благодаря независимой регулировке интенсивности излучения, цветопередачи и шкалы серого позволяет создавать полноцветные экраны с высоким разрешением;

**Гибкие OLED (FOLED).** Эти приборы изготавливаются на гибкой металлической фольге или пластмассе. Диоды этого типа

очень легкие и прочные и позволяют создавать гибкие экраны с изогнутой поверхностью.

В последнее время внимание разработчиков привлекают так называемые фосфоресцирующие органические светодиоды (Phosphorescent OLED, PHOLED), разработанные компанией Universal Display Corp. (UDC). Это высокостабильные и эффективные приборы, в которых слои переноса дырок и электронов выполнены из маломолекулярного органического материала и растворимого нем фосфоресцирующего материала. Благодаря фосфоресценции PHOLED теоретически могут преобразовать практически 100% потребляемой энергии в световое излучение против 23% для обычных органических светодиодов. Высокий энергетический выход позволяет в 4 раза снизить потребляемую мощность и соответственно, тепловыделение. Кроме того, эти диоды пригодны для изготовления активно-матричных дисплеев на поли- или аморфном кремнии, что обеспечивает высокую яркость свечения и продолжительный срок службы при высокой спектральной стабильности.

Применение OLED в телевизионной технике позволит заменить конкурирующие технологии на ЖК и плазме. Толщина слоя нового эластичного материала не превышает 1 мм, он легко растягивается, сохраняет свою форму и работоспособность при любых деформациях. На экран из такого материала можно смотреть под любым углом, при этом качество изображения не изменится. Надо отметить, что контрастность такого дисплея намного выше, чем у жидкокристаллических и плазменных дисплеев. На рис.6.28 представлен вариант современных телевизионных экранов от компании LG. Представленный экран настолько тонкий, что его можно свернуть в трубочку.

OLED экраны обеспечивают очень хорошее качество изображений с очень высокой контрастностью достигающей 1000-2000- раз. Яркость OLED-телевизора воспринимается в зависимости от места, где он расположен, поэтому в комнате с ярким светом преимущества экрана на органических светодиодах не будут сильно заметны. Недорогие OLED-панели выдают

яркость на уровне 700–800 кд/м<sup>2</sup>, тогда как LED-телевизоры способны на большее — 1 400–1 500 кд/м<sup>2</sup>. Однако в дорогих моделях 2017 года яркость пикселей увеличена до 2000 кд/м<sup>2</sup>.



Рис.6.28. Вариант гибкого телевизионного экрана от компании LG 2017 года

Основным недостатком OLED экранов для телевизоров является их высокая цена. Так стоимость телевизора с 77 дюймовым экраном 2017 года выпуска составляет примерно 20 тыс\$. Кроме того, срок службы органических светодиодов пока не такой высокий, как у ЖК панелей. Но в перспективе OLED заменят и ЖК и плазменные экраны.

## 7. РАЗВЕРТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

### 7. 1. Общие сведения

В телевидении развертка обеспечивает последовательную передачу элементов изображения по каналу связи и отображение их в тех же координатах на экране телевизора. При этом в устройствах на электронно-лучевых трубках развертка осуществляется отклонением сфокусированного электронного луча, а в плоскостельных экранах формированием специальных адресных импульсов строк и столбцов.

В электронно-лучевых трубках отклонять луч можно с помощью электрического или магнитного поля. Однако эффективность отклонения луча значительно меньше, чем магнитным. А учитывая, что в современных телевизорах угол отклонения луча составляет 90 и более градусов, то при отклонении электрическим полем длина кинескопа была бы более 2 метров. Поэтому электростатическое отклонение используется только в осциллографических трубках, где размер экрана небольшой. Таким образом, в современных кинескопах из-за большого размера используется электромагнитная система отклонения – катушками индуктивности, которые включают в себя активное сопротивление провода, паразитную межвитковую емкость и индуктивное сопротивление катушек. Эквивалентная схема такой системы имеет вид представленный на рис.7.1.

Влияние емкости катушек  $C_k$  на работу строчной и кадровой разверток различно. Поскольку кадровая развертка работает на низкой частоте **50 Гц**, то  $C_k$  можно не учитывать, а на частоте строк она оказывает большое влияние на форму и размах отклоняющего тока и напряжения.

Если не учитывать влияние емкости, то управляющее напряжение, которое нужно подавать на катушки опишется выражением:

$$U_k = U_L + U_r = L_k di/dt + r_k i.$$

Для получения пилообразного тока в отклоняющих катушках на них необходимо подавать пилообразную и импульсную составляющие.

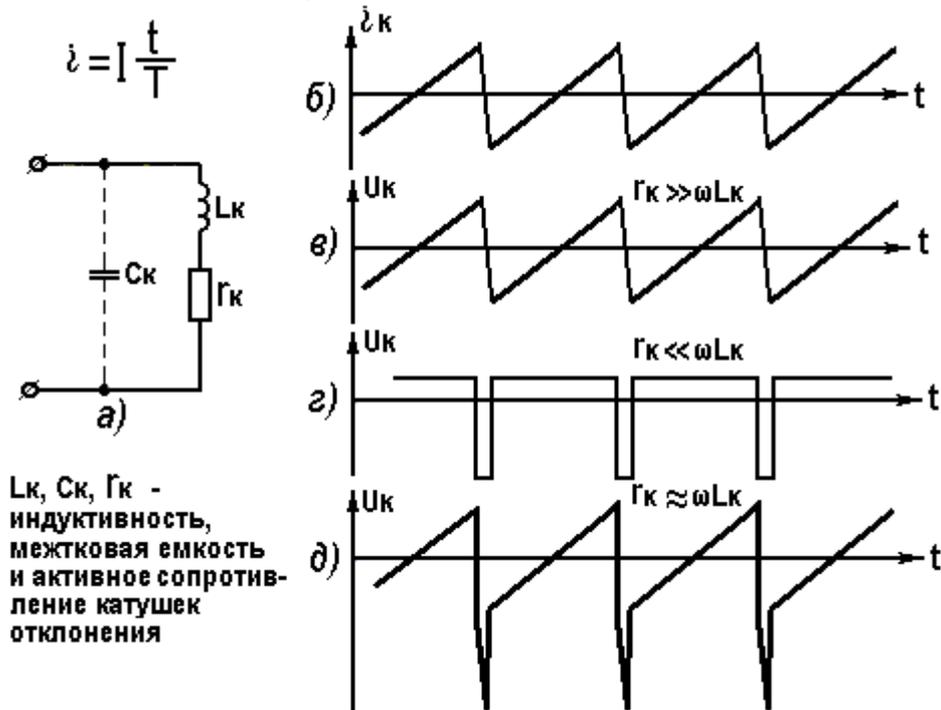


Рис.7.1. Формирование отклоняющего тока в отклоняющих катушках.

В зависимости от соотношения активного ( $r_k$ ) и реактивного ( $\omega L_k$ ) сопротивления катушек отклонения, форма отклоняющего напряжения изменяется следующим образом:

- если  $r_k \gg \omega L_k$ , то приложенное напряжение должно иметь пилообразную форму;
- если  $r_k \ll \omega L_k$ , то напряжение должно иметь импульсную форму, т.к. форма его определяется производной тока;
- если  $\omega L_k \approx r_k$  то напряжение должно быть импульсно-пилообразной формы, причем их соотношение определяется значениями  $L_k$  и  $r_k$ .

Кроме того, при отклонении электронного луча поперечным магнитным полем траектория движения электронов в этом поле имеет вид окружности (рис. 7.21) с радиусом:

$$R = \frac{1}{H} \sqrt{\frac{2mU_{a2}}{e}} \quad (7.1)$$

где  $U_{a2}$  – напряжение на втором аноде кинескопа;  $m$  и  $e$  – масса и заряд электрона;  $H$  – напряженность магнитного поля.

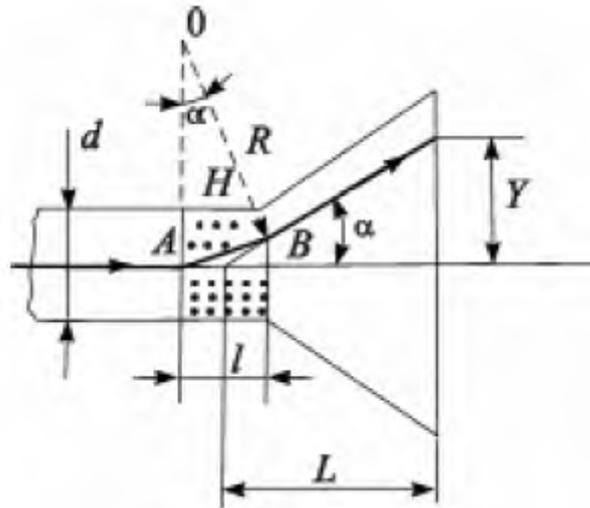


Рис.7.2. Отклонение электронного луча в поперечном магнитном поле.

Так как отклонение электронного луча в кинескопах осуществляется магнитным полем короткой катушки, то электроны после нее летят к экрану по касательной к этой окружности, построенной к точке  $B$  на границе поля  $H$ . При этом перемещение луча в плоскости экрана определяется следующей формулой:

$$Y = L \cdot \operatorname{tg} \alpha , \quad (7.2)$$

А поскольку угол  $A0B = \alpha$ , то

$$Y = L \operatorname{tg} \arcsin \frac{lH}{\sqrt{\frac{2mU_{a2}}{e}}} \quad (7.3)$$

Как видно из (7.34) связь между величиной отклонения и напряженностью магнитного поля нелинейна. Это необходимо учитывать при построении развертывающих устройств для кинескопов с углом отклонения более  $70^\circ$ . Для кинескопов с малым углом отклонения эту зависимость можно считать линейной.

Так как напряженность поля, создаваемого отклоняющими катушками, при заданном диаметре горловины кинескопа  $d$  определяется числом ампервитков катушек:

$$i\omega \quad (H=0,2\pi (i\omega) / d),$$

При этом для образования раstra необходимо формировать токи линейной формы строчной и кадровой разверток с частотами  $f_z = 15625$  Гц и  $f_n = 50$  Гц соответственно.

Величина отклоняющих ампервитков  $i\omega$  может быть определена по следующей формуле:

$$i\omega = 2,7q \frac{d\sqrt{U_{a2}}}{\alpha_{экв}} \quad (7.4)$$

где  $q$  - поправочный коэффициент равный 1,4 для строчной и 1,2 для кадровой развертки;  $d$  - диаметр горловины кинескопа;  $U_{экв}$  - эквивалентная длина отклоняющих катушек,  $\alpha$  - угол отклонения луча от центра;  $U_{a2}$  - напряжение второго анода кинескопа.

Тогда амплитуда тока, которую должен обеспечить генератор развертки в катушках, для отклонения луча на угол  $\alpha$  (рис. 7.2),

$$I_m = i\omega/w \quad (7.5)$$

где  $w$  - число витков кадровых или строчных катушек отклонения.

## 7.2. Схемотехника устройств развертки кинескопов

Как было установлено выше, для **формирования пилообразного тока** в катушках отклонения всякая система развертки должна иметь **задающий генератор, специальное формирующее устройство, промежуточный и выходной каскад**, которая представлена на рис.7.3. Однако из-за того, что **частоты строчной и кадровой развертки отличаются в 312,5 раз**, то это обстоятельство определяет различие в конструкции и принципе работы этих устройств.

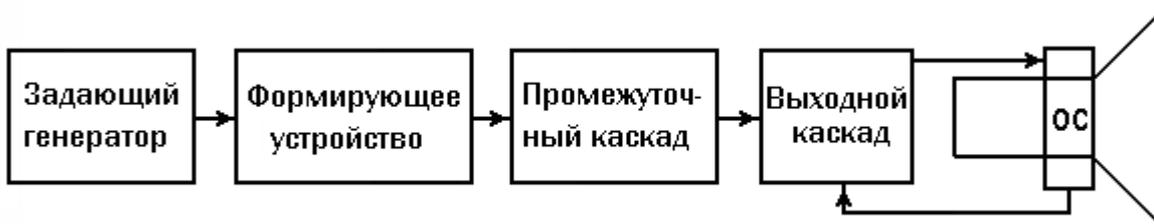


Рис.7.3. Обобщенная структурная схема генератора развертки кинескопа

### 7.2.1 Строчная развертка

Основной особенностью строчной развертки (СР) является довольно высокая частота ее работы **15625 Гц**, при этом, как правило  $r_k < \omega L_k$  и для формирования в отклоняющих катушках тока пилообразной формы требуется импульсная форма напряжения (рис.7.1.г). Для этого наиболее простой и эффективной является схема выходного устройства строчной развертки с двухсторонним ключом. На рис.7.4. представлен вариант схемы генератора СР черно-белого кинескопа.

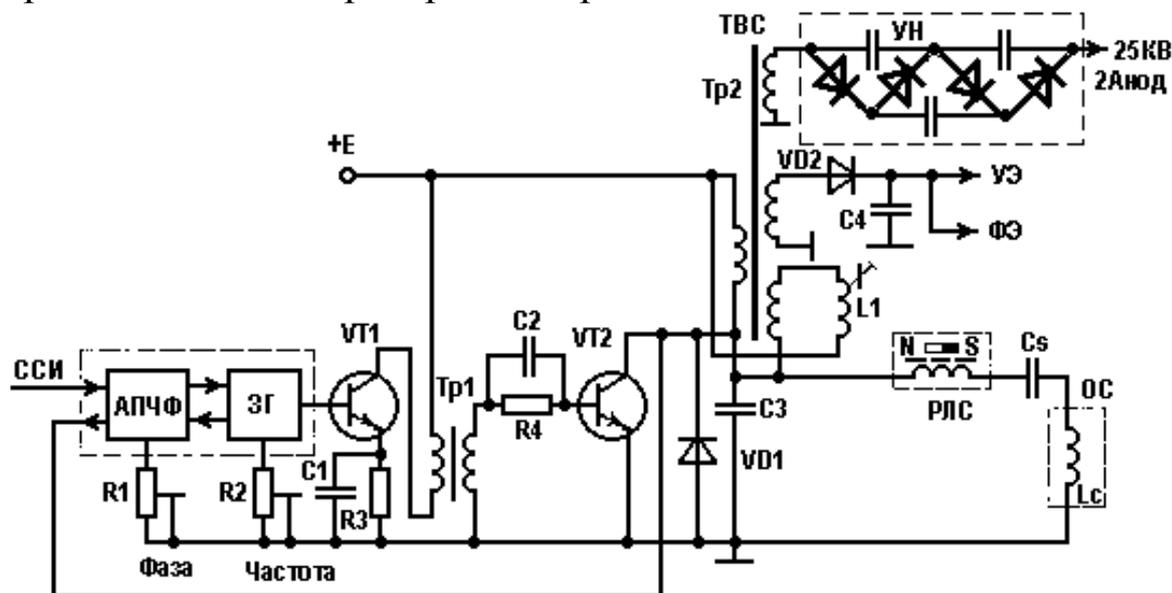


Рис. 7.4.Схема генератора СР черно-белого телевизора

Для обеспечения высокой помехоустойчивости строчной синхронизации все задающие генераторы строчной развертки имеют инерционную систему синхронизации на основе **ФАПЧ**.

Выходной каскад такого генератора выполнен на **транзисторе VT2** и обратно включенным диоде **VD1**, который часто называют демпферным диодом (гасителем колебаний). Диод **VD1** выполняет 2 функции:

1. Обеспечивает обратную проводимость **VT2**, находящегося в насыщении под действием ЭДС переполюсованной катушки во время первой половины обратного хода.
2. Устраняет необходимость точного выбора времени открытия ключа- транзистора, поскольку ЭДС переполюсованной катушки в начале прямого хода автоматически включает диод в прямом направлении и начинается формирование пилообразного тока в его отрицательной полуволне. При этом время включения транзистора может быть отодвинуто вплоть до середины прямого хода.

Питание на выходной каскад поступает через первичную обмотку трансформатора выходного строчного (ТВС), выполняющую функцию разделительного дросселя, а вторичные обмотки используются для получения высоких напряжений для цепей питания кинескопа (**накала- 6.3В, ускоряющего – 0.5...1кВ и фокусирующего электродов 4.7...5.5кВ**). Для этой цели служат выпрямители во вторичных обмотках, в которых трансформированные импульсы обратного хода выпрямляются в соответствующей полярности и фильтруются конденсаторами для снижения пульсаций. Способ получения высоких напряжений с блока строчной развертки наиболее эффективен, поскольку задача трансформации и фильтрации напряжений на частотах 15625 Гц решается значительно проще, чем на 50 Гц, малые длительности импульсов обратного хода (12 мкс) позволяют формировать высоковольтные импульсы при малом количестве витков строчного трансформатора (ТВС).

Постоянное напряжение для питания 2 анода кинескопа (12-30 кВ) в современных телевизорах получают при помощи диодно-ёмкостного многоступенчатого умножителя, поскольку при токах луча 200...300 мкА габариты умножителя малы, а снижение напряжения высоковольтной обмотки ТВС до 5...8 кВ обеспечивает высокую электрическую прочность и надежность всей цепи питания анодного питания.

Схема такого умножителя приведена на рис.7.5

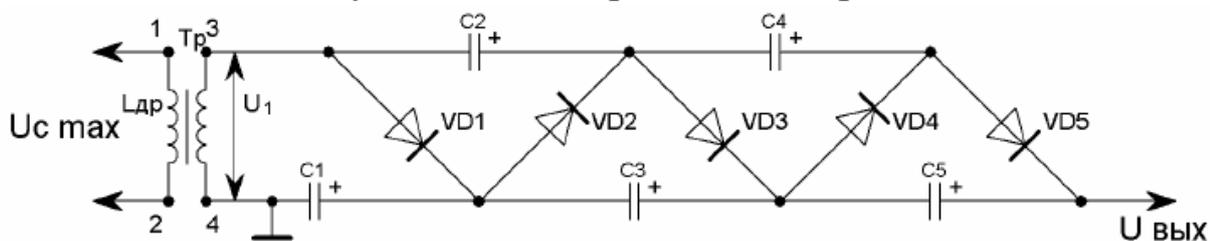


Рис.7.5. Схема диодно-ёмкостного умножителя напряжения.

Схема работает следующим образом. Первый импульс обратного хода (ОХ) строчной развёртки  $U_1$  на вторичной обмотке трансформатора Тр заряжает конденсатор  $C_1$  по цепи:

**Тр (вывод 3)  $\rightarrow$  VD<sub>1</sub>  $\rightarrow$  C<sub>1</sub>  $\rightarrow$  корпус (вывод 4).**

Конденсатор заряжается до напряжения, равного амплитуде импульса на вторичной обмотке трансформатора ( $U_1$ ). По окончании импульса конденсатор  $C_1$  разряжается через диод VD2 на конденсатор  $C_2$  по цепи:

**+ C<sub>1</sub>  $\rightarrow$  VD<sub>2</sub>  $\rightarrow$  C<sub>2</sub>  $\rightarrow$  Тр (вывод 3)  $\rightarrow$  - C<sub>1</sub> (корпус).**

Таким образом, к моменту прихода второго импульса ОХ конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  оказываются заряженными до напряжения  $U_1 / 2$ . Второй импульс ОХ подзаряжает  $C_1$  и через диод VD3 заряжается конденсатор  $C_3$ . По окончании второго импульса конденсатор  $C_1$  через диод VD2 вновь подзаряжает  $C_2$ , а конденсатор  $C_3$  через диод VD4 заряжает конденсатор  $C_4$ . Таким образом, в процессе появления импульсов ОХ на вторичной обмотке трансформатора происходит последовательный заряд всех конденсаторов схемы умножителя. В установившемся режиме каждый из конденсаторов оказывается заряженным до величины  $U_1$  поэтому выходное напряжение в данной схеме оказывается равным  $U_{\text{вых}} = 3U_1$ .

Другой схемой для получения высоковольтного напряжения является схема выпрямителя с диодно-каскадным трансформатором (ТДКС), представленным на рис. 7.6.

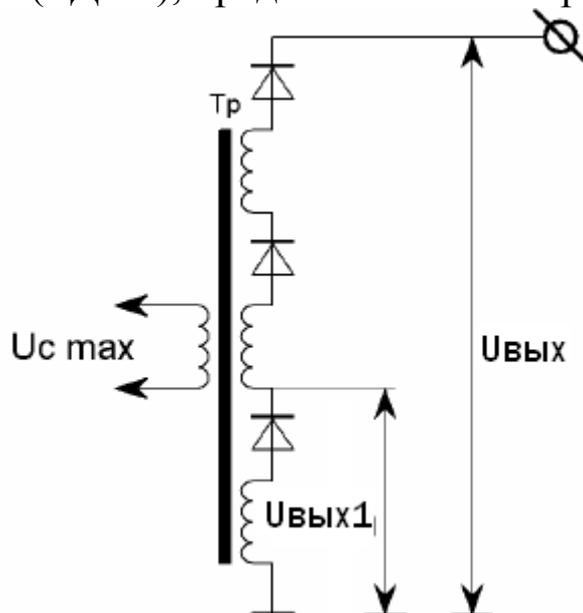


Рис.7.6. Высоковольтный выпрямитель с ТДКС

Схема представляет собой последовательное соединение трёх однополупериодных выпрямителей с тремя независимыми обмотками. Такая схема позволяет повысить электрическую прочность всего выпрямителя и уменьшить внутреннее сопротивление источника высоковольтного напряжения. При этом уменьшение внутреннего сопротивления источника делает более стабильным высокое напряжение при изменении токов лучей кинескопа и уменьшает нагрев ТДКС.

Для уменьшения искажений изображения из-за нелинейности отклоняющего тока служит регулятор линейности строк (РЛС), состоящий из намотанной на ферритовом сердечнике катушки находящемся в поле постоянного магнита. При определенной величине и направлении отклоняющего тока, его магнитное поле либо компенсирует поле постоянного магнита, либо складывается с ним, что меняет степень насыщения феррита и индуктивность катушки либо резко возрастает, либо становится очень малой. Таким образом, меняя

ориентацию постоянного магнита относительно катушки, можно изменять положение регулируемой области на экране, обеспечивая одинаковую скорость перемещения луча по горизонтали.

Для предотвращения протекания постоянного тока через отклоняющие катушки и коррекции подушкообразных искажений при больших углах отклонения луча на плоском экране используется разделительный конденсатор **Cs**, который с индуктивностью отклоняющих катушек **Ls** образует последовательный колебательный контур, в котором ток собственных синусоидальных колебаний складывается с пилообразным током отклонения и при правильной настройке колебательной системы отклоняющий ток получает на прямом ходе **S-образную** форму, которая устраняет подушкообразные искажения.

В выходных каскадах **СР** современных телевизоров часто применяют настройку резонансной системы ТВС на 3 или 5-ю гармонику импульсов обратного хода, что позволяет получить более высокие значения на вторичных обмотках ТВС при меньшем количестве витков в обмотках. Для этого к первичной обмотки **Tr2** подключается встречно включенная компенсационная обмотка нагруженная на **регулируемый дроссель L1**.

Для управления выходным каскадом требуются довольно мощные импульсы базового тока **0.5...0.7 А**, поэтому каскад предварительного усиления на **VT1** часто делают с **согласующим трансформатором Tr1**, имеющим коэффициент трансформации 4...5 и обеспечивающим при заданных токах напряжение на выходе каскада не менее 4...5.В.

Для ускорения срабатывания выходного транзистора применяется **ускорительная RC цепочка R4,C2**.

**В широкоугольных кинескопах** из за того, что электронный луч развертки, отклоняющийся по радиусу, проецируется на плоский экран, нарушается закон пропорциональности между значением отклоняющего тока **I**

откл. и углом отклонения луча. Это связано с тем, что в центре длина луча меньше, чем на периферии и при одинаковой угловой скорости движения луча. Линейная скорость его перемещения по экрану получается различной. Чем дальше луч находится от центра экрана, тем выше его скорость перемещения и эти участки изображения получают растянутыми. При этом возникают искажения типа "подушка", как показано на рис.7.7.

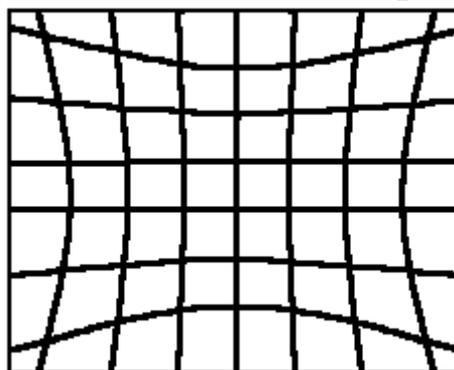


Рис.7.7. Подушкообразное искажение раstra

Это приводит к изгибу вертикальных и горизонтальных линий, который возрастает по мере удаления от центра экрана. В цветных телевизорах применяют два вида коррекции подушкообразных искажений: выравнивание вертикальных линий слева и справа и устранение изгибе горизонтальных линий (провисание сверху и выпуклость снизу растр). Устранение провисания горизонтальных линий сверху и их выпуклости снизу раstra в моделях телевизоров на кинескопах с самосведением лучей достигается определенным распределением витков в кадровых отклоняющих катушках. Для устранения искажений вертикальных линий необходимо увеличить длину строки в средней части раstra и несколько уменьшить сверху и снизу. Для этого часто используется широтноимпульсный модулятор (ШИМ). Принцип работы ШИМ основан на изменении размера строк в верхней и нижней части экрана. Принцип работы такой схемы поясняется приведенными на рис.7.8 временными диаграммами.

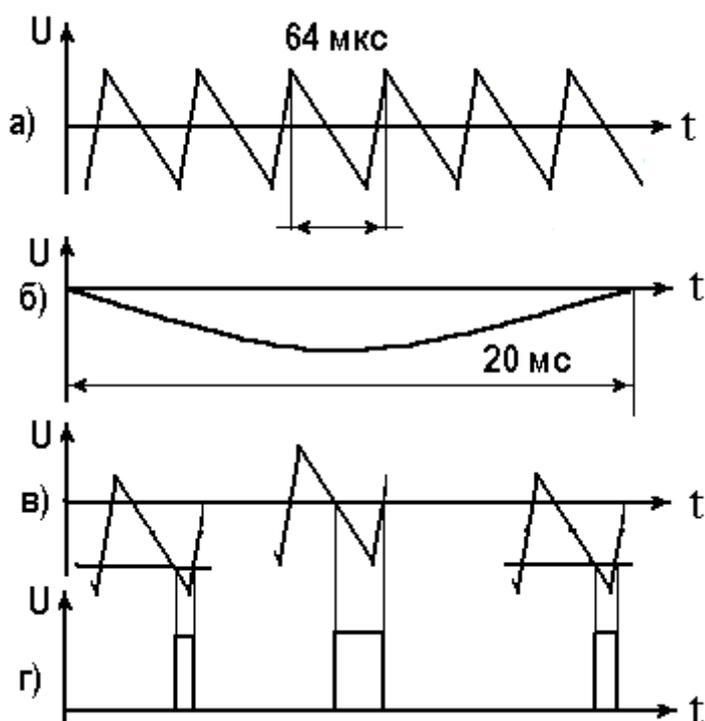


Рис. 7.8. Временные диаграммы поясняющие принцип работы ШИМ

Для того, чтобы корректировать длину строк телевизор должен располагать информацией о вертикальном смещении луча. Для этой цели импульсы кадровой части с помощью интегратора превращаются в напряжение параболической формы (рис.7.8,б), которые поступают на один из входов усилителя – ограничителя, выполненного на дифференциальном усилителе. А на другой его вход поступают импульсы пилообразной формы со строчной развертки, которые накладываются на кадровую параболу. При этом максимальный прогиб параболы в результате чего на выходе ограничителя формируются прямоугольные импульсы, длительность которых определяется вертикальным смещением луча в кадре. То есть максимальная длительность импульсов соответствует центральному строку, а минимальная – крайним (рис.7.8, г). Затем эти импульсы поступают на ключевую схему, которая управляя размером строк, увеличивает их длину в центральной части экрана и уменьшает в периферийной, тем самым выравнивая вертикальные линии. Таким образом

применение ШИМ регулятора позволяет регулировать в больших пределах размер по горизонтали, не оказывая влияния на анодное напряжение, а также стабилизировать размер по горизонтали при изменении тока лучей.

### 7.2.2. Кадровая развертка

Поскольку кадровая развертка работает на значительно более низкой частоте чем строчная (50 Гц), то построение их генераторов существенно отличаются от строчных. На прямом ходу развертки реактивной составляющей кадровой катушки можно пренебречь, при этом выходной каскад работает как усилитель на активную нагрузку. При этом отклоняющие катушки подается напряжение пилообразной формы, а S-коррекция пилообразного напряжения достигается за счет простейших нелинейных цепей, или применением частотно-зависимых отрицательных обратных связей. Однако во время обратного хода присутствие относительно большой индуктивности должно быть учтено, причем, чем меньше время обратного хода требуется, тем больше необходимо напряжение питания, т.е. тем меньше К.П.Д. каскада. На рис.7.9 представлена обобщенная схема выходного каскада кадровой развертки.

В современных телевизорах выходной каскад выполняется по двухтактной без трансформаторной схеме, работающих в режиме «В» или близком к нему «АВ», однако относительно короткое время обратного хода приводит к не симметрии загрузки транзисторов. Как видно из рис.7.5(б) транзистор VT2, открытый во время обратного хода развертки рассеивает значительно большую мощность, чем нижний, через который происходит разряд конденсатора С2 во время второй половины прямого хода. Эта не симметрия загрузки транзисторов тем больше, чем больше постоянная времени катушек  $\tau=L_k/R_k$ , т.е. чем больше импульсная составляющая  $U_L$  на катушках. Для борьбы с этим используют специальные методы повышения КПД например, удвоение напряжения питания на время обратного

хода развертки за счет накопительного конденсатора  $C1$ . Для работы вольтодобавки необходимо чтобы во время прямого хода транзистор  $VT4$  закрыт и тогда происходит заряд  $C1$  через диод  $VD2$  по напряжению питания, а во время формирования обратного хода  $VT4$  должен быть полностью открыт. При этом к верхнему концу резистору  $R2$ , а следовательно к правой обкладке  $C1$  также будет приложено напряжение питания. Таким образом, во время обратного хода коллектору  $VT2$  будет проложено удвоенное питающее напряжение складывающееся из напряжения конденсатора  $C1$  и напряжения питания с  $R2$ . Данная схема позволяет снизить питающее напряжение выходного каскада во время прямого хода, что повышает КПД каскада

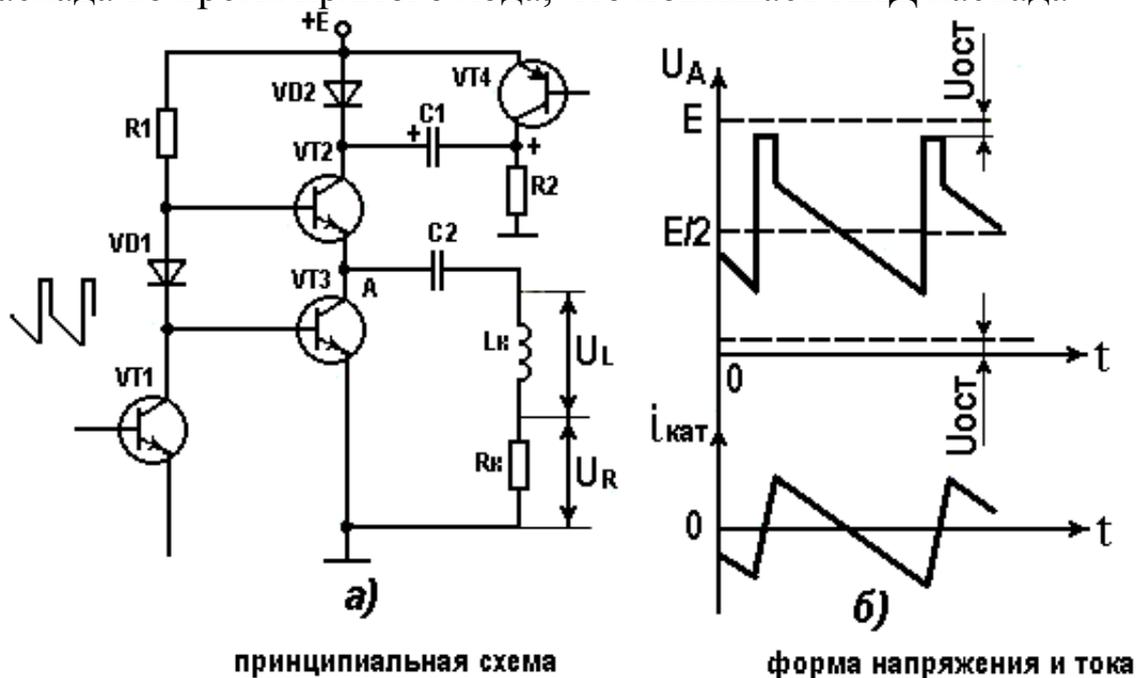


Рис.7.9. Обобщенная схема выходного каскада кадровой развертки

Следует отметить, что в современных телевизорах генераторы разверток выполняются на специализированных микросхемах в которых автоматически производится коррекция размера раstra и подушкообразных искажений.

### 7.3. Схемотехника устройств развертки плоскопанельных экранов

В плоскопанельных экранах с жесткой пиксельной структурой (ЖК, плазма и т.д.) отсутствует электронный луч развертки, поэтому для выбора требуемой ячейки используются специальные устройства адресации. При этом использовать отдельный проводник для управления каждой ячейки не представляется возможным, так как для обеспечения разрешения 640x480 необходимо 307200 проводов. Поэтому для решения этой задачи применяются специальные методы, подобные используемым при адресации ячеек оперативной памяти, которые рассмотрим более подробно:

- однокоординатная;
- статическая двухкоординатная (матричная);
- динамическая двухкоординатная (матричная).

**Однокоординатная адресация.** В данном методе подача управляющего напряжения на каждую ячейку строки (или столбца) осуществляется по отдельным линиям (рис. 7.10).

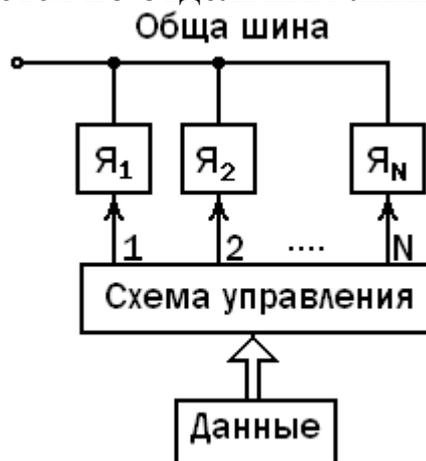


Рис.7.10. Однокоординатная адресация ячеек.

Так, если в строке содержится  $N$  ячеек, то для управления ими требуется минимум  $N$  сигнальных проводников и 1 проводник общий для всех ячеек. Соответственно, для подачи напряжения для выбора ячейки в поле всей матрицы размером

$N \times M$  пикселей требуется  $(N+1) \times M$  проводников и  $M$  схем управления. Поэтому такой метод адресации можно использовать только при небольшом количестве пиксельных ячеек в индикаторных экранах.

**Статическая матричная адресация.** Данный тип адресации использует только две схемы управления (по строкам и столбцам) и общие линии проводников, соединяющие все ячейки одного столбца или строки (рис.7.11.). В результате необходимое число линий управления уменьшается до  $2 \times (N \times M)^{1/2}$

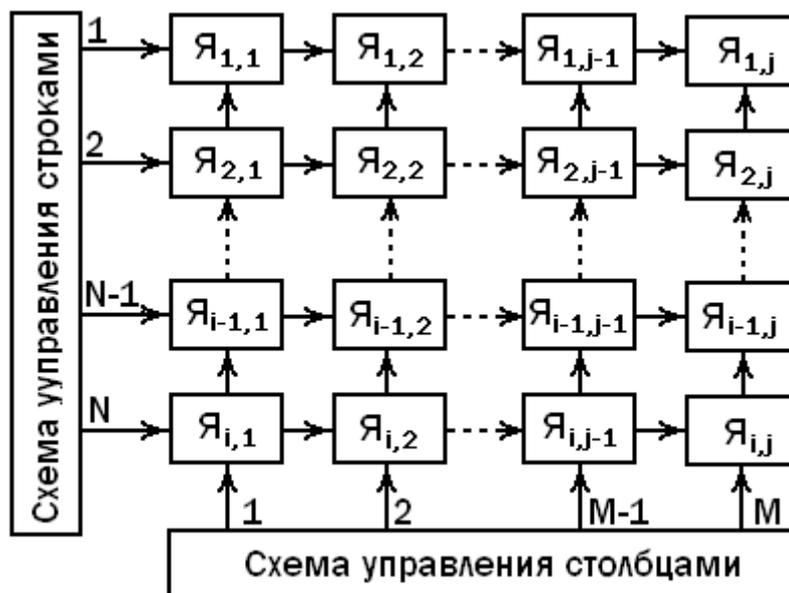


Рис.7.11. Статическая адресация ячеек.

В данном способе каждая ячейка активизируется только в том случае, если на нее **одновременно** поступают сигналы выбора строки и выбора столбца. При этом если сигналы управления, формируемые схемами управления строками и столбцами, в течение кадра остаются неизменными, то такой способ матричной адресации является **статическим**. Однако, в данном методе нельзя независимо управлять состоянием ячеек. То есть, если на какой-либо линии сигнал управления отсутствует, то все соединенные с ней ячейки (вся строка или весь столбец) будут выключены. Поэтому для управления ячейками дисплея **статическая матричная адресация не подходит**.

**Динамическая матричная адресация.** В данном методе ячейки опрашиваются построчно (рис.7.12). Для этого на линии управления, соответствующей  $i$ -й строке формируется сигнал выбора строки, после чего осуществляется одновременное обращение ко всем ячейкам данной строки. Затем осуществляется обращение к  $i+1$  строке, и процесс повторяется. Следовательно, выходные сигналы схемы управления столбцами определяют состояние не всего экрана, а только одной его строки в течение периода строчной развертки.

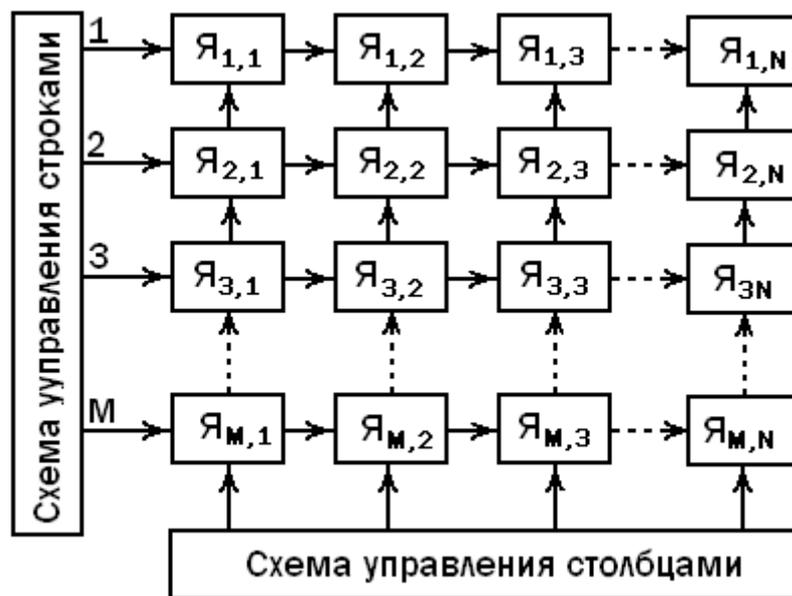


Рис.7.12. Динамическая адресация ячеек

Таким образом, формирование изображения на плоскопанельном экране осуществляется построчно, но все ячейки строки обновляются одновременно. При этом каждая ячейка должна сохранять свое состояние до начала следующего цикла. Для этого сигналы, формируемые схемой управления строками, представляют собой последовательность импульсов, период следования которых равен периоду кадровой развертки, причем сигналы на соседних линиях сдвинуты относительно друг друга на время, необходимое для активизации ячеек строки (рис. 7.13).

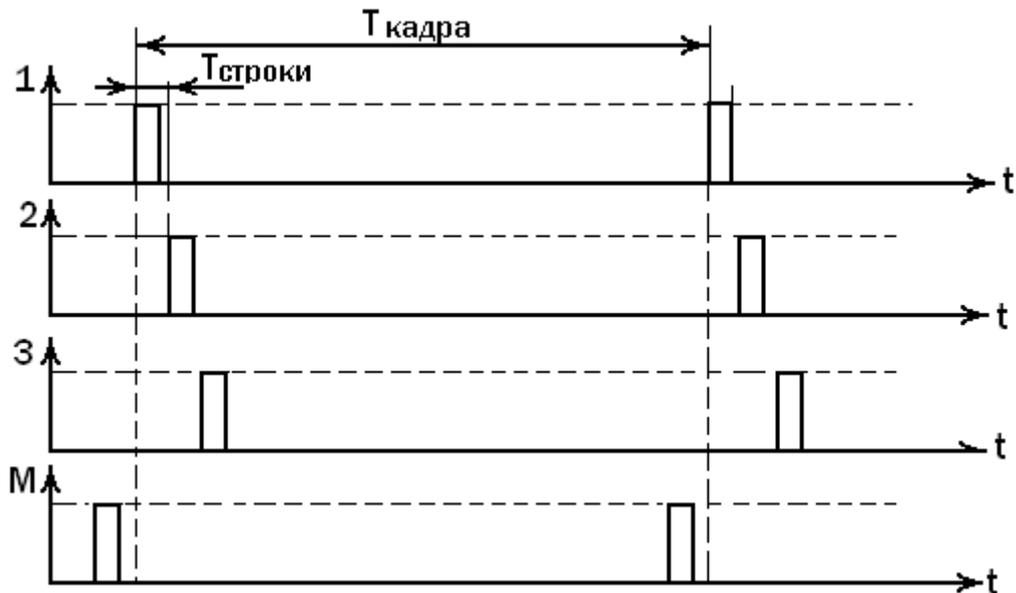


Рис.7.13. Временные диаграммы сигналов адресации ячеек при динамической адресации.

Для ускорения обновления изображения все строки экрана разбиваются на две равные группы (четное и нечетное поля), для каждой из которых используется собственная схема управления. Этот прием похож на чересстрочную развертку, но формирование изображения обоих полей осуществляется одновременно. Такой способ формирования изображения называется **двойным сканированием** и позволяет вдвое сократить время обновления экрана, т. е. в два раза повысить частоту кадров. При этом можно использовать менее инерционные ячейки, что позволяет повысить качество динамического изображения.

Динамическая адресация требует точного соблюдения временных соотношений между сигналами управления строк и столбцов. Для синхронизации сигналов управления строк и столбцов с выходными сигналами видеоадаптера плоскопанельные экраны оснащаются схемами управления частотой и фазой.

На рисунке 7.14 показан принцип развертки изображения в телевизорах с активной ЖК матрицей.

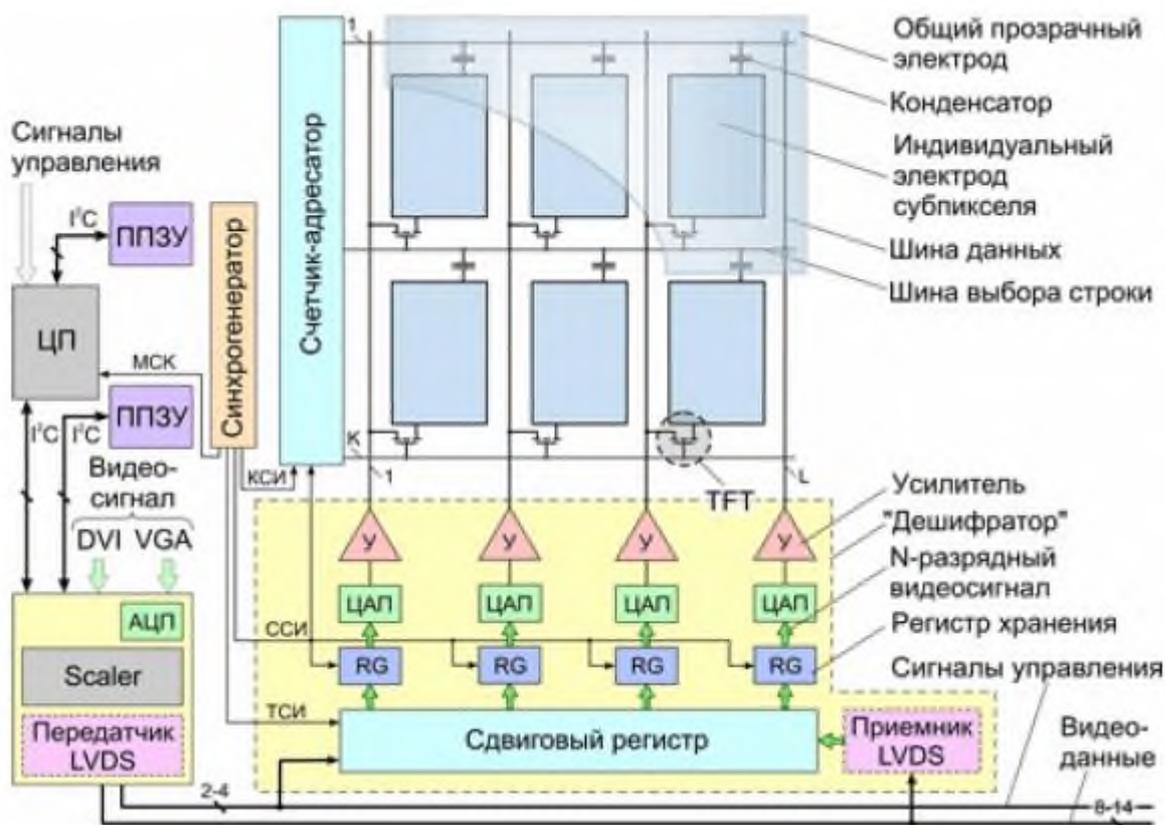


Рис.7.14. Развертка изображений в активной матрице.

Развертка изображения осуществляется следующим образом. При подаче положительного напряжения на горизонтальный электрод строки с номером  $N$  транзисторы всех ее ячеек открываются. Одновременно на горизонтальные шины данных подаются напряжения, соответствующие яркостям отдельных ячеек заданной строки. Через открытые транзисторы производится перезаряд конденсаторов и межэлектродных емкостей ячеек. Благодаря хорошей проводимости вертикальных шин данных, этот процесс длится всего 10-20 мкс. Таким образом, время сканирования строк мало, и, следовательно, частота обновления изображения (частота кадров) может быть повышена до 60-85 Гц при разрешении в 768-1080 строк. По окончании процесса перезаряда емкостей на горизонтальный электрод подается нулевой потенциал, и все транзисторы строки закрываются. Индивидуальные электроды ячеек отключаются от шин данных, но, благодаря наличию конденсаторов, напряженность поля в ячейках сохраняется на прежнем уровне до

вывода следующего кадра. Таким образом, несмотря на то, что время сканирования строки крайне мало, молекулы жидкокристаллического вещества успевают повернуться на заданный угол, а ячейка принимает заданное значение яркости. При этом видеосигнал в цифровой форме поступает на специализированную интегральную схему - скейлер (scaler), где преобразуется в соответствии с физическим разрешением матрицы ( $K$  строк и  $L$  элементов в строке). С выхода скейлера  $N$ -разрядный (обычно 8 бит) видеосигнал  $K$ -й строки поступает на  $N$ -разрядный сдвиговый регистр, который управляется тактовыми синхроимпульсами (ТСИ). Частота следования ТСИ равна частоте следования элементов изображения (рис.7.15).

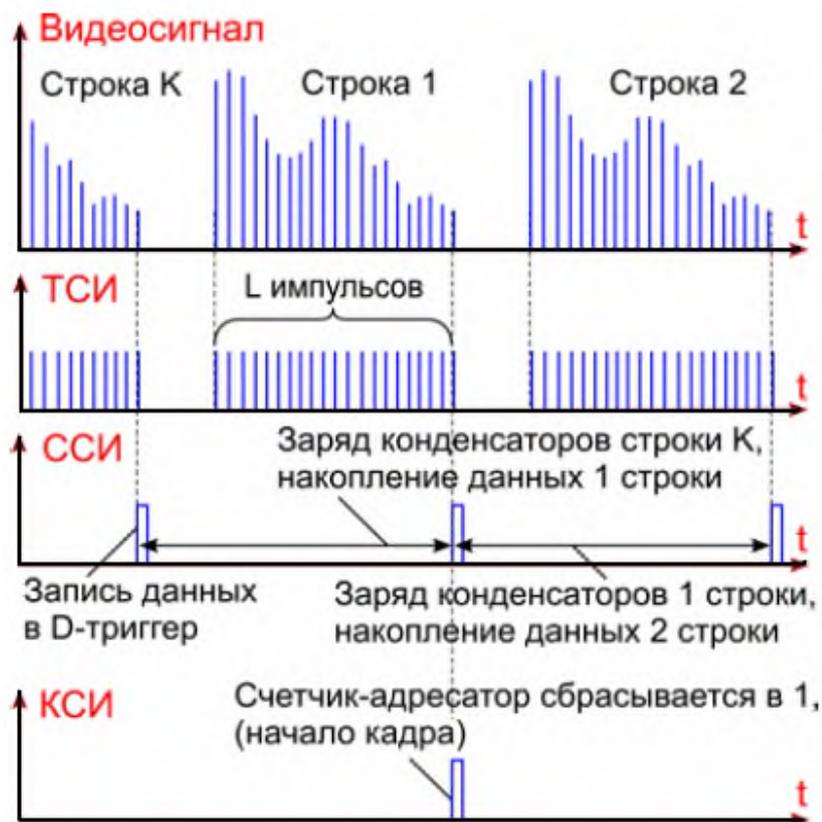


Рис.7.15. Временные диаграммы сигналов развертки

При появлении каждого импульса цифровая последовательность в регистре смещается влево. Когда количество поступивших импульсов равно числу пикселей в строке, цифровые данные яркостей пикселей оказываются на соответствующих выходах сдвигового регистра. В этот момент

по переднему фронту строчного синхроимпульса производится запись цифровых  $N$ -разрядных кодов в  $N$ -разрядные регистры хранения, а состояние счетчика-адресатора увеличивается на единицу и на шину выбора строки  $K$  подается положительное напряжение. Данные с регистров хранения преобразовываются в аналоговые сигналы, которые поступают через открытые транзисторы на ячейки  $K$ -й строки и перезаряжают их емкости. Одновременно с процессом перезаряда емкостей ячеек  $K$ -й строки в сдвиговом регистре накапливаются данные следующей строки. По окончании процесса накопления данные из сдвигового регистра записываются в  $D$ -триггеры, а счетчик-адресатор сбрасывается кадровым синхроимпульсом в единицу. Начинается процесс перезаряда емкостей ячеек 1 строки и накопление данных второй строки.

Таким образом, основные элементы схемы развертки выполняют следующие функции. Счетчик-адресатор преобразует последовательность импульсов в унитарный (позиционный) код. Сдвиговый регистр, является преобразователем последовательного цифрового кода в параллельный. А регистры памяти выполняют две функции - выборки и хранения, запоминая сигнал на выходах сдвигового регистра только в те моменты времени, когда там накопились данные целой строки.

Для уменьшения габаритов LCD функции сдвигового регистра, регистра хранения, ЦАП и усилителей объединены в специализированных интегральных схемах, называемых иногда «дешифраторами». В матрицах с диагональю более 2 дюймов используется, как правило, несколько «дешифраторов».

На рис.7.16 показана структура контроллера развертки FPD87310 для TFT экранов большого разрешения. В данном контроллере энергонезависимая постоянная память - EEPROM интегрирована в кристалл контроллера, а не является внешним компонентом.

В контроллере FPD87310 также используется дисплейный интерфейс FPD-Link. Модуль приемников (FPD Link Rev), который производит прием и преобразование последовательных RGB-сигналов в параллельный формат с TTL-уровнями.

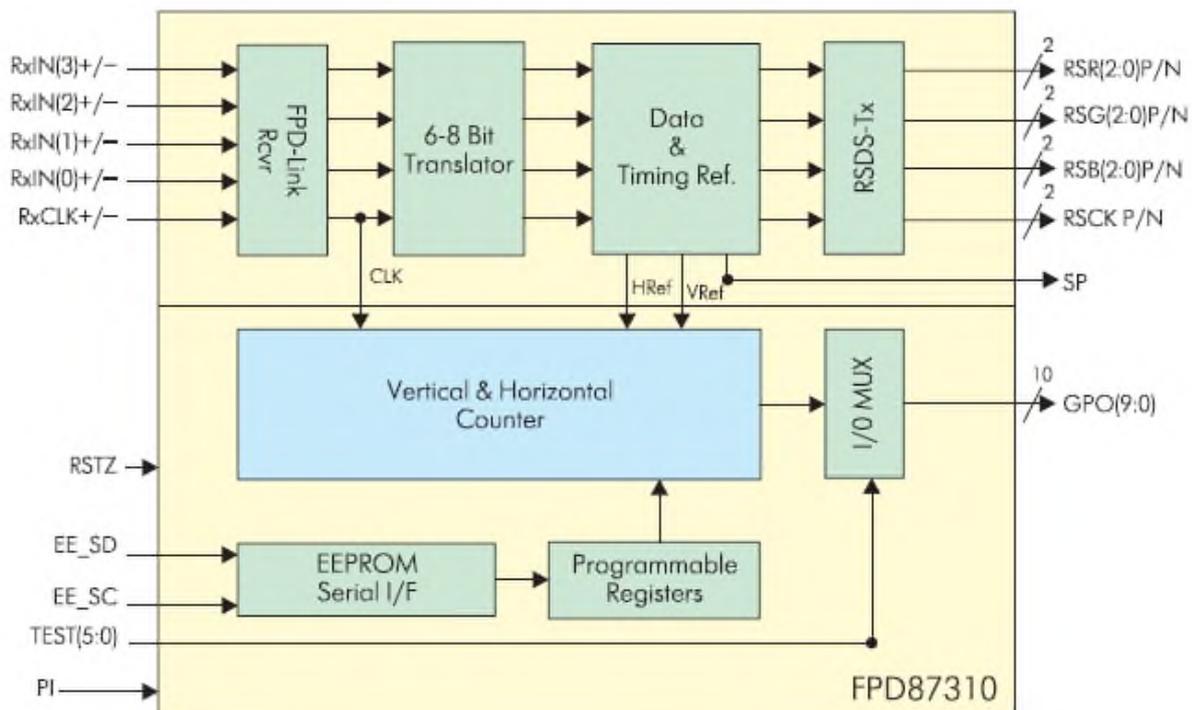


Рис.7.16. Структура контроллера развертки FPD87310 от National Semiconductor.

Сигналы трех 8-разрядных шин затем проходят через модуль преобразования 8-разрядного кода RGB в 6-разрядный. Данное преобразование выполняется только в том случае, если в дисплее применяются столбцовые драйверы с 6-разрядным кодированием пикселей. Далее данные поступают в блок формирования сигналов интерфейса со столбцовыми драйверами. В нем производится преобразование данных в последовательные сигналы RSDS-шин. Передатчики RSDS производят преобразование TTL-уровней в дифференциальные сигналы интерфейса RSDS (Reduced Swing Differential Signaling - дифференциальные сигналы с уменьшенным размахом).

Внутренние сигналы управления разверткой, такие, как GCLK (Gate Driver Clock — кадровый синхросигнал для строчных драйверов), Rev (изменение направления развертки), POL (Polarity control—управление полярностью выходов столбцовых драйверов), LS (Latch input— сигнал записи данных в столбцовые драйверы), программируются посредством 10 программируемых выходов микросхемы GPO (General Purpose

Outputs – выходы общего назначения). Назначение выходов GPO задаются программированием через четыре регистра, с помощью которых может задаваться частота и длительность сигналов синхронизации кадровой и строчной развертки.

Посредством программирования этих четырех параметров управляющие сигналы могут быть изменены в пределах текущего передаваемого кадра изображения. При разработке схемы управления конкретным дисплеем значения этих регистров могут быть изменены посредством внешней EEPROM посредством интерфейса I<sup>2</sup>C. Последовательный интерфейс соответствует стандартам VESA DDC (Video Electronics Standards Association - ассоциация стандартизации видеоэлектроники, основанная в 1989 году компанией NEC Home Electronics; DDC - Display Data Channel –канал отображения данных) и EDID (Extended Display Identification Data - Расширенные идентификационные данные дисплея).

Благодаря программируемости контроллер развертки FPD87310 обеспечивает большую гибкость при разработке дисплеев и поддерживает все дисплейные стандарты с разрешением формата XGA (1024x768 пикселей), а также новейшие и нестандартные форматы, такие как Half-XGA (1024x480), SVGAW (1024x600), XGAW (1280x768) и WXGA (1152x768).

Следует отметить, что матричная адресация имеет серьезный недостаток, являющийся следствием использования общих линий управления для всех ячеек строки или столбца. То есть при активизации каких - либо ячеек, соседние с ними ячейки также частично активизируются. В результате контрастность изображения на экране может ухудшаться.

## **8. ПРОЦЕССЫ И УСТРОЙСТВА СИНХРОНИЗАЦИИ**

### **8.1. Требования к сигналам синхронизации**

Развертывающие устройства ТВ системы должны работать синхронно и синфазно, то есть одновременно с единой фазой. Это требование выполняется принудительной синхронизацией, для чего на все развертывающие устройства в конце каждой строки и поля подаются специальные синхронизирующие импульсы, которые заставляют их срабатывать в строго определенный момент. Способы синхронизации разверток передающих и приемных устройств различны. Развертывающие устройства на телецентре (ТЦ) соединены с источником импульсов кабельными линиями. Они синхронизируются импульсами с частотой строк и полей. Для синхронизации развертывающих устройств приемников формируется специальный сигнал сложной формы, который передается вместе с сигналом изображения. Кроме того, в ТВ сигнал входят импульсы гашения обратного хода луча. В передающих устройствах это необходимо, чтобы электронный луч не считывал заряды во время обратного хода и не оставлял следа на мишени, а в приемных – чтобы не создавалась дополнительная засветка экрана и не снижалась контрастность. Смесь гасящих импульсов сложная из-за разницы времени обратных ходов по строкам и полям – узкие с частотой строк и широкие с частотой полей. Длительность гасящих импульсов приемной трубки должна быть больше длительности гасящих передающей трубки, т.к. при переменной работе от разных камер могут возникнуть непредвиденные сдвиги сигналов изображения относительно сигналов синхронизации. Таким образом, на ТЦ формируются следующие сигналы: синхронизирующие импульсы строк и полей, сигнал синхронизации приемников, гасящие импульсы приемной трубки и гасящие импульсы передающей трубки.

## 8.2. Выделение синхроимпульсов из ТВ сигнала и их разделение

Сигнал синхронизации приемников передается вместе с сигналом изображения во время обратного хода луча с уровнем, ниже уровня импульсов гашения. Это позволяет достаточно просто отделить синхросмесь от видеосигнала сигнала обычным амплитудным ограничением (рис.8.1).

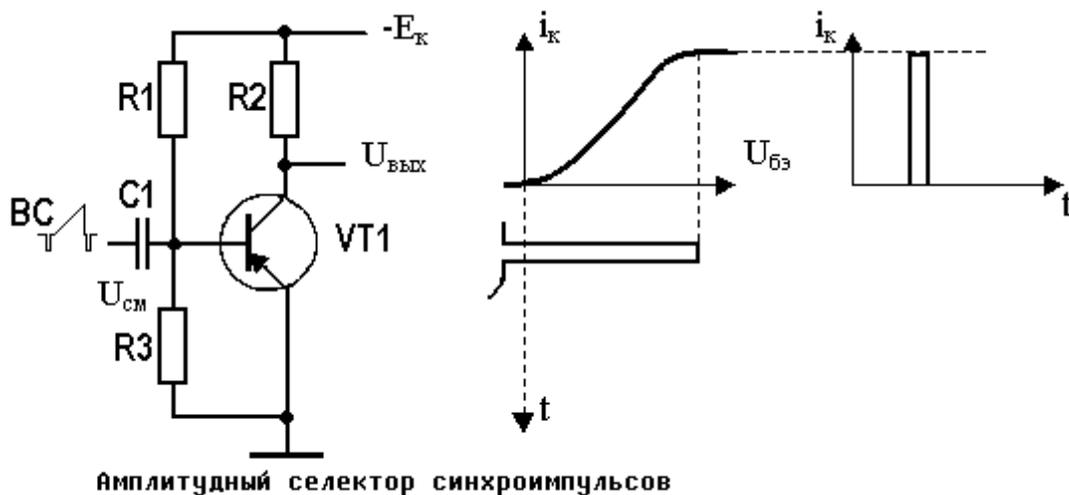


Рис.8.1. Выделение синхронизирующих импульсов из синхросмеси

**Разделение синхроимпульсов.** Для упрощения задачи разделения синхроимпульсов по строкам и кадрам их делают разной длительности, которые затем разделяются при помощи дифференцирующих и интегрирующих цепей. ДЦ является фильтром верхних частот (ФВЧ), которая выделяет фронты ССИ и КСИ. А ИЦ является фильтром нижних частот (ФНЧ), которая за счет своей инерционности преобразует импульсы разной длительности в разницу амплитуд, как показано на рис.8.2, б.

Эффективность разделение синхроимпульсов достигается подбором постоянных времени RC цепей. При этом под постоянной времени цепи понимают время в течении которого

ток или напряжение на конденсаторе уменьшается в «e» раз, то есть примерно 2,7 раза.

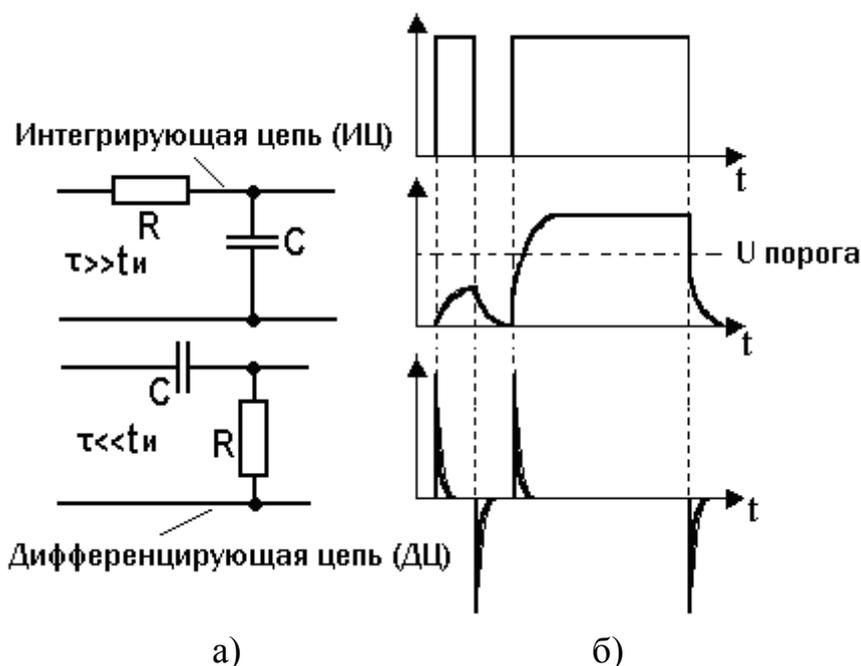


Рис.8.2. Разделение синхроимпульсов RC цепями.

Строчные синхронизирующие импульсы выделяются дифференцирующей (ДЦ) RC цепью с постоянной времени  $\tau = t_{\text{сци}}/2-3$ . Так, при подаче на вход ДЦ прямоугольного строчного синхроимпульса положительной полярности на её выходе образуются два коротких импульса разной полярности (рис.8.2,б). При этом положительный импульс соответствует переднему фронту входного импульса, а отрицательный – его заднему фронту. Импульсами положительной полярности управляется генератор строчной (горизонтальной) развёртки.

Если на вход ДЦ поступят КСИ, то от кадрового импульса также выделяются фронты импульсов, выполняющие роль ССИ. Однако, так как длительность КСИ занимает 2,5 строки, то во время передачи КСИ строчная синхронизация будет нарушена. Соответственно генератор строчной развертки окажется не управляемым на время действия КСИ и в верхней части раstra возможен загиб изображения. Поэтому в КСИ вводятся специальные врезки, обеспечивающие непрерывную синхронизацию строчной развертки во время действия КСИ.

Поскольку кадровые синхроимпульсы имеют значительно большую длительность, чем ССИ, то они выделяются интегрирующей цепочкой. Т.к. длительность КСИ в **37,5 больше ССИ**, то за время действия ССИ конденсатор ИЦ не должен заметно зарядиться. Поэтому для эффективного отделения КСИ надо увеличивать  $\tau$ . Но чем больше  $\tau$ , тем более пологими становятся фронты импульса, что приводит к нестабильности момента синхронизации, поэтому на практике используют 2-х или 3-х звенные интегрирующие цепи. Кроме того, из за того, что при чересстрочной развёртке в полукадрах передается 312,5 (целая часть и еще половина строки), то момент запуска развёртки по полю в чётных полях ( $\tau_1$ ) начинается на полстроки ( $H / 2 = 32$  мкс) раньше, чем в нечётных полях ( $\tau_2$ ), что показано на рис.8.3. Эта особенность влияет на работу строчной синхронизации в результате чего строки четного и нечетного поля могут пойти по одной траектории, что приведет к потере вертикальной четкости в 2 раза.

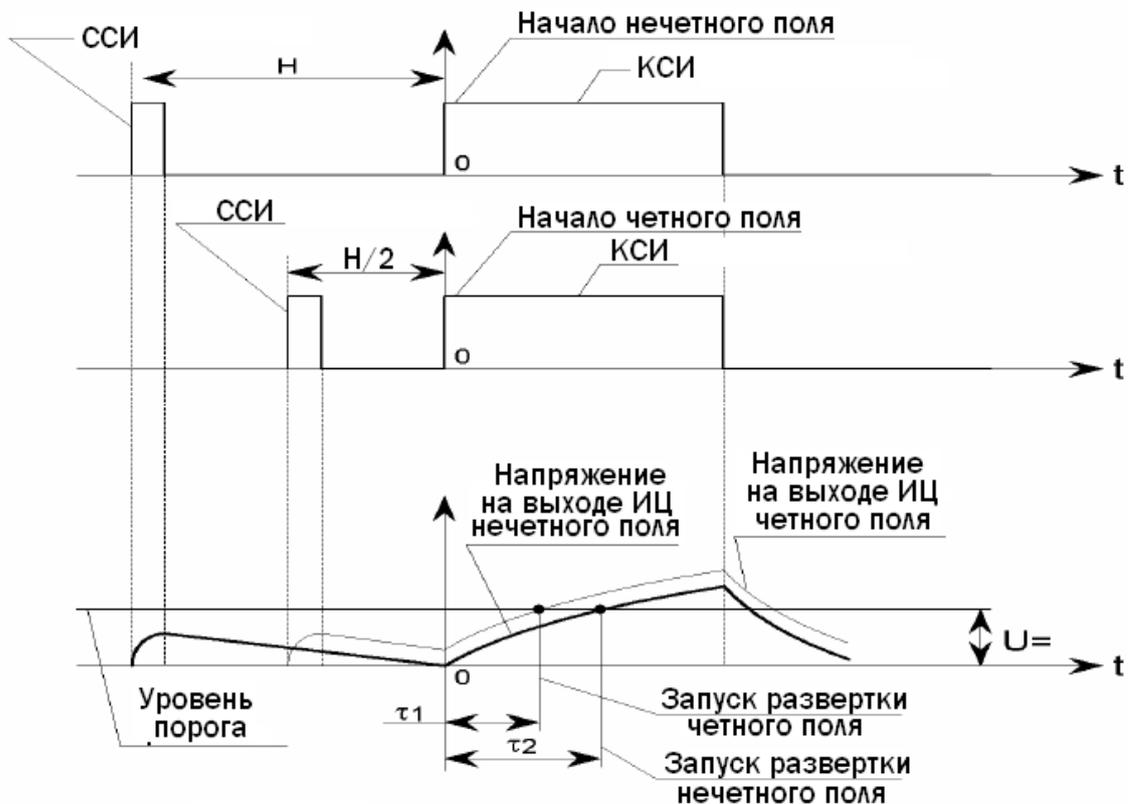


Рис.8.3. Нарушение идентичности моментов запуска развёртки по полям при чересстрочной развёртке

Это объясняется тем, что к приходу синхроимпульса полей на конденсаторе интегрирующей цепочки остаётся остаточное напряжение, вызванное воздействием на неё синхроимпульса строк, предшествующего синхроимпульсу полей.

Из рис.8.3 видно, что в чётных полях это остаточное напряжение оказывается большим, чем в нечётных, так как расстояние между синхроимпульсом полей и синхроимпульсом строк в два раза меньше, чем в нечётных полях. В результате чего конденсатор интегрирующей цепочки не успевает разрядиться полностью.

Для устранения этих недостатков в КСИ вводятся *врезки* не строчной, а двойной строчной частоты, а перед началом и после КСИ передаются специальные *уравнивающие импульсы* также двойной строчной частоты, по 5 штук до и после КСИ (рис.8.4).

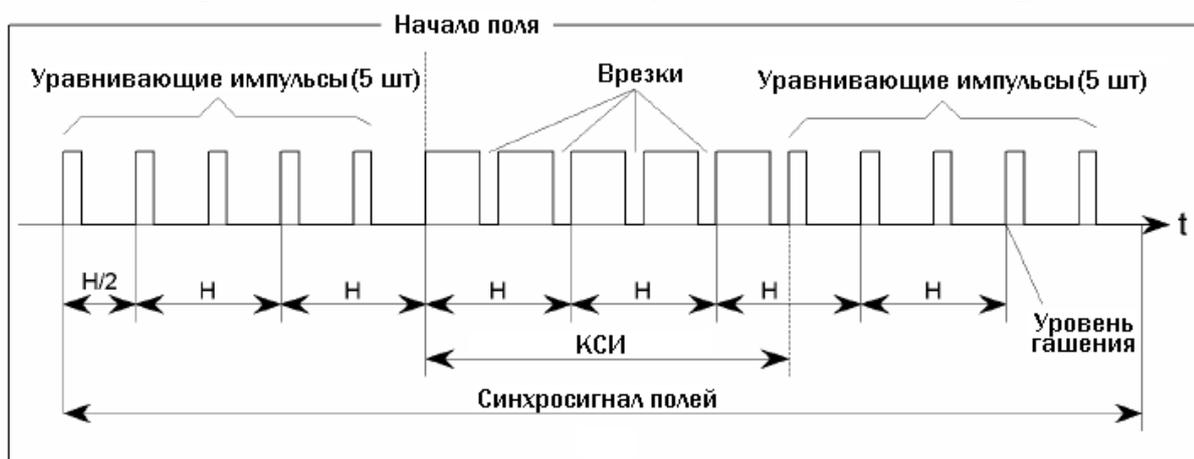


Рис. 8.4. Состав синхросигнала полей

Таким образом «Врезки» позволяют сохранить синхронизацию по строкам во время передачи синхроимпульса полей. Задний фронт «врезки» совпадает с передним фронтом синхроимпульса строк, который должен бы быть на этом месте. Длительность «врезки» составляет 2.5 мкс. Период следования «врезок»  $N/2 = 32$  мкс. Длительность же синхроимпульса полей равна  $2.5N = 160$  мкс.

Уравнивающие импульсы имеют период следования  $N/2 = 32$  мкс с длительностью по 2.35 мкс каждый. Амплитуда уравнивающих импульсов равна амплитуде синхроимпульсов. Уравнивающие

импульсы вместе с «врезками» позволяют уравнивать интервалы времени от начала синхроимпульсов полей до момента запуска развёртки по полю в чётных и нечётных полях, т.е. сделать  $\tau_1 = \tau_2$ . Функциональная схема селектора синхроимпульсов представлена на рис.8.5.

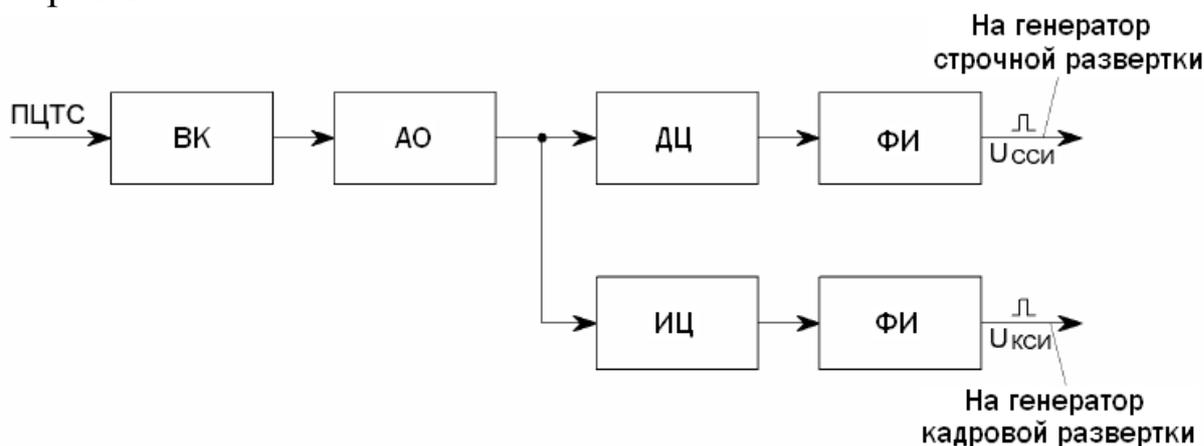


Рис.8.5. Функциональная схема селектора синхроимпульсов.

Схема содержит следующие блоки:

ВК - входной каскад; АО - амплитудный ограничитель;  
 ДЦ - дифференцирующая цепь; ИЦ - интегрирующая цепь;  
 ФИ - формирователь импульсов (пороговое устройство).

Схема работает следующим образом. На вход селектора синхроимпульсов поступает полный телевизионный сигнал. Входной каскад селектора (ВК) разделяет по уровню синхросигналы и сигналы изображения. Выделенные синхросигналы поступают на амплитудный ограничитель (АО), который ограничить импульсы помех и остатков видеосигнала, которые могут проникнуть в канал синхронизации и нарушить его работу. С выхода АО синхросмесь поступает на параллельно включённые дифференцирующую (ДЦ) и интегрирующую (ИЦ) цепочки, где происходит разделение строчных и кадровых синхроимпульсов. С выходов каждой из цепочек сигналы поступают на формирователи импульсов (ФИ), которые исключают влияния нестабильности формы и амплитуды импульсов на выходе ДЦ и ИЦ на работу устройств строчной и кадровой синхронизации. С выходов ФИ импульсы поступают на

задающие генераторы строчной и кадровой развертки телевизора.

### 8.3. Синхронизация генераторов

Синхронизация генераторов подразделяется на **непосредственную (захватывание частоты генератора)** и **инерционную (параметрическую)**. При непосредственной синхронизации импульс воздействует на автогенератор, непосредственно навязывая ему вынужденные колебания с определенной частотой и фазой. Этот вид синхронизации проще в реализации, особенно при использовании в качестве задающих генераторов мультивибраторов или блокинг-генераторов, но сигналы ТВ между ТЦ и приемником передаются по каналам связи, подверженным помехам. Помехи в радиоканале по-разному влияют на синхронизацию строчной и кадровой разверток. Т.к. выделяющая кадровые синхроимпульсы интегрирующая цепь является ФНЧ, синхронизация кадровой развертки почти не подвержена действию импульсных помех. Дифференцирующая цепочка (ФВЧ), выделяющая строчные импульсы, не может защитить генератор от действия помехи, и канал строчной синхронизации имеет низкую помехоустойчивость, поэтому в канале строчной синхронизации используется метод инерционной синхронизации.

**Инерционная синхронизация.** Отделение синхроимпульса от помехи по амплитудному принципу не дает большого выигрыша в помехоустойчивости. Инерционная синхронизация основано на другом отличии помехи от синхроимпульсов. Синхроимпульсы имеют постоянный период следования, а помеха хаотична. В инерционной синхронизации используют метод ФАПЧ. Основан на сравнении частоты и фазы строчного генератора с частотой и фазой строчных синхроимпульсов, выделенных из ВС. Структурная схема ФАПЧ представлена на рис.8.6.

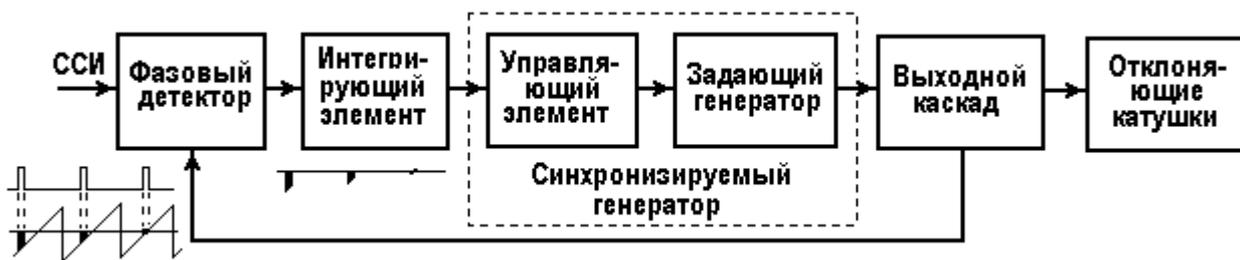


Рис.8.6. Структурная схема инерционной синхронизации

Такой метод управления является параметрическим, потому что под действием управляющего напряжения изменяется какой-либо параметр задающего генератора. Два сравниваемых сигнала – с выхода собственно генератора развертки и выделенные из ВС ССИ – поступают на два входа фазового детектора, где сравниваются их фазы и вырабатывается напряжение, пропорциональное разности мгновенных значений этих фаз. Из-за импульсного характера сравниваемых напряжений сигнал на выходе также будет импульсным, поэтому ставится интегрирующий элемент. Он в значительной мере подавляет действие импульсных помех, так как среднее изменение фазы, вызванное такой помехой, за достаточно большой промежуток времени равно нулю. Таким образом, на выходе интегрирующей цепи образуется постоянное или медленно меняющееся напряжение, величина и знак которого соответствуют разности фаз сравниваемых напряжений. Это напряжение воздействует на управляющий элемент, который перестраивает частоту работы генератора (например, изменяется напряжение смещения на базе транзистора ЗГ, а, следовательно, изменяется момент его открывания или закрывания).

#### 8.4 Синхронизация генераторов строчной развертки

В современных телевизорах в состав системы строчной синхронизации входит система фазовой автоподстройки опорного генератора (ФАП - 1) и система фазовой

автоподстройки задающего генератора строчной развёртки (ФАП - 2).

Опорный генератор вырабатывает пилообразное напряжение, используемое для формирования сигналов, управляющих работой всей системой синхронизации ТВ-приёмника.

*Система фазовой автоподстройки опорного генератора (ФАП-1)* предназначена для «привязки» фазы (временного положения) напряжения опорного генератора (ОГ) к фазе ССИ. Она состоит из опорного генератора (ОГ), фазового детектора (ФД), фильтра (Ф) и идентификатора (Ид). Функциональная схема системы фазовой автоподстройки опорного генератора приведена на рис.8.7.

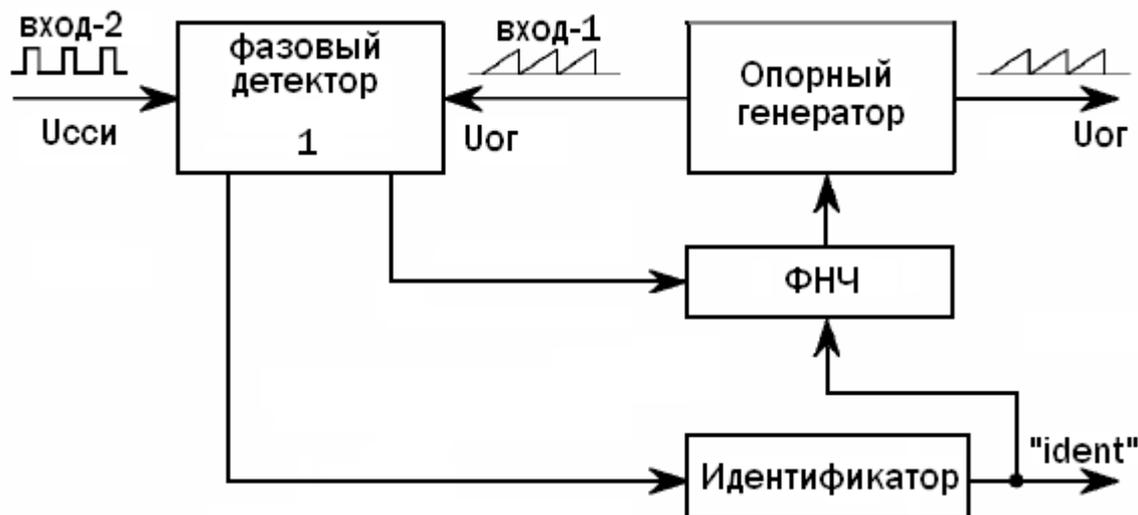


Рис.8.7. Функциональная схема системы фазовой автоподстройки опорного генератора.

Напряжение с выхода опорного генератора  $U_{\text{ог}}$  подаётся на вход-1 фазового детектора (ФД-1). На второй вход ФД-1 поступают ССИ ( $U_{\text{сси}}$ ) от селектора синхроимпульсов. При изменении взаимного временного положения сигналов на входах ФД-1 на выходе его появляется напряжение, величина и знак которого определяется временным расположением одного сигнала относительно другого. Напряжение с выхода фазового детектора через ФНЧ поступает на схему управления частотой опорного генератора и сдвигает по времени пилообразное

напряжение генератора до тех пор, пока не будет устранено временное рассогласование между входными сигналами ФД-1.

Система ФАП-1 может работать в двух режимах: **режиме поиска-захвата и в режиме слежения за частотой и фазой сигнала синхронизации.**

*Режим поиска-захвата* наступает с момента подачи ПТС на вход системы синхронизации. В этом режиме ФАП-1 изменяя частоту следования сигналов ОГ обнаруживает сигнал синхронизации и уменьшает начальное рассогласование сигналов на входе фазового детектора. Полоса захвата системы обычно выбирается  $\pm 1$  кГц. Для этого в цепи ФАП-1 используется ФНЧ с широкой полосой пропускания, для уменьшения времени вхождения в синхронизм при больших рассогласованиях входных сигналов ФД-1. По окончании режима поиска-захвата система ФАП-1 переходит в режим слежения.

*В режиме слежения* ФАП-1 обрабатывает сравнительно медленные уходы частоты и фазы ОГ, вызванные нестабильностью его работы. Полоса удержания системы ФАП-1 составляет  $\pm 1,5$  кГц. В этом режиме не требуется высокое быстродействие, но предъявляются требования по обеспечению высокой защищённости от посторонних сигналов, которые могут поступать на вход ФД-1 вместе с сигналами синхронизации. Поэтому в режиме слежения полоса пропускания ФНЧ по команде сигнал «Ident» уменьшается. Сигнал «Ident» вырабатывается системой идентификации и свидетельствует об обнаружении сигнала ТВ-вещания и синхронизации опорного генератора.

*Система фазовой автоподстройки задающего генератора строчной развёртки (ФАП-2)* предназначена для устранения временного рассогласования между током строчной развёртки и принятым сигналом изображения. Дело в том, что из-за инерционности мощного выходного каскада строчной развёртки, после окончания активной части строки электронный луч кинескопа продолжает двигаться к правому краю экрана. В результате такого нарушения синфазности развёртки и

передаваемого изображения на правом краю экрана изображение будет отсутствовать. Для устранения этого эффекта предназначена система ФАП-2, функциональная схема которой показана на рис.8.8.

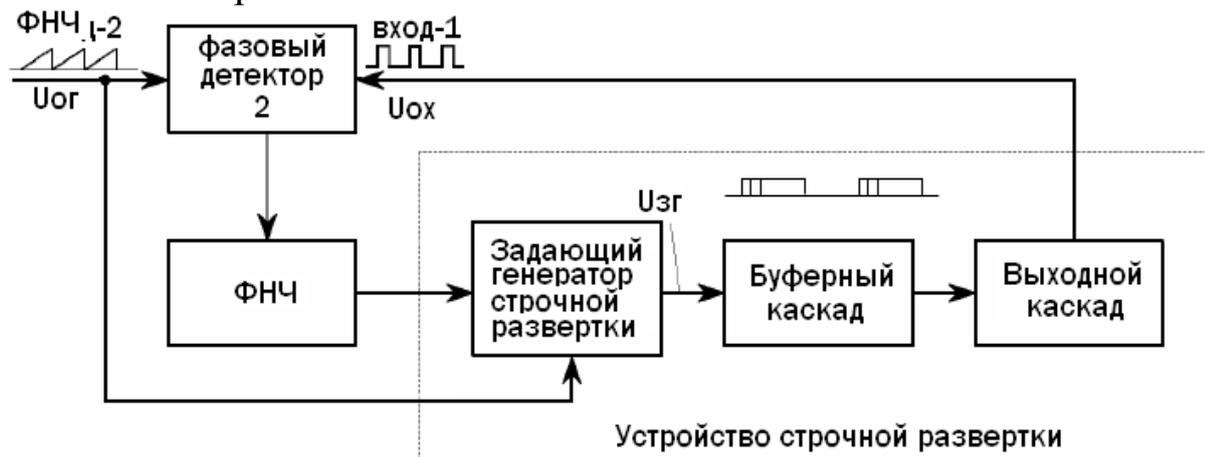


Рис.8.8. Функциональная схема автоподстройки задающего генератора строчной развёртки.

Схема работает следующим образом. Импульс обратного хода строчной развёртки ( $U_{ох}$ ) с выходного каскада (ВК) поступает на первый вход фазового детектора (ФД-2). На второй вход ФД-2 поступает напряжение опорного генератора ( $U_{ог}$ ), которое жёстко привязано по времени, как к ССИ, та и СГИ.

ФД-2 вырабатывает постоянное напряжение ошибки, зависящее от рассогласования времени прихода  $U_{ог}$ -соответствующей гасящему импульсу строк в ПТС, и временем прихода импульсов обратного хода. Это напряжение через ФНЧ поступает на управляющий элемент генератор строчной развёртки.

ЗГ строчной развертки с помощью напряжения опорного генератора  $U_{ог}$  вырабатывает прямоугольные импульсы  $U_{зг}$ , из которых буферный каскад формирует сигналы, управляющие работой выходного каскада. Напряжение с выхода ФНЧ управляет временным положением переднего фронта  $U_{зг}$ , чем регулируется момент времени отпираания транзистора выходного каскада, а значит, и временное положение импульса обратного хода ( $U_{ох}$ ). Импульс  $U_{ох}$  сдвигается по времени до тех пор, пока не будет устранено временное рассогласование между сигналами,

поступающими на входы фазового детектора. При этом диапазон изменения переднего фронта импульса  $U_{ог}$  составляет порядка 15-25 мкс, а ошибка рассогласования фаз сигналов, поступающих на входы ФД-2 не превышает десятых долей микросекунды.

## 8.5 Синхронизация генераторов кадровой развертки

Функциональная схема устройства кадровой синхронизации представлена на рис.8.9.

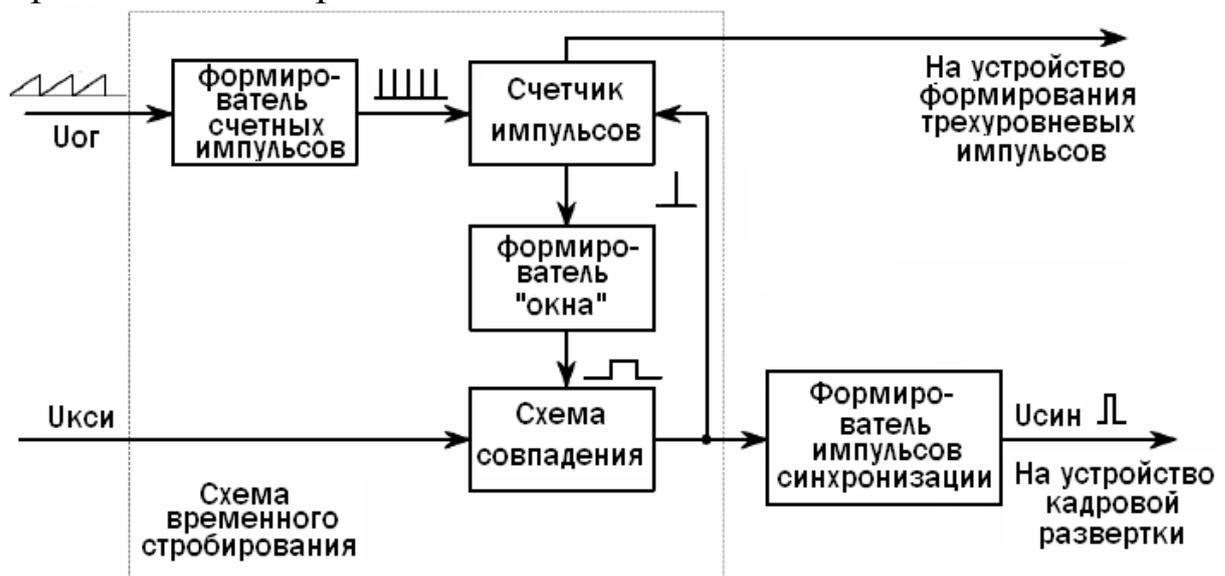


Рис.8.9. Функциональная схема устройства кадровой синхронизации

Система кадровой синхронизации состоит из схемы временного стробирования и формирователя импульсов запуска задающего генератора кадровой развёртки.

Схема временного стробирования предназначена для повышения помехоустойчивости канала кадровой синхронизации. Она пропускает на свой вход только синхроимпульсы полей, и препятствует прохождению через неё импульсных помех, которые могут появиться на её входе. Схема может работать в двух режимах: в режиме поиска синхроимпульса полей и в режиме слежения за временным положением этого импульса.

**В режиме поиска** формирователь счётных импульсов из напряжения опорного генератора  $U_{ог}$  формирует импульсы малой длительности с частотой, равной удвоенной частоте синхроимпульсов строк (31250 Гц). Счётные импульсы поступают на счётчик, работающий в режиме деления частоты. Когда количество входных импульсов превысит его ёмкость, счётчик обнуляется, и процесс счёта повторяется вновь. Ёмкость счётчика  $N_0$  выбрана большей числа 625 (т.е. большей количества счётных импульсов за время одного поля). В момент прихода 600-го счётного импульса счётчик выдаёт сигнал запуска формирователя «окон». «Окна» - это прямоугольные импульсы, начало которых совпадает с сигналом запуска формирователя, а конец - с моментом обнуления счётчика.

«Окна» поступают на один из входов схемы совпадения. А на второй вход этой схемы подаются синхроимпульсы полей (Укси), выделенные в селекторе синхроимпульсов. Поскольку периоды следования «окон» и синхроимпульсов неодинаковы, то «окно» перемещается во времени относительно синхроимпульса от периода к периоду. В момент попадания синхроимпульса в «окно» на выходе схемы совпадения появляется импульс, который обнуляет счётчик, и схема переходит в режим слежения.

**В режиме слежения** запуск формирователя «окон» осуществляется, как и прежде. 600-м счётным импульсом, а обнуление - сигналом со схемы совпадения, совпадающим с 625-м импульсом. Периоды следования «окон» и синхроимпульсов полей теперь оказываются одинаковыми, и их взаимное положение от периода к периоду не меняется. Через схему совпадения проходят синхроимпульсы полей, совпадающие по времени с «окном», длительность которого равна пяти счётным импульсам. Таким образом, помехи, находящиеся за пределами «окна», схемой временного стробирования не пропускаются, тем самым делая кадровую синхронизацию более надежной.

Схема формирователя импульса запуска задающего генератора кадровой развёртки представляет собой ждущий мультивибратор, который вырабатывает импульс при поступлении на его вход сигнала со схемы совпадения.

В устройство синхронизации ТВ-приёмника входит также система формирования стробирующих сигналов. Эта система предназначена для формирования последовательностей импульсов, которые используются для стробирования и управления работой системы цветовой синхронизации телевизора.

## 9. ПРИНЦИПЫ ПЕРЕДАЧИ ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

### 9.1 Способы получения цветного изображения

Поскольку человеческий глаз воспринимает цвета окружающего мира в красном, зеленом и синем спектре, то соответственно в телевидении также необходимо передавать информацию о цвете в RGB компонентах. Эти три монохромных изображения могут быть переданы по каналу связи на приёмные устройства как обычные чёрно-белые изображения (например, каждое одноцветное изображение на своей несущей частоте). На приёмной стороне из переданных трёх монохромных изображений должно составляться (синтезироваться) цветное изображение. Разложение изображения на составные части и его синтез могут осуществляться либо последовательным, либо параллельным способами.

При *последовательном способе* изображение последовательно разлагается на основные цвета, которые передаются один за другим. Такая система не нашла применения, так как для того чтобы мелькания цветного изображения не были заметны, необходимо было увеличить в 3 раза скорость передачи по сравнению со скоростью передачи чёрно-белого изображения. То есть необходимо за время одного кадра передать три монохроматических изображения. Соответственно такой способ передачи требует увеличения полосы частот канала связи в три раза, что недопустимо.

При *параллельном (одновременном) способе* разложение изображения на три монохромных картинки и их передача по каналу связи производится одновременно. Такая система в общем случае может быть создана при механическом соединении трёх стандартных чёрно-белых ТВ- систем. Каждая из систем передаёт информацию об одном из основных цветов, а на приёмной стороне три полученных одноцветных изображения совмещаются на общем экране. Структурная схема такой системы представлена на рис.9.1.

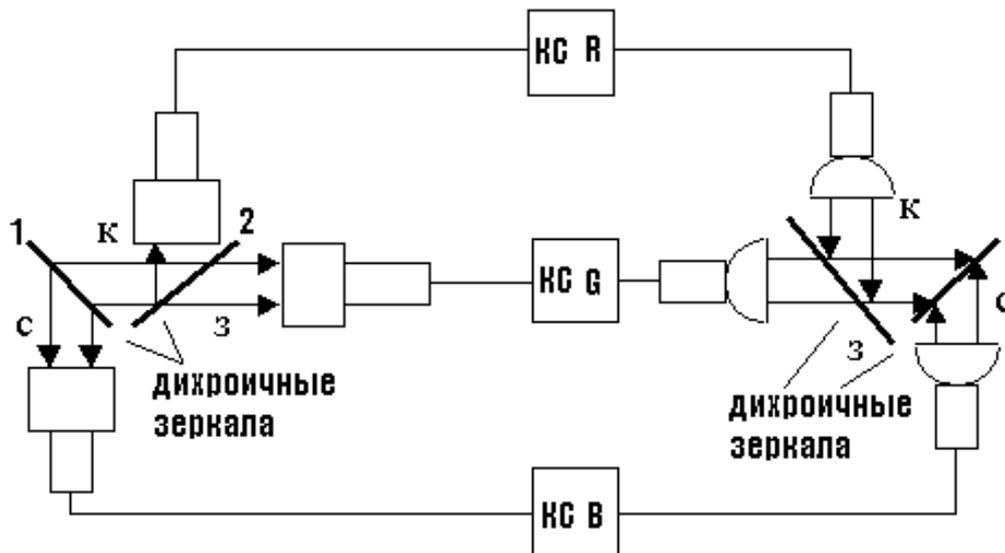


Рис. 9.1. Схема одновременной системы ЦТВ

Разложение светового потока на 3 составляющих обычно производится специальной цветоделительной системой, содержащей светофильтры на дихроичных (цветоизбирательных) зеркалах, отражающих одну часть спектра и практически без потерь пропускающая остальную часть. Так дихроичное **зеркало 1 отражает синюю часть светового потока на «синюю»** трубку и пропускает остальную часть излучения. **Зеркало 2 отражает красную составляющую и пропускает зеленую на «зеленую»** трубку. Далее полученные от 3 трубок видеосигналы по 3 каналам связи (КС) передаются на приемное устройство, где 3 цветоделенных изображения при помощи аналогичных дихроичных зеркал совмещаются в одно. При этом сигналы  $E_R$ ,  $E_G$  и  $E_B$  называются сигналами основных цветов.

Данный способ передачи и воспроизведения основных цветов требует точного оптического и электрического совмещения трех растров передающих и приемных трубок, так как нарушение совмещения может привести к потере четкости и появлению цветных окантовок.

## 9.2 Требования к вещательной системе цветного телевидения

Поскольку к моменту создания систем цветного телевидения в мире была создана обширная инфраструктура черно-белого телевидения, включающая телевизионные и радиопередающие центры, радиорелейные, кабельные и спутниковые магистрали для обеспечения иногороднего и иностранного вещания, а также огромный парк черно-белых телевизоров у населения. Причем вся каналобразующая инфраструктура с телевизионными приемниками была ориентирована на передачу яркостного сигнала в полосе частот 6,5 МГц. А поскольку для передачи трех канальных сигналов цветного телевидения (RGB) требуется минимальная полоса частот  $6,5 \times 3 = 19,5$  МГц, что не достижимо при существующих каналах связи. Создавать с нуля полностью новую инфраструктуру для цветного телевидения невозможно, так как это требует огромных денежных средств. Поэтому было необходимо как-то адаптировать основные параметры разрабатываемой системы цветного ТВ под существующие стандарты черно-белого телевидения. Таким образом, к вещательным системам цветного телевидения (ЦТВ) были предъявлены следующие требования:

1. Совместимость с системой черно-белого ТВ, под которой понимается возможность приема без помех черно-белым приемником ЦТ программ в черно-белом виде. Этот принцип обеспечивает возможность одновременного функционирования цветных и черно-белых приемников. В связи с этим при разработке принципов построения систем ЦТВ должны быть учтены параметры стандартов черно-белого ТВ. Основные параметры – это частота строчной и кадровой разверток и полоса частот, занимаемая спектром.
2. Высокое качество цветовоспроизведения, которое оценивается степенью соответствия ТВ изображения оригиналу. Это означает, что цветность каждого элемента изображения не должна отличаться от соответствующего элемента оригинала, а отношение яркостей

соответствующих элементов изображения и оригинала является величиной постоянной для всех передаваемых цветностей.

3. Относительная простота цветного ТВ приемника при его надежности при его экономической доступности.
4. Перспективность ЦТВ системы с точки зрения ее дальнейшего развития, включающее повышение качества преобразования, обработки и передачи изображения, а также передачу зрителю дополнительной информации с выводом ее на ТВ экран (телетекст и т.д).
5. Совместимость стандартов для обеспечения возможности обмена программами с другими странами.

### 9.3. Принципы построения совместимых систем телевидения

Для обеспечения совместимости со стандартом черно-белого ТВ необходимо передавать сигнал яркости по которому работает черно-белый телевизор. Однако, из колориметрии известно, что белый цвет можно получить суммированием RGB компонент в соотношении, определяемом спектральной чувствительностью глаза к основным цветам люминофоров. Приведенные расчеты показали, что для спектрального состава свечения существующих люминофоров для красного, зеленого и синего цвета содержание основных цветов в яркостном описывается выражением:

$$E_Y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B. \quad (9.1)$$

То есть для получения белого цвета на экране цветного кинескопа необходим состав сигнала из 30% красного, 59% зеленого и 11% синего цвета. Такой сигнал на передающей стороне (на телецентре) формируется линейной электрической схемой, называемой кодирующей матрицей.

При наличии сигнала яркости нет необходимости передавать по каналу связи сигналы трех основных цветов. Достаточно передавать два из них, а третий можно будет получить в декодирующей матрице, вычитая их из яркостного.

Как показали исследования, человеческий глаз плохо воспринимает цвета мелких деталей. Связь между размерами детали и требующейся для ее передачи верхней границей полосы частоты, показана на рис.9.2,б. Многочисленные опыты показали, что с уменьшением размеров деталей их видимая цветовая насыщенность становится меньше, причем для разных цветов эти размеры различны. Подобное явление потери цветового зрения связано с различной спектральной чувствительностью глаза (наибольшая для зеленого цвета, средняя для красного и малая для синего). Зависимость этой потери приведена на рис.9.1,а.

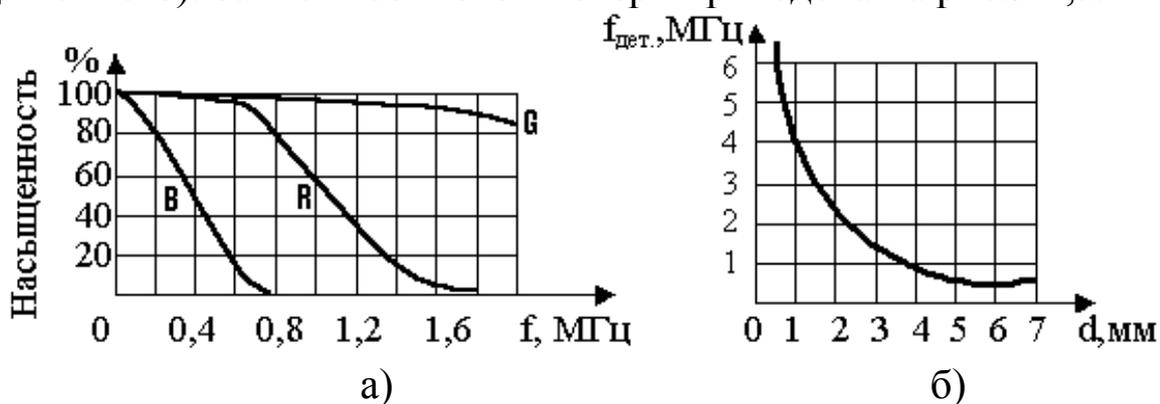


Рис.9.2. Зависимости цветовой чувствительности глаза от размеров деталей изображения

Из рисунка 9.2,а видно, что зеленые мелкие детали сохраняют различимость цвета почти до верхней границы ТВ спектра, в то время как для **красных** различимость падает около **1,4-1,6 МГц**, а для **синих** вообще на **0,6-0,8 МГц**. То есть, если например, зеленое яблоко разместить перед телекамерой и затем ее отодвигать в даль. При этом на экране телевизора первоначально будет отображаться большое яблоко, а с удалением камеры его размеры на экране будут уменьшаться до точки. Так вот зеленое яблоки глазом будет восприниматься до размера точки. Если вместо зеленого яблока взять красное и повторить эксперимент, то окажется, что оно будет восприниматься красным примерно до размера 3 мм. А затем с уменьшением размера вначале красное яблоко будет восприниматься желто-оранжевым, а потом вообще превратится в серое, то есть в глазу пропадет цветовосприятие. Если же

условно взять синее яблоко, то человек перестанет воспринимать его в цвете при больших размерах, чем красное. Вот такая особенность нашего цветового зрения позволяет ограничить верхнюю часть спектра красного и синего сигнала, так как если мы не их не видим в мелких деталях, так зачем тратить на них частотный ресурс. Таким образом достаточно передавать цветовую информацию о двух основных цветах в сокращенной полосе частот (обычно до 1,5 МГц), поскольку глаз все равно мелкие детали в красном и синем цвете не воспринимает. Кроме того, т.к. яркостной сигнал несет полную информацию о яркостных соотношениях передаваемых элементов изображения, то ее можно исключить из сигналов основных цветов. Т.е. по каналу связи можно передавать  $E_Y$ ,  $E_{B-Y}$  и  $E_{R-Y}$ . Последние два сигнала получили название **цветоразностных сигналов, которые формируются в кодирующей матрице** в соответствии со следующими выражениями:

$$\begin{aligned} E_Y &= 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B \\ E_{R-Y} &= 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B \\ E_{B-Y} &= -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B \end{aligned} \quad (9.2)$$

Применение цветоразностных сигналов дает следующие преимущества, в результате чего они используются во всех системах цветного телевидения мира:

1. Вследствие того, что из этих сигналов частично исключена избыточная информация о яркости, их амплитуда обращается в 0 при передаче серых и белых деталей (на белом амплитуды основных цветов равны  $= E_Y$ ) и мала на слабонасыщенных местах. Это устраняет на экране кинескопа помехи в виде мелкоструктурной сетки, возникающих от действия поднесущей частоты цвета;
2. Цветоразностные сигналы упрощают построение декодирующих устройств приемника, т.к. исходные цвета могут быть получены простым суммированием их с яркостным сигналом. Причем, сигналы основных цветов восстанавливаются сразу в полной полосе частот за счет высокочастотной части спектра яркостного сигнала, что упрощает схему их декодирования в приемнике.

На рис.9.3 представлены осциллограммы исходных RGB сигналов, а также яркостного и цветоразностных сигналов при формировании изображения цветных полос.

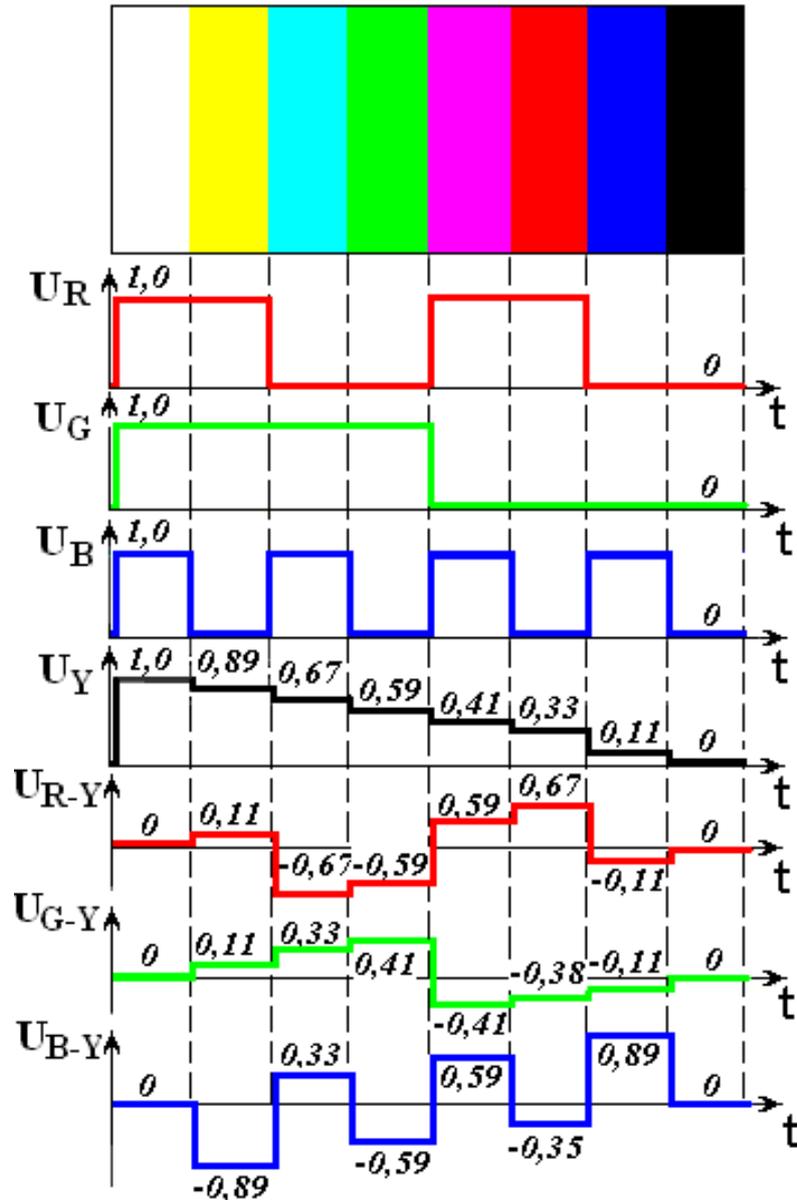


Рис.9.3. Осциллограммы формирования яркостного и цветоразностных сигналов сигнала цветных полос.

Применение цветоразностных сигналов позволяет при передаче сигналов цветного телевидения значительно сократить объём передаваемой информации, т.е. сократить полосу частот ТВ-сигнала, передаваемого по каналу связи. При этом выигрыш в

полосе частот от ограничения передаваемой информации показан на рис.9.4.

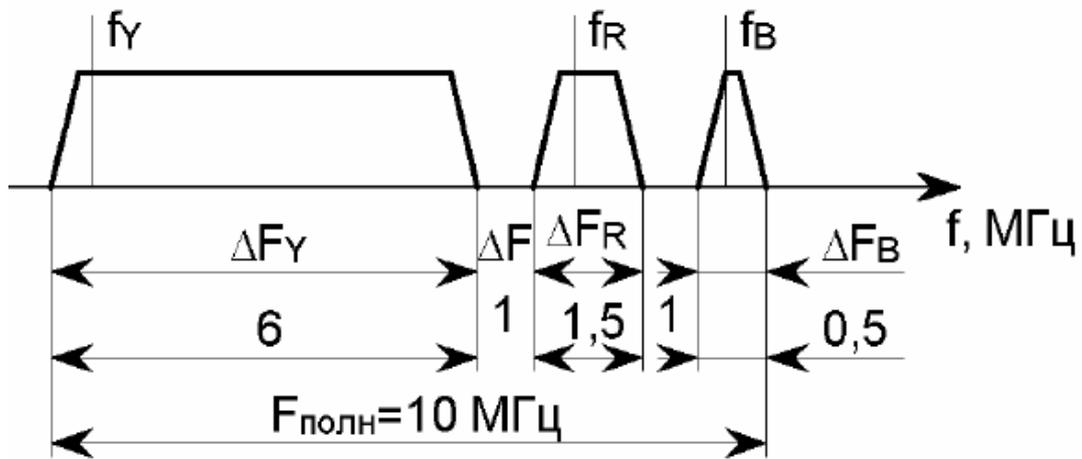


Рис.9.4. Спектр частот цветного сигнала с учётом ограничения спектральных составляющих сигналов  $E_R$  и  $E_B$ .

Таким образом, полный цветной ТВ сигнал (ПЦТВС) содержит следующие компоненты:

1. Яркостной сигнал в полной полосе частот (6,5 МГц);
2. 2 цветоразностных сигнала ( $R-Y$  и  $B-Y$ ) в ограниченной до 1,5 МГц полосе частот, которые для уплотнения спектра яркостного сигнала размещаются в его высокочастотной части посредством модуляции одной или двух поднесущих частот;
3. Сигналы синхронизации приемника;
4. Сигналы цветовой синхронизации.

Хотя ограничение спектров цветоразностных сигналов и дает выигрыш по спектру, но все еще сумма полос частот трех сигналов больше, чем одного яркостного (рис.9.4). А это не отвечает условию совместимости.

Дальнейшая возможность сокращения полосы частот основывается на специфической особенности спектра ТВ сигнала – его линейчатости (рис.4.5). Т.к. составляющие яркостного сигнала не заполняют всю ось частот, в промежутках можно разместить спектры цветоразностных сигналов. При этом амплитуды цветоразностных сигналов, хотя и меньше основных

сигналов (разность), но все равно на экране черно-белого ТВ будут видны дополнительные шумы и мелькания. Чтобы устранить, или хотя бы снизить эту заметность, спектры цветоразностных сигналов помещают на **поднесущих частотах** как можно ближе к верхней границе ТВ спектра, где в области мелких деталей восприимчивость глаза снижена.

**Структурная схема совместимой системы ЦТ** имеет вид представленный на рис.9.5. Данная схема преобразования и передачи трех сигналов основных цветов по одному каналу связи является общей для всех современных совместимых систем ЦТ. Различие между системами заключается в методах передачи информации о цветности в спектре яркостного сигнала.

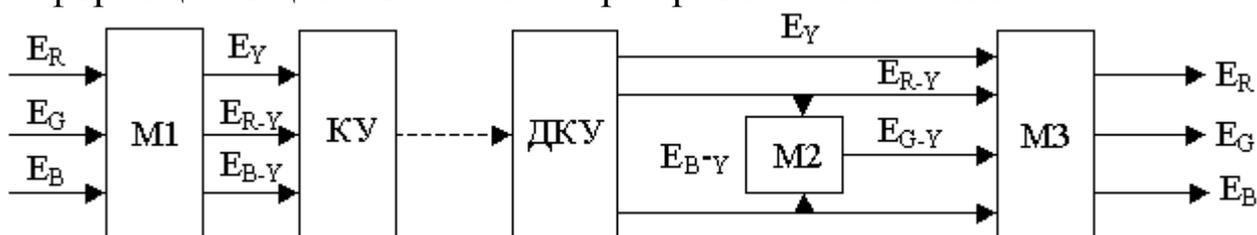


Рис. 9.5. Структурная схема совместимой системы ЦТВ

**Схема работает следующим образом.** На вход кодирующей матрицы М1 (рис.9.6) подаются сигналы основных цветов, прошедшие обработку и коррекцию в камерном канале. Матрица преобразует их в сигналы первичных цветов передачи – яркостной и два цветоразностных, в соответствии с выражениями:

$$E_Y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B$$

$$E_{R-Y} = 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B$$

$$E_{B-Y} = -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B$$

Сформированные сигналы трех первичных цветов поступают в кодирующее устройство КУ, где формируется полный цветной ТВ сигнал (ПЦТВС) содержащий:

1. Яркостной сигнал в полной полосе частот;

2. 2 цветоразностных сигнала (R-Y и B-Y) в ограниченной до 1.5 МГц полосе частот, которые посредством модуляции одной или двух поднесущих частот, для уплотнения спектра яркостного сигнала размещаются в его высокочастотной части;
3. Сигналы синхронизации приемника;
4. Сигналы цветовой синхронизации.

С выхода кодирующего устройства ПЦТВС через канал связи поступает на декодирующее устройства телевизора, где производится обратная операция выделения из общего спектра яркостного сигнала цветowych поднесущих частот, их детектирования для получения двух цветоразностных сигналов с помощью которых в матрице M2 формируется третий цветоразностный сигнал  $E_{G-Y} = -0,51E_{R-Y} - 0,19E_{B-Y}$ . Затем при помощи матрицы M3 из яркостного и 3 цветоразностных сигналов формируются исходные RGB сигналы.

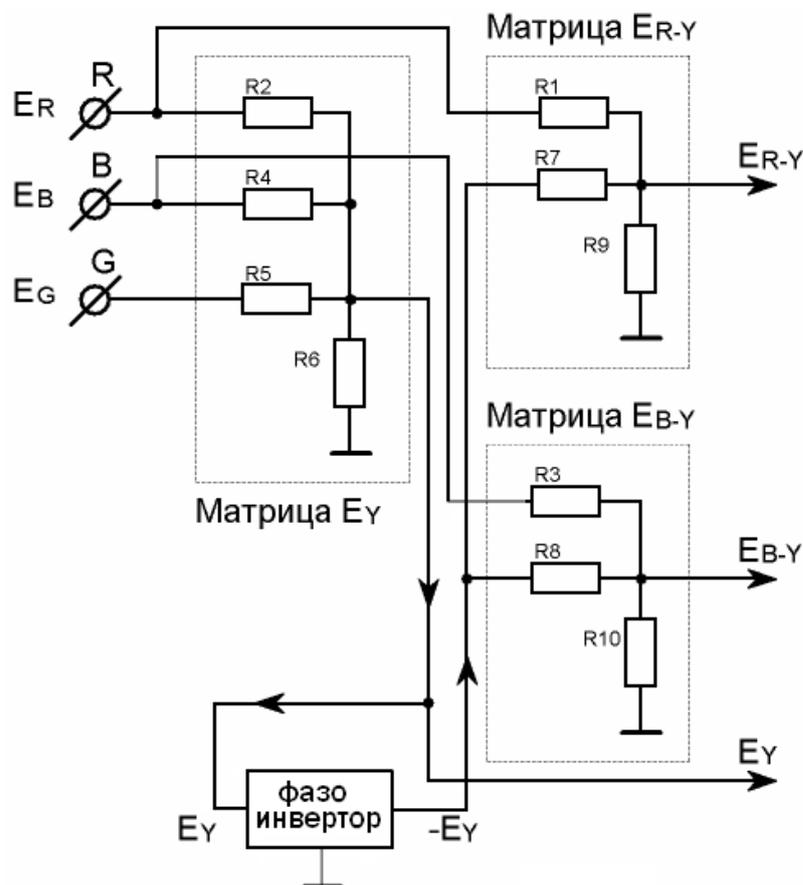


Рис.9.6. Упрощённая схема формирующей матрицы.

Кодирующая матрица работает следующим образом. На входы матрицы R, G и B подаются сигналы основных цветов  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  с выходов датчиков видеосигнала на ЭЛТ или ПЗС матриц. Группа резисторов  $R_2, R_4, R_5$  и  $R_6$  образует формирователь сигнала яркости  $E_Y$  в соответствии с выражением (9.2). Фазоинвертор изменяет полярность сигнала  $E_Y$ .

Формирователь  $R_1, R_7, R_9$  формирует цветоразностный сигнал  $E_{R-Y}$ , а формирователь  $R_3, R_8, R_{10}$  - цветоразностный сигнал  $E_{B-Y}$ . Далее эти сигналы поступают на кодирующее устройство телецентра где формируется композитный полный цветной телевизионный сигнал. Далее этот сигнал поступает на вход телевизионных передатчиков для организации телевизионного вещания.

## 10. СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В настоящее время в мире применяются три основные системы аналогового цветного телевидения **NTSC, PAL и SECAM и их модификации**. В этих системах используется группа из трех сигналов: яркости и двух цветоразностных, несущих информацию об интенсивности основных цветов. Во всех трех системах применяется метод частотного уплотнения сигнала яркости сигналами цветности, путем переноса спектра сигналов цветности на поднесущую, расположенную в высокочастотной части спектра сигнала яркости. Все эти три телевизионных стандарта процентов на 80 совпадают друг с другом, отличаясь только принципами кодирования цвета, именно поэтому большинство современных телевизоров имеют универсальные, автоматические декодеры цвета. Различие этих систем заключается в способах передачи информации о цвете в полосе частот спектра яркостного сигнала. Рассмотрим основные особенности построения и работы систем цветного ТВ.

### 10.1. Система цветного телевидения NTSC

**Разработана в США в 1950-1953 гг.** национальным комитетом телевизионных систем (National Television System Committee) и утверждена в стране как национальный стандарт. 8 декабря 1953 года было начато цветное телевизионное вещание с применением этой системы. Позже была принята **Канаде, Мексике, Японии, Южной Кореи, Тайване, на Филиппинах и в ряде стран Южной Америки**. В настоящее время в большинстве стран вещание по системе NTSC прекращено из за перехода на цифровой формат вещания. Так, например, в США большинство передатчиков были отключены в 2009 году, в Канаде и Японии — в 2011 году, и в Южной Кореи и Мексике — в 2012 году.

Базовая система NTSC, применявшаяся в США (NTSC-M), основана на использовании стандарта чёрно-белого телевидения,

принятого в 1941 году, со стандартом разложения **525/60**.

Разработка собственного государственного стандарта требовала гигантских материальных ресурсов, поэтому первые телевизоры, отвечающие данному стандарту, были настолько сложны, что им требовалась еженедельная настройка специалистом. В связи с этим американцы не хотели покупать дорогие и капризные телеприемники, компании продавали их ниже себестоимости, тем не менее массовым цветное ТВ в США стало только в середине 60-х гг. К моменту внедрения цветного стандарта у населения было 28 млн. черно-белых телеприемников..

**В NTSC, обобщенная структурная схема которой представлена на рис.15.1, передается яркостной сигнал и 2 цветоразностных  $E_I$  и  $E_Q$ . Передача цветоразностных сигналов осуществляется в спектре яркостного на одной поднесущей частоте  $f_s=3.579545$  МГц (рис.10.1.а). Напряжение поднесущей частоты, промодулированное цветоразностными сигналами называется сигналом цветности. Сумма сигналов яркости  $E_Y$  и сигнала цветности  $U_s$  образует **полный цветовой сигнал**. Для того чтобы модулировать двумя цветоразностными сигналами одну поднесущую частоту используют **метод квадратурной амплитудной модуляции**. Сущность квадратурной модуляции заключается в модулировании двух независимых сигналов в двух модуляторах с помощью одной несущей частоты но со фазовым сдвигом на  $90^0$ . То есть на один модулятор поступает синусоидальный сигнал несущей, а на другой модулятор- косинусоидальный, которые затем суммируются в сумматоре. В NTSC производится суммирование двух напряжений поднесущей частоты  $U_{R-Y}$  и  $U_{B-Y}$ , промодулированных каждым из цветоразностных сигналов в отдельных амплитудных модуляторах. Поднесущая частота на модуляторы поступает в квадратуре, т.е. с фазовым сдвигом  $90^0$ . **Полученный сигнал получается промодулированным по амплитуде и по фазе, таким образом фаза результирующего вектора  $U_s$  (рис.10.1) несет информацию о цвете, а амплитуда****

$U_s$  определяет его насыщенность. Для повышения энергетической эффективности в системе NTSC используются балансные модуляторы, которые, подавляя саму поднесущую, оставляют только боковые полосы. Это позволяет как минимум в 2 раза уменьшить размах сигнала цветности, что уменьшает его заметность на черно-белом телевизоре, а на неокрашенных деталях он вообще = 0 (рис.10.1,б). Затем суммарный сигнал цветности в следующем сумматоре складывается с сигналом яркости в результате чего формируется композитный (от слова композиция) цветной телевизионный сигнал спектрограмма которого представлена на рис.10.1,а и осциллограмме на рис.10.2.

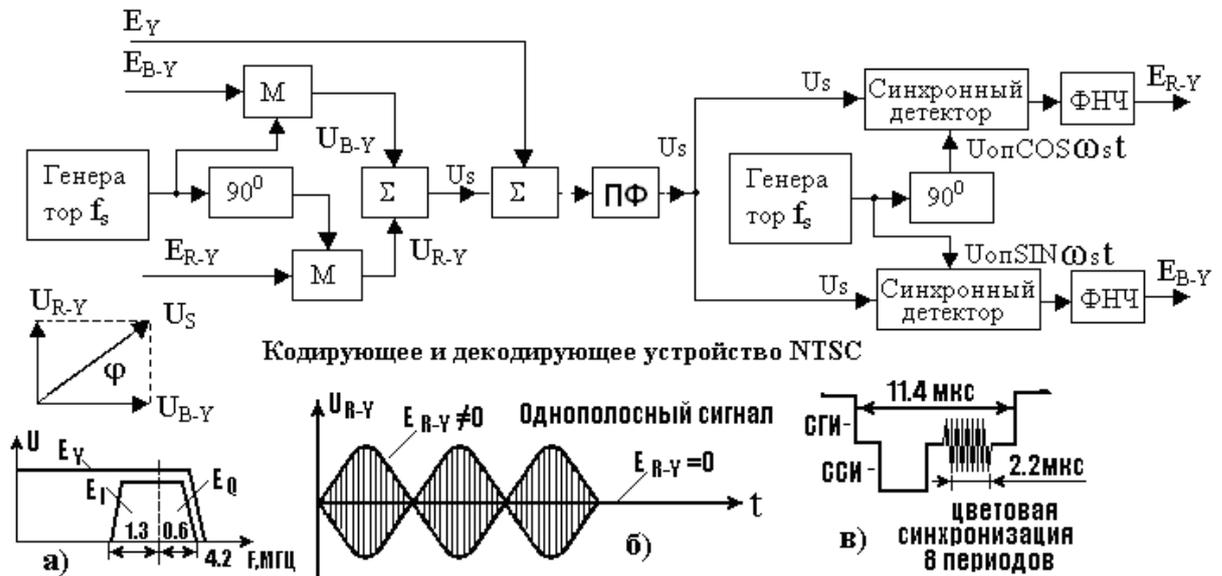


Рис. 10.1. Обобщенная структурная схема системы ЦТВ NTSC

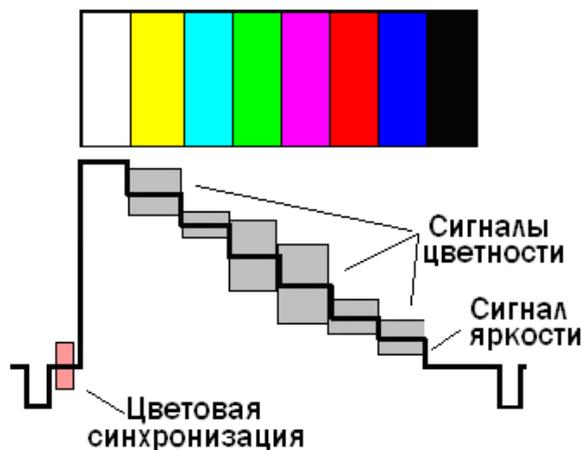


Рис.10.2. Примерный вид композитного сигнала системы NTSC.

На приведенном рисунке 10.2. видно как на ступенчатом сигнале  $E_Y$  (изображения цветных полос) находятся квадратурные поднесущие сигналов цветности.

На приемной стороне с помощью полосового фильтра сигналы цветности выделяются из спектра яркостного сигнала и поступают на декодер цветности. В декодере помощью синхронных детекторов восстанавливаются исходные сигналы цветности. Однако, для работы синхронных детекторов необходимо опорное напряжение, работающее синфазно с поднесущей, но поскольку поднесущая при балансной модуляции не передается, то ее необходимо генерировать в телевизоре специальным генератором поднесущей. Но так как без специальных мер невозможно обеспечить синхронную работу генераторов поднесущей в телевизоре и на телецентре, то для этого используется цветовая синхронизация. Для этого на задней площадке строчного гасящего импульса передается сигнал цветовой синхронизации в виде **пакета колебаний поднесущей из 8-10 периодов** – так называемая **цветовая вспышка** (рис.10.1,в). Этот пакет выделяется специальным полосовым фильтром и подается и подается на схему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) генератора поднесущей. Таким образом, каждую строку производится коррекция частоты и фазы поднесущей частоты телевизора обеспечивая ее стабильность как у генератора на телецентре.

Поскольку наличие сигналов цветности **в сигнале яркости** создает определенные помехи зрителям в виде мелкоструктурной сетки, то необходимы специальные меры для снижения их заметности.

**Для снижения заметности сигнала цветности** на черно-белом телевизоре необходимо выбрать значение поднесущей частоты ближе к верхней границе спектра ТВ сигнала, где чувствительность глаза к мелким деталям меньше. При этом на экране телевизора возникает неподвижная помеха в виде чередования светлых и темных тоненьких вертикальных полосок. **Для большего снижения заметности поднесущей** применяют

метод коммутации ее фазы, то есть изменение полярности от строки к строке от полукадра к полукадру (рис.10.3). При этом рисунок от помехи приобретает вид шахматного чередования светлых и темных участков (рис 10.3.б). В смежных кадрах полярность поднесущей меняется на  $180^0$  (рис.10.3.а) и участки поменяются местами, в результате чего не светлые участки помехи накладываются темные и зрительно помеха полностью компенсируется. Для этой цели значение поднесущей частоты необходимо, выбрать так, чтобы  $f_s = (2n+1)f_z/2$ . Тогда в интервале строки размещается нечетное число полупериодов поднесущей.

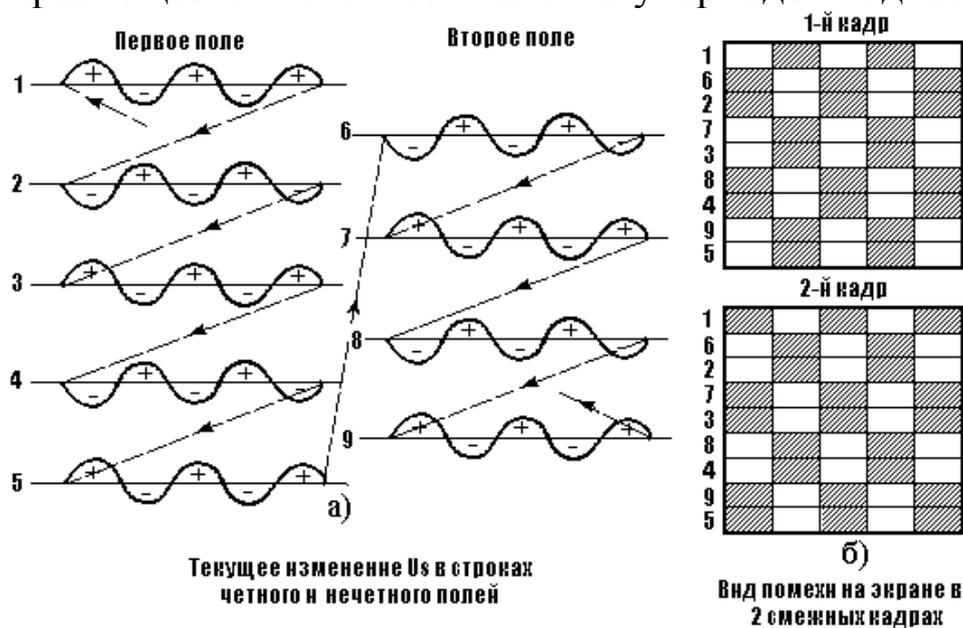


Рис.10.3. Метод уменьшения заметности помехи от поднесущей частоты

Кроме того, при выполнении этого условия составляющие сигнала цветности располагаются точно посередине между строчными и кадровыми гармониками яркостного сигнала, что позволяет с большей точностью разделить эти два спектра. Этот коэффициент достаточно просто получить в синхрогенераторе делением двойной строчной частоты – поэтому выбрали  $455 f_{стр} = 3,579545$  МГц. Но выбор такой поднесущей позволяет передать лишь 0,6 МГц сигнала цветности. При этом цветовая четкость по горизонтали оказывается неудовлетворительной. После множества экспериментов нашли возможность передавать

**нижнюю боковую шириной 1,3 МГц без существенного ухудшения совместимости. В системе NTSC передают один узкополосный сигнал с полосой 0,6 МГц ( $E_Q$ ) для синего цвета, а второй широкополосный – 1,3 МГц ( $E_I$ ) для красного цвета. Причем перекрестные помехи будут в спектре узкополосного сигнала на частотах, где подавлена одна боковая, т.е. вне полосы пропускания ФНЧ (0,6МГц).**

Следует отметить, что в NTSC существует два основных значения поднесущей цветности системы: **3.579545** и **4.43361875 МГц**. Второе значение является неосновным и используется в основном в видеозаписи для использования общего с системой PAL канала записи-воспроизведения.

#### **Основные достоинства NTSC:**

- **хорошая совместимость за счет жесткой связи частот развертки с поднесущей и удачного выбора поднесущей;**
- **эффективное использование канала – при сравнительно узкополосных сигналах цветности достигается достаточно высокое качество;**
- **высокая помехоустойчивость канала цветности благодаря применению синхронного детектирования.**

**Главным недостатком NTSC является высокая чувствительность к дифференциальным искажениям амплитуды и фазы сигнала цветности из-за возможной модуляции его сигналом яркости, что влечет изменение цветового тона и насыщенности, разной на разноярких участках. Так, например, человеческое лицо может приобретать зеленоватый оттенок на ярких участках и красноватый – на темных. Происходит это из-за неточной работы звеньев системы, а потому влечет за собой довольно жесткие требования к параметрам канала передачи, что усложняет и удорожает аппаратуру. Поэтому у американцев существует и своя шуточная расшифровка NTSC как “Never The Same Color” – Всегда разный цвет, подчеркивая, таким образом, главный недостаток системы.**

## 10.2. Система цветного телевидения SECAM

**Система SECAM (Sequentiel Couleur Avec Memoire)**, в русской транскрипции - СЕКАМ. Разработка системы была начата в 1953 г. французским инженером Анри де Франсом. В дальнейшем работы над совершенствованием системы проводились совместно французскими и специалистами Советского союза. После испытаний и доработок, в 1967 году было начато регулярное вещание по этой системе одновременно в СССР и Франции. Позже стандарт SECAM был принят также в ряде других стран Восточной Европы, Азии и Африки с разложением **625/50**.

**Главной особенностью СЕКАМ является поочередная передача сигналов цветности в разных строках. То есть за строку передается только один цветоразностный сигнал (либо синий, либо красный). Эта особенность позволяет избежать перекрестных искажений сигналов цветности, присущих NTSC. Второй важной особенностью является применение частотной модуляции (ЧМ) поднесущей цветоразностными сигналами.**

Кроме того, для повышения помехоустойчивости передают сигналы  $D_R$  и  $D_B$ , где  $D_R = -1,9E_{R-Y}$  и  $D_B = 1,5E_{B-Y}$ . Если посмотреть формулы получения цветоразностных сигналов, то видно, что максимум  $E_{R-Y}$  на красном 0,7 и сине-зеленом  $-0,7$ , а  $E_{B-Y}$  - на желтом 0,89 и синем  $-0,89$ . Это приводит к разной девиации частоты у этих сигналов. Введение коэффициентов устраняет это ( $1,9 \times 0,7 = 1,5 \times 0,89 = 1,33$ ). Выбор знака минус объясняется так: статистические исследования показали, что в красном преобладают положительные значения, а в синем – отрицательные. Изменив знак красного добиваются, что в обоих сигналах преобладает отрицательная девиация частоты, что повышает устойчивость системы к ограничению верхней боковой полосы сигнала цветности, возникающее в каналах связи (что особенно важно для тех стран, где уменьшена полоса частот яркостного сигнала).

Применение ЧМ дает выигрыш в помехоустойчивости при выборе индекса модуляции больше 1 (широкополосная ЧМ). Использовать это в SECAM невозможно из-за необходимости ограничения спектра сигналов цветности. Здесь индекс модуляции в среднем равен 0,2. Кроме того, приходится существенно уменьшить размах цветоразностных сигналов. В NTSC он достигает 120% яркостного, что благодаря отсутствию поднесущей почти незаметно на черно-белом приемнике. В SECAM ЧМ поднесущая воспринимается сильнее и приходится уменьшать размах цветоразностных сигналов до 20-25% яркостного. Все это делает ее крайне уязвимой к шумовым помехам, и без специальных коррекций, которые представлены на рис.10.4, она не смогла бы конкурировать с другими системами.

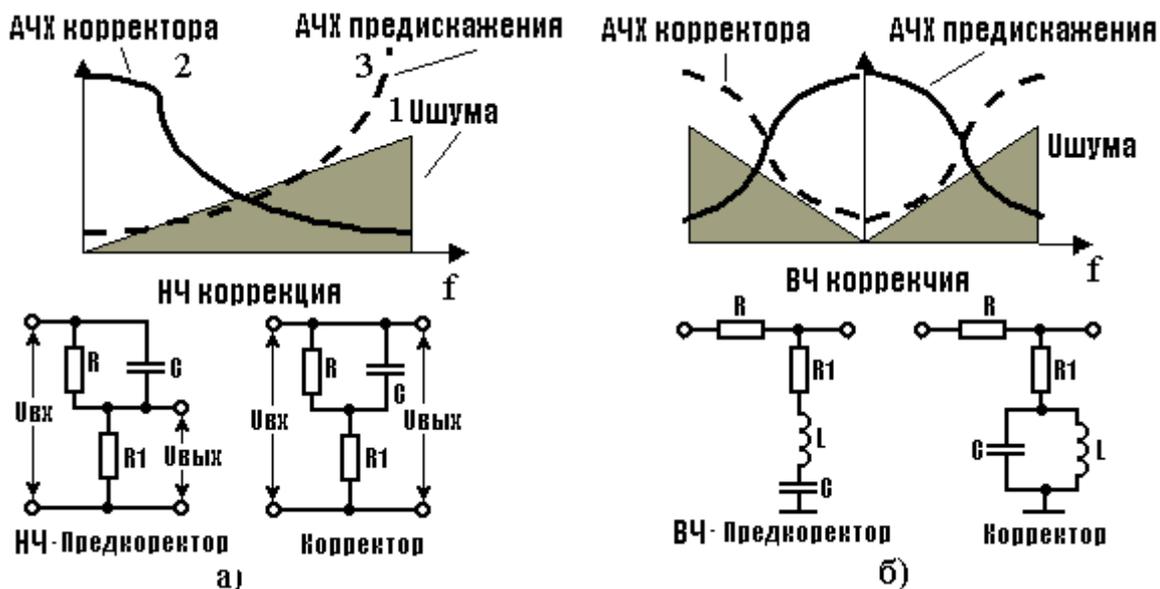


Рис.10.4. Методы повышения помехоустойчивости системы SECAM

Одна из них это НЧ коррекция (рис.10.4.а), основанная на специфическом для ЧМ спектральном распределении шума на выходе частотного дискриминатора – треугольником. Тогда максимум шума сосредоточен в верхней части спектра и, использовав цепь коррекции с АЧХ 2, можно достичь заметного улучшения отношения сигнал/шум. Однако верхние частоты

сигнала также будут подавлены. Чтобы не возникли эти искажения на передающем конце производят предкоррекцию З, которая поднимает ВЧ составляющие спектра цветоразностных сигналов на столько, на сколько они будут подавлены в приемнике. При этом для сигнала изменений не происходит, но шумы канала связи будут подавлены.

Еще один вид коррекции производится до ЧД и потому получил условное название **ВЧ коррекции** (рис.10.4.б). Она основана на механизме взаимодействия сигнала и шума и проникновении составляющих шума на выход ЧД. Это взаимодействие будет проявляться как дополнительная девиация частоты полезного сигнала помехой, зависящая от амплитуды шума и разности частот его и сигнала. Поэтому в телевизоре корректирующей цепью подавляют ВЧ составляющие цветоразностных сигналов, а на передающей стороне их поднимают.

Предискажение сигнала на передающей стороне З сводится к увеличению амплитуды ЧМ сигнала в зависимости от величины девиации, т.е. сигнал цветности приобретает еще и АМ. После прохождения сигнала через ВЧ корректор АМ исчезает и он приобретает первоначальную форму. Этот способ дает заметный выигрыш не для всех цветов, потому что частота настройки корректора постоянна, а частота поднесущей меняется в зависимости от передаваемого цвета. После изучения вопроса перешли на передачу сигналов цветности на двух разных поднесущих: **красный 4406,25 кГц (282  $f_{стр}$ )**, **синий 4250 кГц (272  $f_{стр}$ )**, а цепь коррекции настраивают на частоту, находящуюся между поднесущими – **4286 кГц**.

#### **Достоинства системы SECAM:**

1. Теоретически полностью исключены перекрестные искажения между сигналами цветности, хотя из-за несовершенства работы коммутаторов они все-таки могут проходить;
2. Нечувствительность к дифференциально-фазовым искажениям (для NTSC –  $10-12^0$ );

3. Меньшая чувствительность к изменениям амплитуды сигналов цветности.

### **Недостатки системы SECAM:**

1. Большая восприимчивость к флуктуационным помехам, особенно при достаточно малых сигналах;
2. Худшая совместимость: в черно-белых телевизорах из-за отсутствия режекции поднесущих ее структура достаточно заметна;
3. Сильнее проявляются перекрестные искажения яркость-цветность;
4. Хуже цветовая четкость из-за последовательности передачи цветов, что особенно сказывается на горизонтальных границах насыщенных цветов – получается комбинация цветов.

### **Кодирующее устройство системы SECAM**

**Кодирующее устройство системы SECAM** (рис.10.5) предназначено для формирования из исходных цветов  $E_R$ ,  $E_B$  и  $E_G$  полного цветного видеосигнала содержащего яркостной сигнал  $E_Y$ , сигнал цветности  $U_S$  и сигнал синхронизации приемника. Кодирующее устройство состоит из следующих функциональных блоков:

**ЛЗ** – линия задержки

**К** - коммутатор

**ФНЧ** – фильтр нижних частот с частотой среза 1.5 МГц

**АО** - амплитудный ограничитель

**СФУ** – схема фиксации уровня

**ФД** - фазовый детектор

**ЧМГ** – частотно-модулированный генератор

**ФИС** - формирователь импульсов срыва

**КФ** - коммутатор фазы

**ГКИ** – генератор коммутирующих импульсов

**КГ** - кварцевый генератор;

**ГУИ** – генератор управляющих импульсов;  
**УПП** – устройство подавления поднесущих;  
**КПИ** – корректор перекрестных искажений яркость-  
 ЦВЕТНОСТЬ

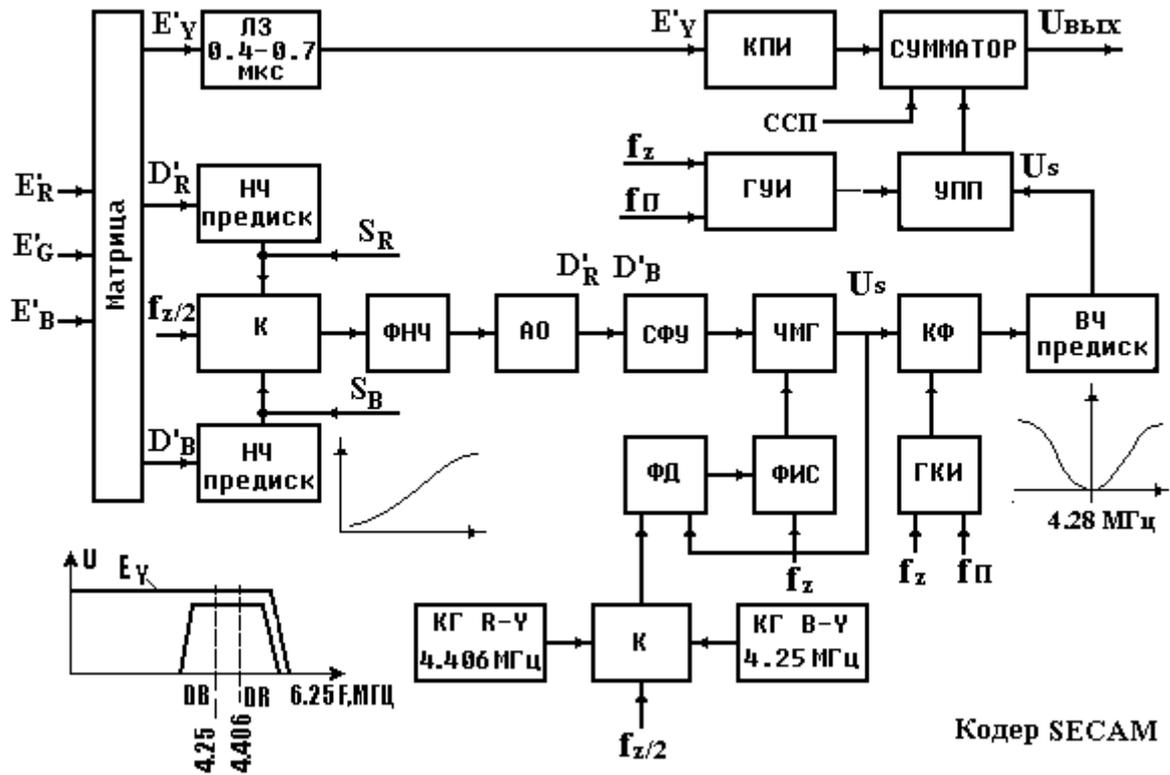


Рис.10.5. Обобщенная структурная схема кодера системы SECAM

**Устройство работает следующим образом:**

Первичные сигналы  $E_R$ ,  $E_B$  и  $E_G$  поступают на матрицу, где из них образуется яркостной и 2 цветоразностных сигнала.

Цветоразностные сигналы  $D_R$  и  $D_B$  через цепи НЧ предискажений, которые предназначены для повышения помехоустойчивости канала цветности за счет подъема уровня ВЧ составляющих цветоразностных сигналов, поступают на электронный коммутатор (К). Коммутатор обеспечивает поочередную передачу цветоразностных сигналов через строку, т.е. одна строка передает красный цветоразностный сигнал, а другая синий. С выхода коммутатора сигнал через ФНЧ,

который ограничивает спектр цветоразностных сигналов и устраняет коммутационные помехи от работы коммутатора поступает на вход амплитудного ограничителя (АО), в котором ограничиваются выбросы сигнала, вызванные НЧ предискажениями. С выхода АО сигнал поступает на частотный модулятор (ЧМГ), на входе которого включена схема фиксации уровня (СФУ). Основной особенностью частотного модулятора в системе SECAM является, с одной стороны, модуляции сигналами DR и DB двух отличающихся по частоте поднесущих, с другой стороны, необходимо обеспечить высокую точность номинальных значений поднесущих (**4406,25 ± 2 кГц для красного и 4250 ± 2 кГц для синего**). Непосредственная стабилизация таких частот невозможна, поэтому в схеме используется импульсная автоподстройка частоты фазовым детектором (ФД) по эталонным кварцевым генераторам (КГ), которые поочередно подключаются через строк коммутатором (К). Для обеспечения подстройки ЧМГ по эталонному генератору не только по частоте, но и фазе в начале строки, используется схема формирователя импульсов срыва (ФИС), которая запускает генератор всегда с одной и той же фазы. Далее сигнал с выхода ЧМГ поступает на коммутатор фазы (КФ), который под действием генератора управляющих импульсов (ГУИ) меняет значение фазы цветных поднесущих на 180 градусов для уменьшения их заметности на экране. С выхода КФ сигнал через цепь ВЧ предискажений, необходимую для повышения помехоустойчивости канала цветности, поступает в устройство подавления поднесущих (УПП). УПП подавляет поднесущие на время действия синхронизирующих импульсов и управляется генератором управляющих импульсов (ГУИ). Далее сигнал цветности поступает на один из входов сумматора, где смешивается с сигналом яркости.

Яркостной сигнал через линию задержки (ЛЗ) на 04-07 мкс, необходимую для задержки яркостного сигнала на время запаздывания сигнала цветности, поступает на корректор перекрестных искажений (КПИ). КПИ уменьшает влияние сигнала яркости на сигнал цветности, поскольку цветные

поднесущие цвета находятся в полосе частот сигнала яркости. С выхода КПИ яркостной сигнал поступает на сумматор, где смешивается с сигналом цветности и сигналом синхронизации приемника (ССП) и затем передается на в эфир.

### Декодирующее устройство системы SECAM.

Декодирующее устройство, структурная схема которого представлена на рис.10.6, предназначено для получения из полного цветного ТВ сигнала (композитного) исходных RGB сигналов.

**Декодер состоит из следующих функциональных узлов:**

**ВД** - видеодетектор;

**ПФ** - полосовой фильтр;

**ЛЗ** - линия задержки;

**АО** - амплитудный ограничитель;

**ЭК** - электронный коммутатор;

**ГКИ** – генератор коммутирующих импульсов;

**РФ** - режекторный фильтр;

**ЧД** - частотный детектор

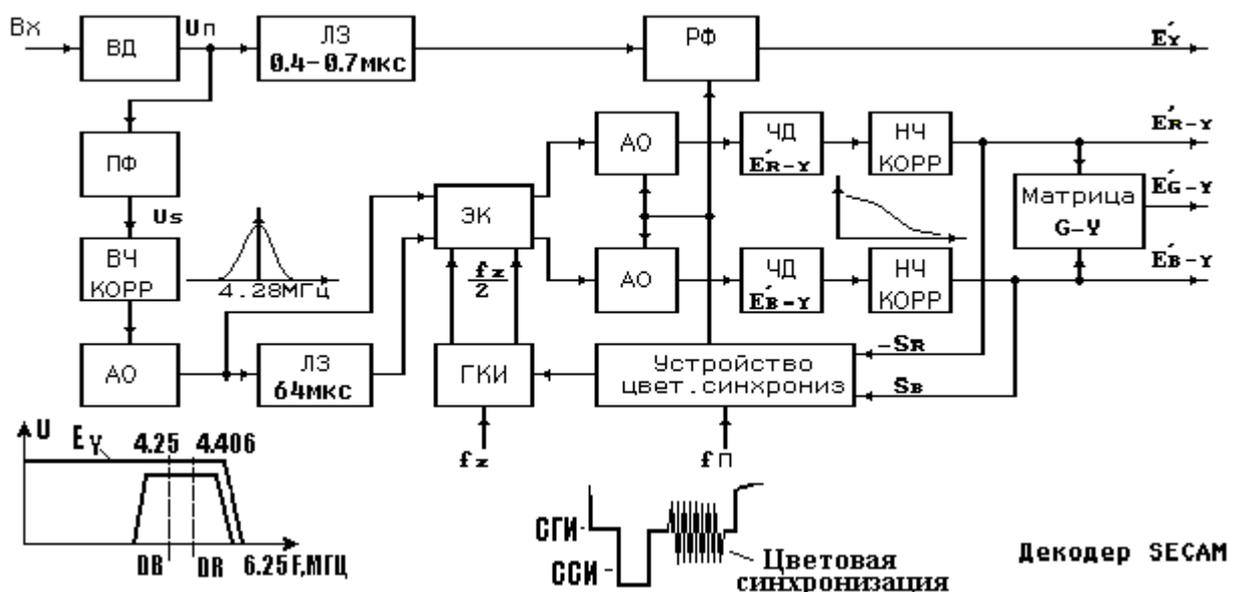


Рис.10.6. Обобщенная структурная схема декодера системы SECAM

Декодирующее устройство SECAM, также как и кодирующее, содержит 2 канала: яркостного сигнала и цветности.

Схема работает следующим образом. Полный цветовой сигнал  $U_p$  с видеодетектора (ВД) выделяется полосовым фильтром (ПФ) и поступает на ВЧ корректор сигнала цветности, который повышает помехоустойчивость канала цветности. АЧХ ВЧ корректора обратна АЧХ цепи ВЧ предискажений, в результате уровень сигнала остается неизменным, а уровень помех снижается на 8 дБ. С выхода корректора сигнал через амплитудный ограничитель (АО), подавляющий паразитную амплитудную модуляцию поднесущих, поступает на вход линии задержки на строку (ЛЗ 64 мкс) и один из входов электронного коммутатора (ЭК). На второй вход ЭК поступает, задержанный на длительность строки, сигнал с выхода ультразвуковой ЛЗ. Для нормальной работы декодирующего устройства цвета необходимо, чтобы на него поступали одновременно оба цветоразностных сигнала, а поскольку в SECAM цветоразностные сигналы передаются через строку, то ЛЗ позволяет выровнять эти сигналы во времени. Пока один сигнал поступает напрямую, предыдущий выходит с линии задержки. А так как тип цветоразностных сигналов меняется через строку, то ЭК позволяет направлять соответствующий цветоразностный сигнал на свой цветовой канал.

Управление ЭК осуществляется импульсами с генератора коммутирующих импульсов (ГКИ). Далее сигналы с выхода ЭК через АО, подавляющие помехи и паразитную амплитудную модуляцию, вызванную неравномерностью АЧХ ЛЗ, поступают на соответствующие частотные детекторы.

После детектирования цветоразностные сигналы подвергаются НЧ коррекции, повышающей отношение сигнал/шум еще на 10 дБ. АЧХ корректоров обратны АЧХ цепей предискажений на передающей стороне.

Далее цветоразностные сигналы поступают на матрицу, где происходит формирование зеленого цветоразностного сигнала и далее на цветной кинескоп.

Для правильной работы ЭК необходима его синхронизация по типу передаваемых цветоразностных сигналов. Эта синхронизация обеспечивается при помощи специальных импульсов цветовой синхронизации  $S_R$  и  $S_B$ , которые выделяются устройством цветовой синхронизации (УЦС).

Канал яркости содержит широкополосную ЛЗ на 0.4-0.7мкс, которая корректирует запаздывание распространения сигналов в канале цветности, и режекторный фильтр для подавления цветowych поднесущих в яркостном канале. Это позволяет снизить их заметность на экране телевизора.

Для того, чтобы режекция не ухудшала четкость черно-белых передач, она отключается с помощью управляющего напряжения с устройства цветовой синхронизации.

### 10.3. Система цветного телевидения PAL

**Система PAL** (Phase Alternation Line – Чередование фазы по строкам) была разработана в Германии Уолтером Бручем из фирмы Телефункен и принята в 1966 году в качестве стандарта в большинстве стран Западной Европы, Азии, Южной Африки и Австралии.

Система передает изображение 25 кадрами в секунду, и имеет 625 строк разложения.

PAL представляет собой усовершенствованный вариант системы NTSC, который заключается в оригинальном способе устранения фазовых искажений, присущих системе NTSC.

Идея компенсации фазовых искажений заключается в том, что фаза поднесущей «красного» цветоразностного сигнала от строки к строке меняется на  $180^\circ$ . Фаза поднесущей «синего» сигнала цветности при этом остаётся неизменной (рис.10.7).

Инверсия фазы «красного» сигнала цветности от строки к строке приводит к тому, что искажения сигналов на выходах синхронных детекторов и перекрёстные помехи, вызванные фазовыми искажениями, оказываются одинаковыми в соседних строках по форме, но с разными знаками. Следовательно, они

могут быть скомпенсированы, если перед синхронным детектором или после него сложить сигналы двух соседних строк. Изменение фазы вектора  $E_{R-Y}$  приводит к тому, что фазовые ошибки  $\Delta\theta$  двух соседних строк  $m$  и  $m + 1$  (рис.10.8,а), одинаковые по величине, имеют разные знаки.

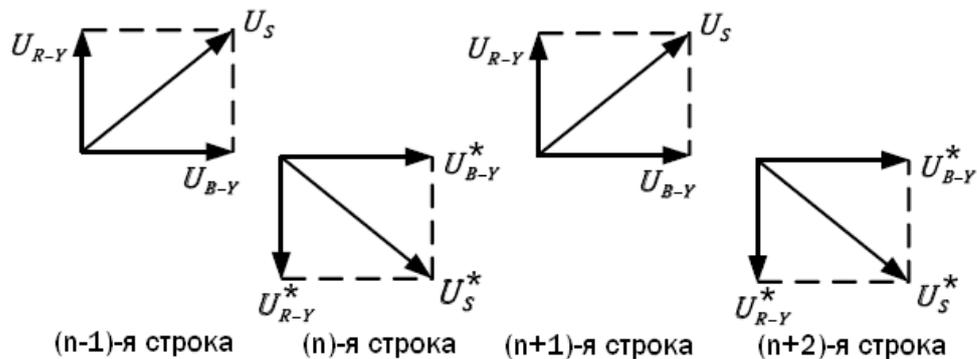


Рис.10.7. Коммутация фазы поднесущей при передаче сигнала цветности в системе PAL

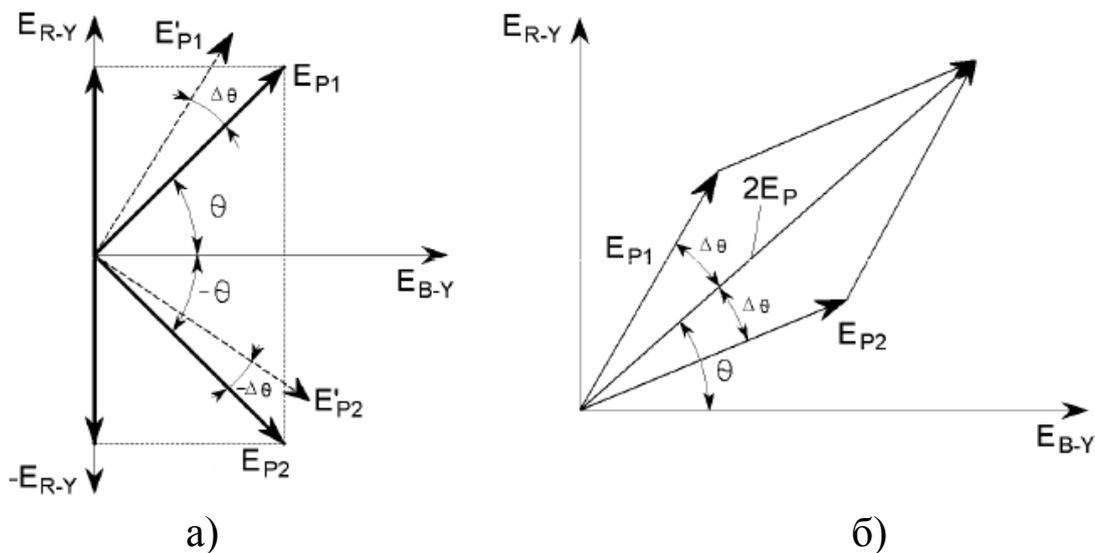


Рис.10.8. Компенсация фазовых искажений в системе PAL  
 а – векторные диаграммы двух соседних строк;  
 б – суммарный вектор  $2E_P$  в приёмнике после сумматора.

Где:

- $E_{P1}$  и  $E_{P2}$  – векторы, правильно отображающие цвета строк;
- $E'_{P1}$  и  $E'_{P2}$  – реальные векторы цветности с учётом фазовых искажений;
- $\Delta\theta$  и  $\square\Delta\theta$  – дополнительные изменения угла  $\theta$  из-за фазовых искажений.

В системе PAL, как и в системе SECAM, используются цветоразностные сигналы  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$ .

В телевизоре сигналы цветности при помощи линии задержки на 64 мкс совмещаются во времени. Таким образом сложение сигналов цветности  $E_{R-Y}$  двух соседних строк устраняет фазовую ошибку  $\Delta\theta$ , как показано на рис.10.8, б. А удвоенный размах вектора  $E_R$  за счёт ограничения приводится к нормальной величине.

#### **Достоинства системы PAL:**

- хорошая совместимость с черно-белым ТВ;
- эффективность разделения сигналов яркости и цветности;
- высокая помехоустойчивость к флуктуационным помехам;
- малая чувствительность к фазовым искажениям сигнала цветности (до  $40^\circ$ );
- возможность работы с частично подавленной верхней боковой полосой обеих квадратурных составляющих сигнала цветности, что очень важно, т.к. у большинства стран полоса ТВ сигнала 5,5 МГц;
- более эффективное подавление составляющих яркостного сигнала, что уменьшает перекрестные помехи в канале цветности, т.к. блок задержки по структуре и параметрам близок к гребенчатому фильтру;
- нет мерцания границ из-за задержки на строку, как в SECAM, т.к. цветности двух соседних строк усредняются.

**К недостаткам PAL** можно отнести большую сложность приемника по сравнению с NTSC **уменьшение цветовой четкости по вертикали за счет усреднения информации 2 соседних строк.**

Рассмотрим построение системы PAL более подробно.

#### **Кодирующее устройство системы PAL**

Обобщенная структурная схема кодирующего устройства системы PAL показана на рис.10.9.

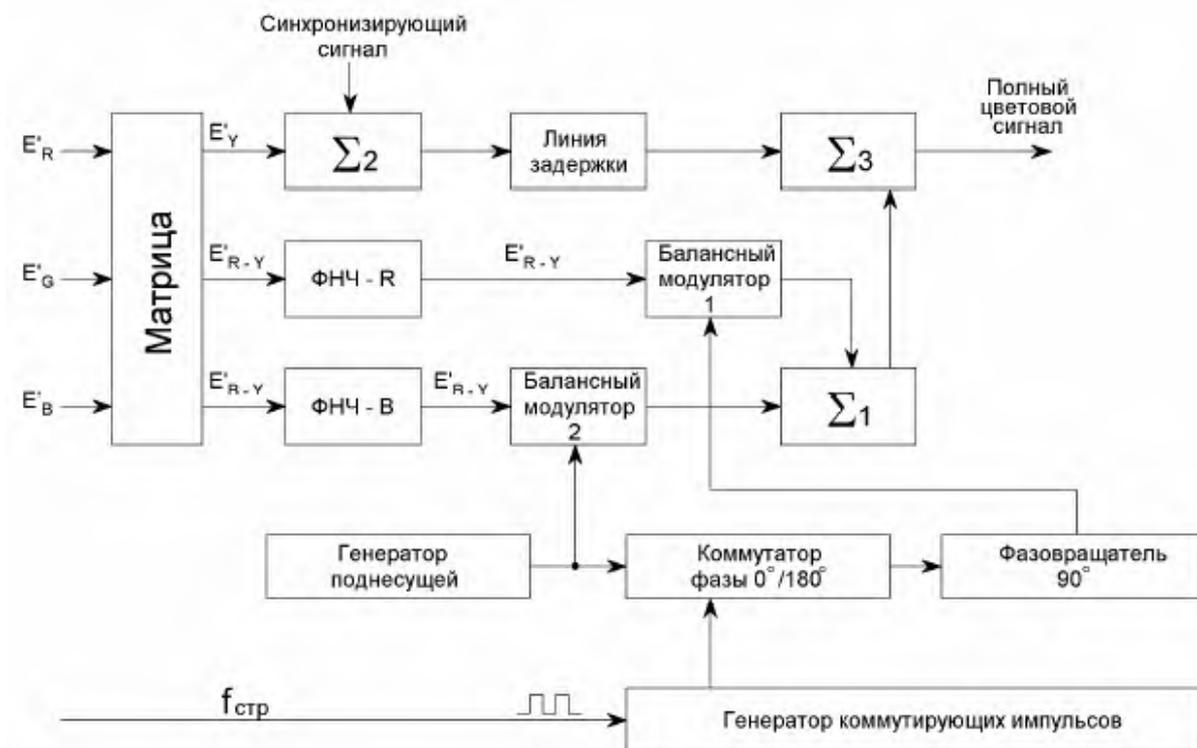


Рис.10.9. Обобщенная структурная схема кодирующего устройства системы PAL

Исходные RGB сигналы поступают на кодирующую матрицу, где из сигналов  $E'_R$ ,  $E'_G$  и  $E'_B$  формируются сигналы  $E'_Y$ ,  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$ . Далее цветоразностные сигналы через ФНЧ-R и ФНЧ-B поступают на балансные модуляторы красного и синего сигнала цветности. При этом балансный модулятор «2» получает колебания поднесущей частоты непосредственно от генератора поднесущей. А на балансный модулятор «1» колебания поднесущей поступают через коммутатор фазы и фазовращатель. Фазовращатель обеспечивает сдвиг фазы поднесущей на  $90^\circ$ , а коммутатор изменяет фазу колебания, поступающего от генератора поднесущей, на  $180^\circ$  от строки к строке.

Управление коммутатором осуществляется специальными импульсами, поступающими от генератора коммутирующих импульсов. А синхронизация генератора осуществляется импульсами строчной частоты.

С выходов балансных модуляторов сигналы поступают на сумматор «1», где формируется квадратурный сигнал цветности.

В яркостном канале сигнал яркости через сумматор 2 в котором вводятся синхронизирующие импульсы строк и полей и линию задержки, которая корректирует запаздывания сигналов цветности, поступает на сумматор 3, где смешивается с квадратурным сигналом. Таким образом формируется композитный телевизионный сигнал, содержащий яркостной сигнал и цветоразностные компоненты на поднесущей частоте.

### Декодирующего устройства системы PAL

Обобщенная структурная схема декодирующего устройства системы PAL представлена на рис.10.10.

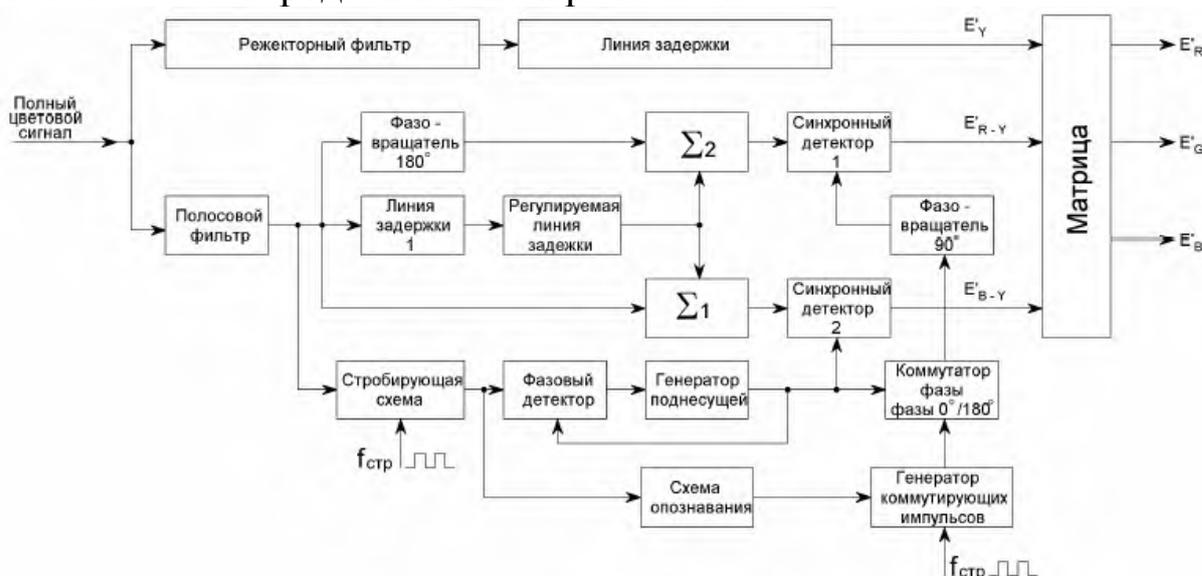


Рис.10.10. Обобщенная структурная схема декодирующего устройства системы PAL

Полный цветовой сигнал с выхода видеодетектора поступает на полосовой фильтр с помощью которого из спектра яркостного сигнала выделяются сигналы цветности, передаваемые на поднесущей частоте. Далее выделенные сигналы цветности поступают на сумматор «1» и через фазовращатель, обеспечивающий поворот фазы на  $180^\circ$ , на сумматор «2». Кроме того, цветковые сигналы также поступают на

блок задержки, который представляет собой последовательное включение двух линий задержки: ультразвуковой и регулируемой линии, обеспечивающей точную подстройку времени задержки.

Задержанные цветные сигналы с выхода регулируемой линии задержки поступают на оба сумматора. Причем, выделение сигналов  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$  осуществляется с помощью двух синхронных детекторов. Выделение сигнала  $E'_B - Y$  осуществляется в синхронном детекторе «2», на который также подаётся колебание опорной частоты от генератора поднесущей. А на синхронный детектор «1», с помощью которого выделяется сигнал  $E'_{R-Y}$ , опорное колебание поднесущей поступает через коммутатор фазы и фазовращатель. Фазовращатель сдвигает фазу опорного колебания на  $90^\circ$ , а с помощью коммутатора фазы осуществляется коммутация фазы на  $180^\circ$  от строки к строке. Коммутатор фазы управляется с помощью генератора коммутирующих импульсов при этом правильная последовательность коммутации задаётся схемой цветовой синхронизации.

Следует отметить, что существует модификация системы PAL, называемая PALplus. Основной целью разработки системы PALplus было устранение потерь вертикальной четкости при передаче широкоэкранных фильмов и сохранение совместимости с обычными телевизорами PAL. При воспроизведении на экране телевизора с форматом кинескопа 4:3 широкоэкранный фильма верхняя и нижняя части экрана остаются черными. В результате число строк, приходящихся на изображение, уменьшается, т. е. ухудшается вертикальная четкость.

Система PALplus обеспечивает вертикальную четкость **576 строк**. Поэтому для просмотра программ системы PALplus телевизор с форматом 16:9 должен иметь соответствующий декодер PALplus. На обычном же телевизоре формата 4:3 работающем в системе PAL, программа будет выглядеть обычным образом.

# 11. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

## 11.1. Назначение и структура телевизионных центров

Телецентр представляет собой комплекс радиотехнических средств, помещений и служб, предназначенных для создания программ и проведения ТВ вещания. По назначению ТЦ делятся на программные и ретрансляционные.

**Программные** телевизионные центры располагают собственными студиями и др. источниками программ и предназначены для создания и передачи собственных программ по своей сети и на др. ТЦ, трансляции программ других ТЦ, консервации программ путем записи их на магнитную ленту или киноплёнку, передачи ТВ фильмов. Основной продукцией ТЦ является ПТВС.

**Ретрансляционные** служат для ретрансляции программ, получаемых по космическим, РРЛ или кабельным линиям связи. Обобщенная структурная схема ТЦ представлена на рис.11.1

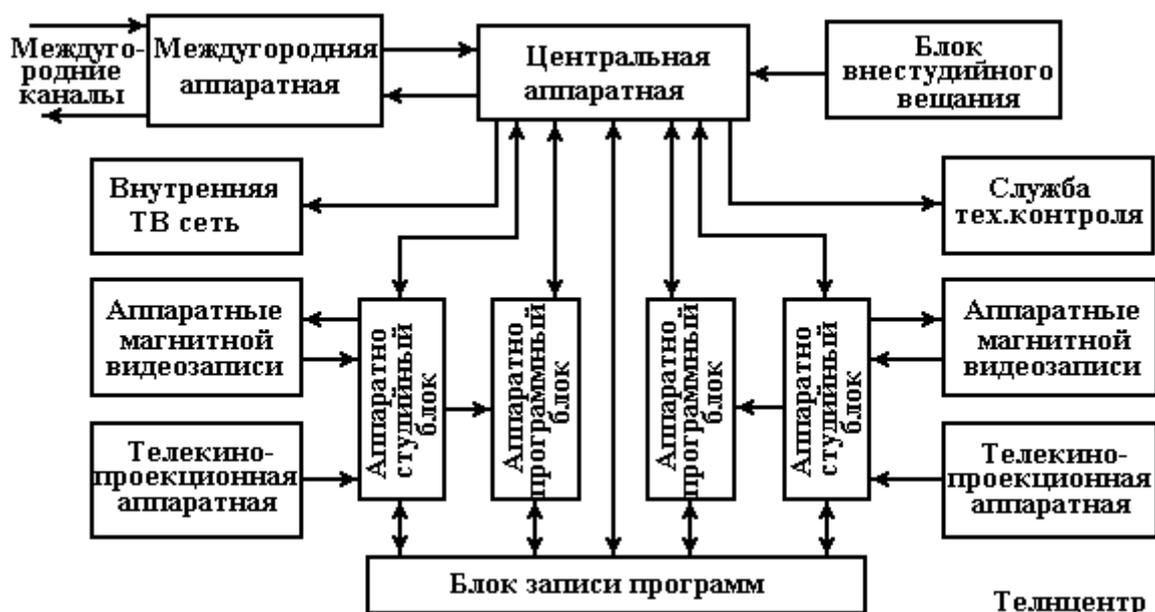


Рис.11.1. Обобщенная структурная схема телевизионного центра

**Основным звеном любого телецентра является центральная аппаратная (ЦА), где производится вся внутренняя коммутация сигналов необходимая для подготовки программ и внешняя коммутация программ для передачи в эфир или для междугородного обмена по кабельным, радиорелейным и спутниковым линиям связи.**

**Аппаратно-студийный блок (АСБ) - основное технологическое звено ТЦ, обеспечивающее подготовку передач. Сюда входят студии, режиссерская и техническая аппаратные. Обобщенная структурная схема АСБ представлена на рис 11.2.**

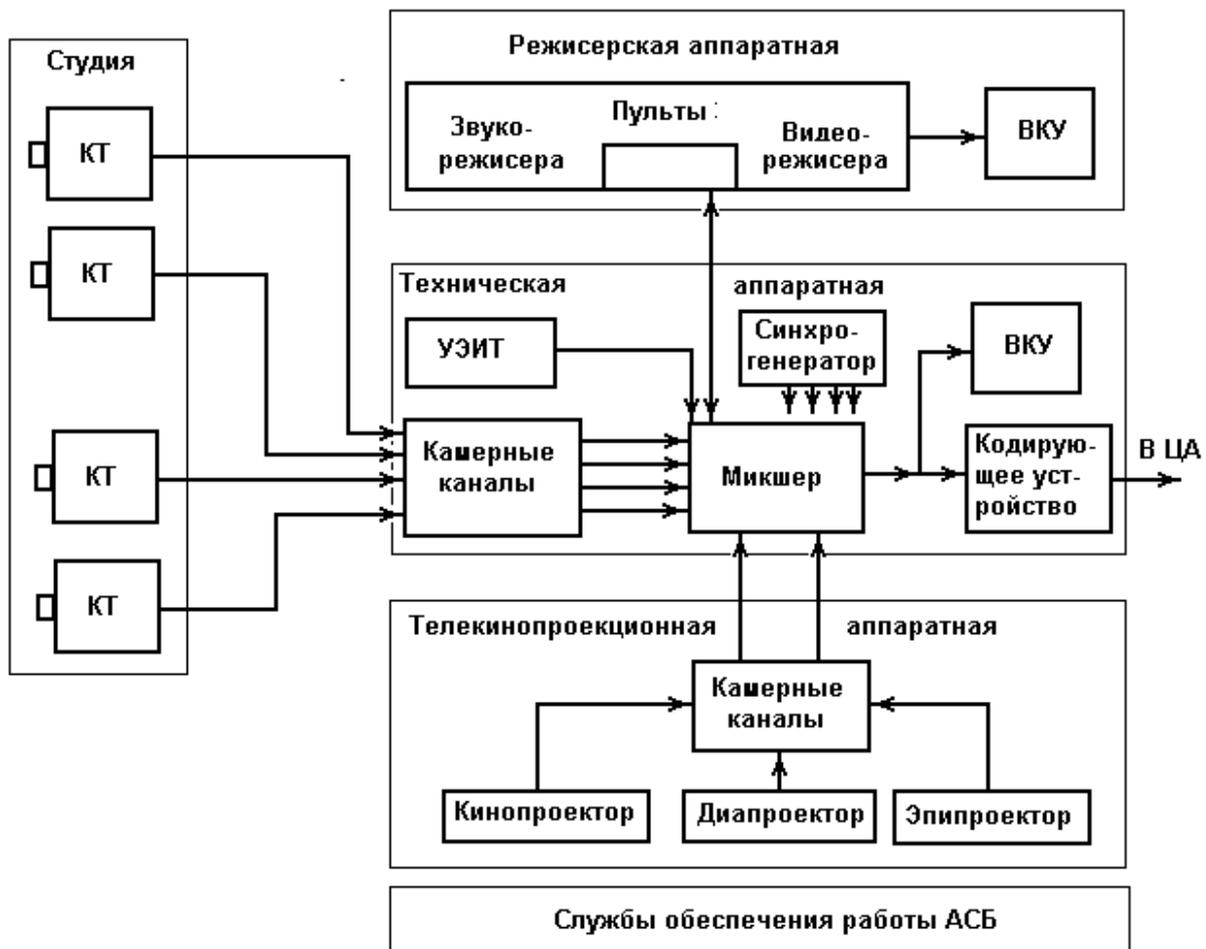


Рис.11.2 Обобщенная структурная схема АСБ

**Аппаратно-студийный блок (АСБ) - основное технологическое звено ТЦ, обеспечивающее подготовку передач. Сюда входят студия, режиссерско-техническая аппаратная. Студии АСБ оснащены ТВ камерами с соответствующими камерными каналами, видеоконтрольными устройствами (ВКУ), звуковым, осветительным и прочим оборудованием. В них размещают сценические площадки с соответствующим декорационным оформлением.**

Основное требование к студийному помещению АСБ - это хорошая акустика, то есть само помещение не должно искажать звуков голоса диктора и препятствовать распространению эха. В то же время студия должна быть полностью изолирована от проникновения посторонних звуков. Между студийным и аппаратным помещениями устанавливают звуконепропускаемое стекло для лучшей координации работы студийных работников. А связь с ними осуществляется с помощью микрофонов и наушников (через систему Интерком).

По назначению студии делят:

- **на большие – площадью 600-1000 м<sup>2</sup> с 5-6 ТВ камерами;**
- **средние – 300-400 м<sup>2</sup> с 4-5 камерами;**
- **малые – 50-150 м<sup>2</sup> с 2-3 камерами;**
- **макетно-дикторские и дикторские – с 1-2 камерами.**

Например, в Ташкентском телецентре имеется 5 АСБ и 2 студии:

- АСБ-1: площадь 300м<sup>2</sup>, 5 камер;
- АСБ-2: площадь 600м<sup>2</sup>, 5 камер;
- АСБ-3: площадь 600м<sup>2</sup>, 5 камер;
- АСБ-4: площадь 120м<sup>2</sup>, 3 камеры;
- АСБ-5: площадь 120м<sup>2</sup>, 3 камеры;
- макетно-дикторская студия АСБ-4а - “Ахборот“: площадь 50м<sup>2</sup>, 1 камера;
- студия “Пойтахт“: площадь 100м<sup>2</sup>, 2 камеры;

**В режиссерско-технической аппаратной собрана аппаратура управления (пульта видео и звукорежиссера),**

контроля и синхронизации.

Кроме сигналов собственных камер, из ЦА могут быть предоставлены несколько внешних источников ТВ сигналов, сигналы могут быть получены из **телекинопроекционных и аппаратных магнитной записи. В телекинопроекционных собраны кино, диа и эпипроекторы, а видеомагнитофоны выделены в отдельном блоке записи программ.** Часть программ из АСБ отправляется также на запись.

Все оборудование режиссерско-технической аппаратной АСБ размещается в специальных стойках и эргономичной мебели и обеспечивается постоянной вентиляцией. Неотъемлемым предметом обстановки является стеллаж с мониторами, на которые подается изображение со всех источников, необходимых для записи той или иной передачи.

Персонал АСБ состоит из одного или нескольких (в зависимости от штата) инженеров и оператора видеомонтажа.

Главное предназначение АСБ - запись и/или эфир передач. В каждой такой аппаратной обязательно имеются:

- телевизионные камеры;
- камерные каналы и блоки управления камерами;
- синхрогенератор (чаще два, для резерва) - генерируют синхросигналы для всего используемого оборудования, что обеспечивает синхронность его работы;
- видеомикшерный пульт - позволяет смешивать источники сигнала;
- знакогенератор - предназначен для написания титров, создания примитивной анимации и коллажей;
- видеомагнитофоны - для записи и воспроизведения телевизионных программматериала;
- коммутаторы (ручной и электронный) - направляют сигналы на указанное персоналом оборудование;
- система "Tally" - система индикации источников, задействованных в данный момент в эфире или записи;
- звуковой микшерный пульт, который предназначен для смешивания и коррекции различных звуковых сигналов;

- рекордер Мини-дисков; микрофоны; усилители.

Рассмотрим прохождения сигнала с камеры до ЦА схему, представленной на рисунке 11.2.



Рис.11.2. Обобщенная схема прохождения сигнала в аппаратных АСБ

При формировании программы сигнал с телевизионной камеры через триаксиальный кабель попадает на ССУ (камерный канал), где производится амплитудная и цветовая коррекция сигнала. С камерного канала этот сигнал подается на ручной коммутатор и выходит оттуда на усилитель-распределитель. С усилителя, в свою очередь, он подается на монитор, электронный коммутатор и видеомикшер. В обычном режиме работы сигнал выводится именно с видеомикшера. Затем он снова усиливается и через ручной коммутатор подается в Центральную Аппаратную.

При выходе из строя видеомикшера имеется возможность выдачи сигнала с электронного коммутатора, для этого переключают аварийное реле. Для того, чтобы при переключении источников с электронного коммутатора не было “сбивания” строк изображения, после него ставят блок синхронизации.

В зависимости от конкретной конфигурации каждого АСБ и подготавливаемых им передач, может иметься и иное, не указанное здесь оборудование.

**Аппаратно-программный блок (АПБ)** предназначен для формирования программ из отдельных, в основном заранее подготовленных фрагментов и трансляции этой программы на радиопередающую станцию. **АПБ оснащен также как АСБ.**

**Макетно-дикторские аппаратные** имеют, как правило, малый объем и всего 1 камеру.

Их назначение – запись дикторских объявлений и передач, не требующих использования большого количества камер. Зачастую в них имеется специальный фон (синий или голубой) для записи передач с электронной рирпроекцией (инкрустацией).

**Блок внестудийного вещания** имеет в составе **передвижные телевизионные станции (ПТС)**, которые представляет собой такой же Аппаратно Студийный Блок, только все оборудование размещено в специальных автомобилях. В отличие от стационарных АСБ там применяются миниатюрные малопотребляющие мониторы, а режиссерский, звукорежиссерский и технический персонал размещается в отдельных “помещениях”.

ПТС предназначены для съемок концертов, спортивных соревнований, заседаний правительства и других событий, происходящих за пределами телецентра.

Для обеспечения электропитанием ПТС в полевых условиях вместе с ПТС выезжает машина с дизельным генератором, так называемый “Лихтваген”.

В зависимости от срочности выдачи отснятого материала в эфир программа либо записывается на видеомagneтофонах или при прямых трансляциях сразу передается в аппаратную ПТС телецентра для выдачи в эфир.

В республиканском телецентре Узбекистана работают 3 ПТС:

ПТС-4 – имеет 4 камеры;

ПТС-6 – имеет 6 камер;

ПТС-8 – имеет 8 камер.

Кроме того, на ТЦ имеются **ремонтная служба, фильмо и фонотека, просмотрные и репетиционные залы, примерные, артистические, декоративно-художественное производство, электросилового цех и др. вспомогательные службы.**

Обобщенная схема распространения сигналов телевизионных программ с Республиканского телевизионного центра представлена на рис.11.3.

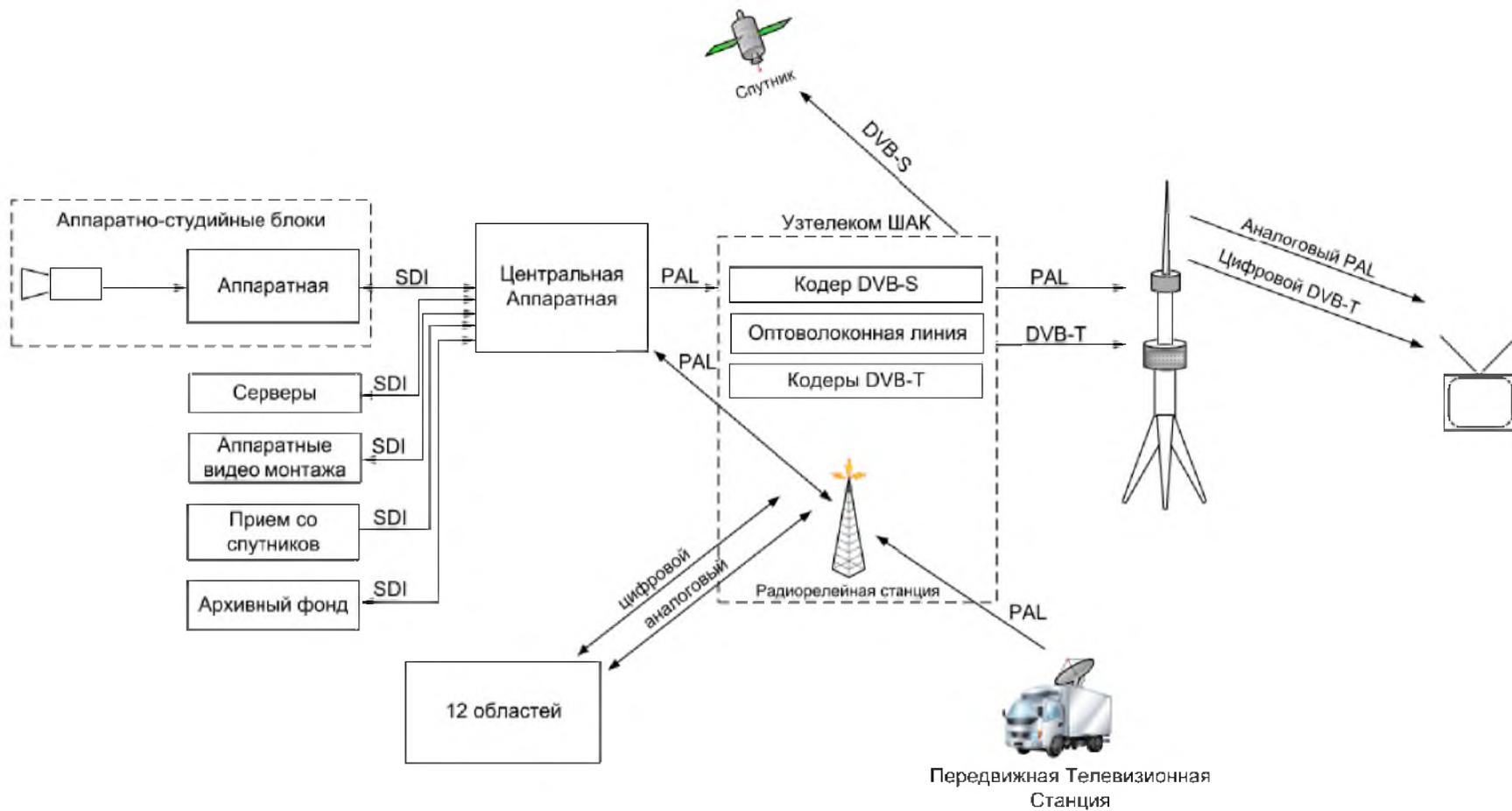


Рис.11.3. Организация телевизионного вещания в Узбекистане

## **11.2. Основные структурные подразделения телевизионных центров**

### **11.2.1. СЕРВЕР**

**Сервер** – аппаратная, предназначенная для выдачи в эфир телепередач. Технологически сервер связан с резервной и Центральной аппаратными. В нормальном режиме выдача эфира производится режиссером с помощью компьютера, управляющего работой всего оборудования. Таким образом, Видеосервер это компьютер, существенно превосходящий по производительности обычные компьютеры и содержащий дисковую память большого объёма (десятки терабайт) и блоки ввода/вывода аналоговых и цифровых ТВ-сигналов и звуковых сигналов. На современных телестудиях видеосерверы заменяют видеоманитроны и становятся основным средством воспроизведения заранее записанных программ..

Использование видеосерверов позволяет автоматизировать ТВ-вещание и существенно увеличить количество одновременно передаваемых телевизионных каналов, что является одной из основных целей перехода на цифровое ТВ-вещание.

Видеосерверы выпускаются многими фирмами, и на рынке есть системы разных уровней сложности и стоимости. В качестве примера можно назвать систему MAV-1000 фирмы SONY, которая обеспечивает хранение видеопрограмм длительностью 11 или 23 часа (в зависимости от конфигурации), одновременную передачу до восьми каналов ТВ-вещания. Другая известная компания IBM производит мощный видеосервер Media Streamer, содержащий дисковую подсистему Media Streamer Archive ёмкостью до 32 Тбайт данных (что соответствует примерно 1000 двухчасовых видеофильмов).

Видеосервер служит для хранения контента и содержит два канала воспроизведения цифрового видео HD/SD-SDI, семь каналов графики (два для титров, два для статических заставок, два для анимации и один для логотипов). Режиссер может формировать ТВ-программу, используя до 22 внешних и до 7 внутренних источников. Число выходов в различных системах –

4...10, все выходы независимы, и их можно использовать для вывода сигналов Program и Preview. Есть также до 6 дополнительных выходов AUX, каждый из которых может использоваться для решения таких важных задач, как запись отдельных источников или использование отдельных входных сигналов, например, для формирования повторов во время трансляции спортивных соревнований. Кроме того, в системе есть приложение, обеспечивающее управление ТВ-камерами (в том числе и роботизированными) Sony, Panasonic, Hitachi, а также системами Telemetrics. Программный режиссер может управлять всеми важными параметрами (Pain, Tilt, Zoom, Focus, Iris, White/Black Balance, Gamut) с помощью джойстика на панели управления. Один из вариантов исполнения видеосервера представлен на рис.11.4.



Рис.11.4. Вариантов исполнения видеосервера

Рассмотрим работу серверной аппаратной на примере сервера канала “Yoshlar” (рис.11.5).

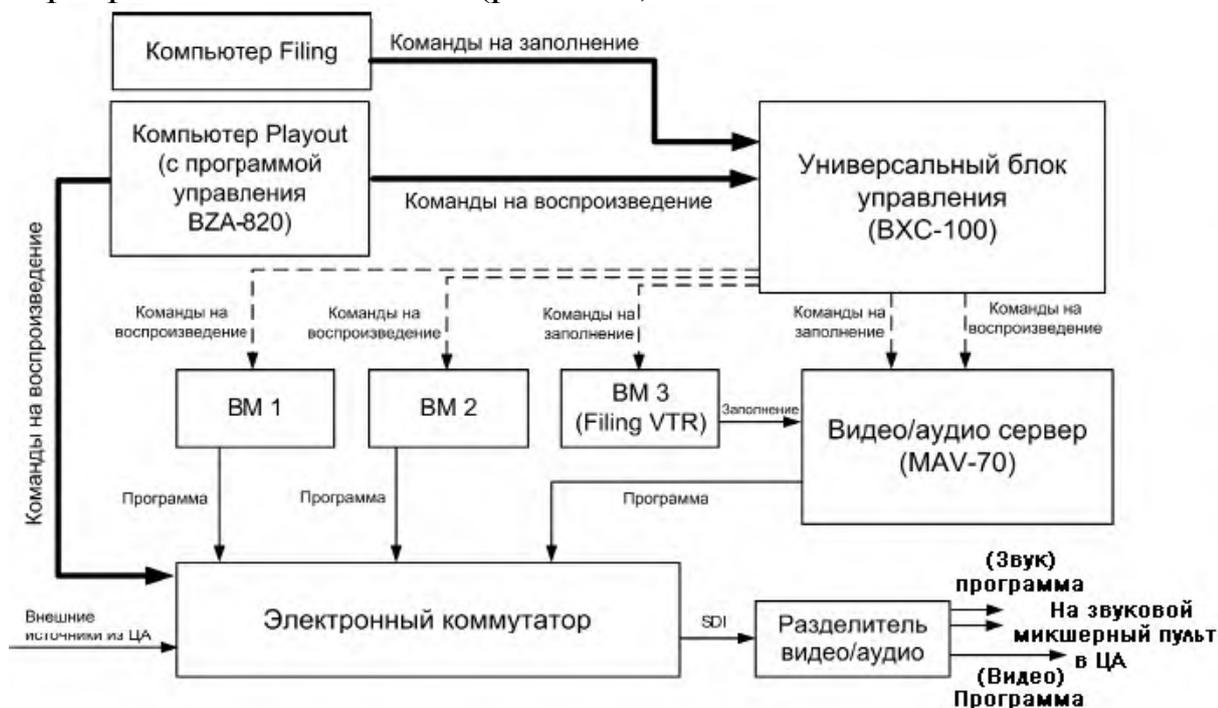


Рис.11.5. Обобщенная схема серверной аппаратной на примере сервера “Yoshlar”

Через компьютер Filing (с англ. - заполнение) на MAV-70, с помощью видеомонофона (Filing VTR), записывают все рекламные ролики, шапки, отбивки, анонсы и т.д. длительностью не более 10 минут. Суммарная емкость MAV-70 составляет 4 часа.

На компьютере PlayOut (от англ. - воспроизводящий) установлена программа BZA-820, предназначенная для составления Плейлиста – сценария воспроизведения, где в строгой последовательности располагаются передачи и рекламные ролики. Для этого в Плейлист вносят данные о начальном и конечном тайм-коде каждой передачи, а также ее длительности.

Программа управляет всеми устройствами: коммутатором, видеомонофонами и дисковым сервером, таким как MAV-70.

BZA-820 поделена на две основные части:

- Воспроизведение (Playout) - управление списком воспроизведения;
- Заполнение (Filing) - управление записью роликов (клипов) на MAV-70.

Данная программа управляет устройствами посредством универсального блока управления ВХС-100. В такой системе требуются два ВХС-100: один для Воспроизведения, другой для Заполнения.

Коммутатор управляет всеми элементами коммутации. Во время воспроизведения коммутатор автоматически переключает различные источники на Центральную Аппаратную (сервер, лента и т.д.).

Из рисунка 11.5. видно, что команды на воспроизведение (согласно заранее составленному “Плейлисту”) подаются на Универсальный Блок Управления, а тот, в свою очередь, направляет команду на соответствующий видеомагнитофон или сервер. Все имеющиеся источники воспроизведения заведены на электронный коммутатор, один из выходов которого подается в ЦА. Так как технологически звук и видео передаются отдельно, то выходящий с коммутатора SDI сигнал проходит через де-эмбеддер, где и происходит разделение на 4 канала аналогового звука и цифровой композитный последовательный сигнал. Отделенное видео, таким образом, сразу направляется в ЦА, а аудиосигналы заводятся сперва на звуковой микшерный пульт, чтобы имелась возможность в случае необходимости корректировать их.

В сервере необходимо наличие сигналов точного времени. Они передаются из ЦА в виде Временного кода (ТС) и имеют формат – часы:минуты:секунды:кадры и необходимы для синхронизации всех серверов и ЦА. Например, чтобы воспроизведение источников осуществлялось в точно заданное время без микропланов и стоп-кадров.

Персонал сервера составляет режиссер, звукорежиссер и инженер. В обязанности режисера входит составление “плейлиста”, запись на видео/аудио сервер роликов и переходы на внешние источники. Звукорежиссер осуществляет коррекцию

звука. Инженер следит за работой оборудования, контролирует качество передач выдаваемых в эфир, и их соответствие списку воспроизведения.

Работа остальных серверных аппаратных основана на таком же принципе, однако используемое оборудование отличается. Например, применяются видео/аудио серверы большей ёмкости и производительности. Так сервер канала “Toshkent” имеет несколько другую схему работы (рис.11.6).

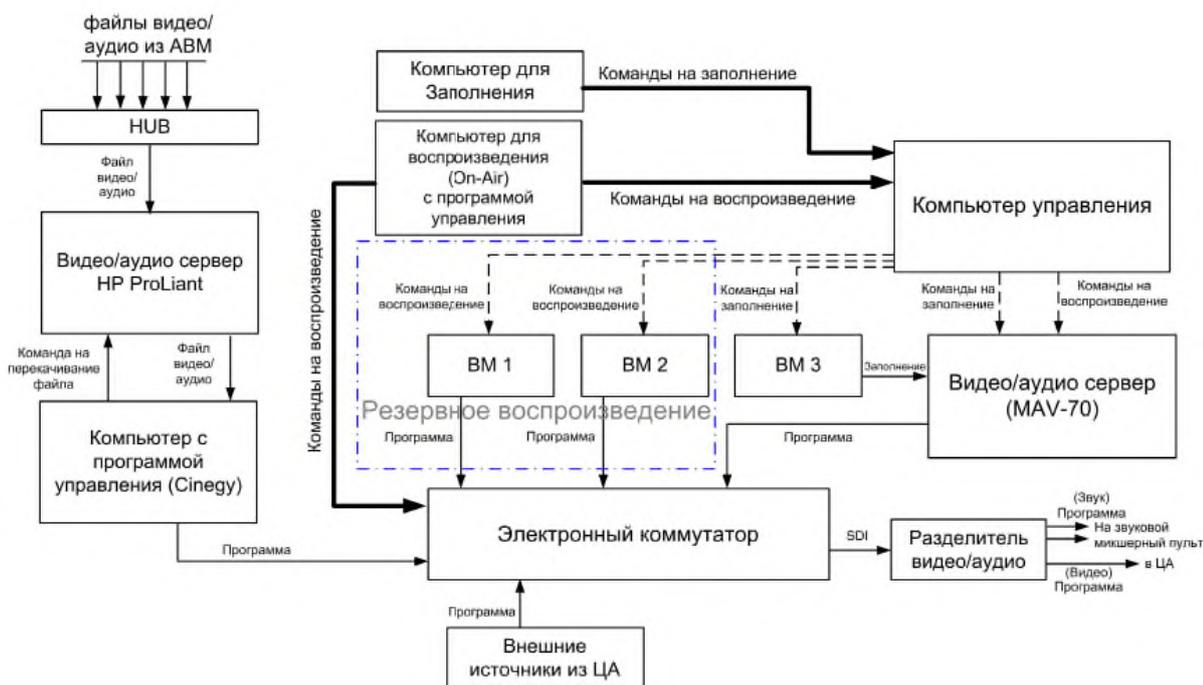


Рис.11.6. Обобщенная схема серверной аппаратной канала «Ташкент»

Например, вместо Универсального Блока Управления ВХС-100 работает специальный управляющий компьютер. Кроме того, имеется сервер, накапливающий видео/аудио файлы, которые записываются туда с соответствующих нелинейных монтажных станций. Для выдачи материала с этого сервера сохраненные передачи по Плейлисту передаются на другой управляющий компьютер и затем с компьютера направляются на коммутатор.

Таким образом, данный сервер (HP ProLiant) является таким же источником для электронного коммутатора как MAV-70 и видеомагнитофоны.

При использовании безленточных технологий (без видеоманитонной записи) построение сервера имеет следующий вид (рис.11.7).



Рис.11.7. Построение сервера по безленточной технологии.

Следует отметить, что производительности сервера ProLiant хватает на сохранение всего вещаемого материала, а управляющая программа позволит вставлять логотип канала непосредственно на этом компьютере.

### 11.2.2. ЦЕНТРАЛЬНАЯ АППАРАТНАЯ

**ЦА** главное технологическое звено любого телевизионного и радиовещательного центра. Основное

назначение центральной аппаратной — это объединение всех технических подразделений ТВ-компании в единый комплекс.

В ЦА находится **синхрогенератор, генератор тестовых сигналов и система студиного времени**. Подключив тест-сигнал на вход матричного коммутатора, можно производить контроль работоспособности и оценку практически всех основных характеристик полного видеотракта комплекса. Имеющийся встроенный звуковой генератор дает возможность проверить звуковой тракт.

При этом, ЦА, как правило, проектируется индивидуально для каждого телевизионного или радиовещательного центра, но имеет типовую структуру содержащую:

- видеосервер;
- дисковый массив;
- коммутационная матрица 32x32 для SDI-видео;
- коммутационная матрица 32x32 для аналогового звука;
- коммутатор Fibre Channel;
- синхрогенератор, генератор временного кода, часы эфирные, ГЦП.

В такой конфигурации эфирной аппаратной имеется возможность ретрансляции программы иногородного вещания. Оборудование для приема сигнала со спутника располагать в эфирной аппаратной не обязательно, но может быть установлено.

При проектировании эфирной аппаратной особое внимание уделено резервированию отдельных участков тракта аппаратной.

Оборудование Центральной Аппаратной (ЦА) представляет собой коммутационное поле всех входящих источников.

Обобщенная технологическая схема прохождения видео сигналов в ЦА представлена на рис.11.8, где показано, что все источники программ сперва заводятся на ручной коммутатор, а затем попадают на электронный коммутатор, имеющий 64 входа и 64 выхода. Этот электронный коммутатор может коммутировать любой вход на любой выход.

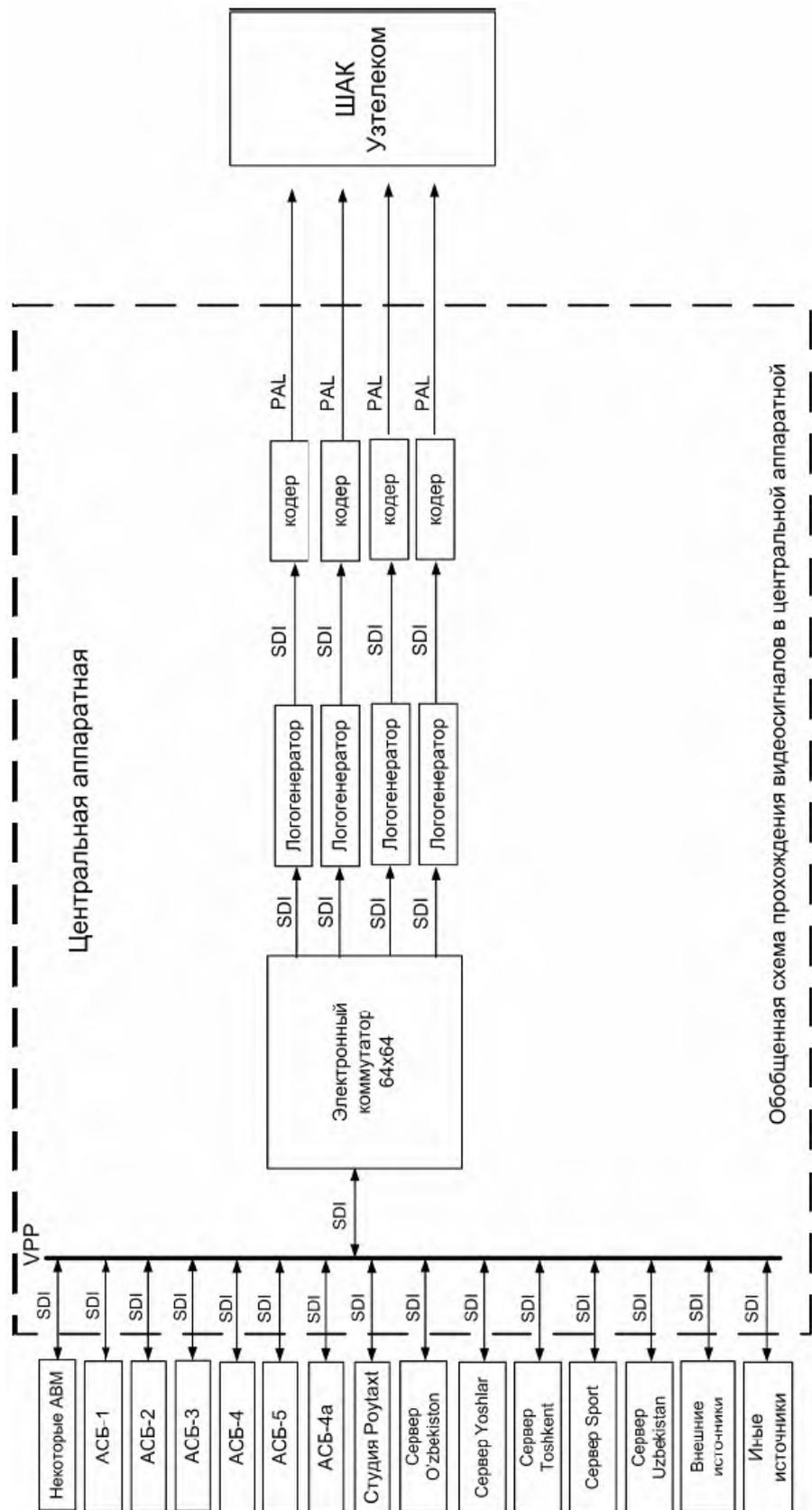


Рис.11.8. Обобщенная схема прохождения видеосигналов в центральной аппаратной.

Из каждой аппаратной в ЦА обязательно идут 2 видеокабеля и 2 звуковых кабеля (основной и резервный), так как передается моно звук. Причем в отличие от видео, звук подводится к ШАК в аналоговом виде, который ни на одном этапе не преобразуется в цифровой. Так как видео и звук передаются от аппаратных раздельно, и видео подвергается большей обработке, то в аудио тракте обязательно ставятся специальные процессоры, которые “задерживают” звук, чтобы не было расхождения во времени.

При выдаче сигналов в эфир, к ним добавляется логотип соответствующего канала, после чего цифровой поток (SDI) перекодируются в аналоговые сигналы. Таким образом, к линиям связи ШАК “Узтелеком” подводятся уже готовые сигналы в системе PAL.

Кроме того, что сигналы из каждой аппаратной (основной и резервный) заводятся в ЦА, при этом любой сигнал из ЦА возможно коммутировать в любую аппаратную (в АСБ, в Сервер, в АВМ, в любую из 12 областей и т.д.).

ЦА также занимается раздачей сигналов часов, тестовых изображений, временного кода и индикации Tally.

Сигнал красного Tally подается почти в каждый Аппаратно Студийный Блок, выходящий в данный момент в эфир.

Задачей инженеров ЦА является непрерывный 24-х часовой контроль за выдачей передач в эфир всех каналов: O'zbekiston, Yashlar, Toshkent, Sport и Uzbekistan. Также ЦА координирует работу аппаратных, в частности при передаче междугороднего материала (перегоны).

### **11.3. Оборудование телевизионных камер**

Камера необходима для преобразования отраженного от объектов сцены света в электрический сигнал изображения. В настоящее время существует огромное количество различных

камер с различными характеристиками, используемыми в зависимости от обстоятельств съемки.

Так, различают бытовые, полупрофессиональные и профессиональные камеры. Они различаются системами, форматами, способами записи (например, лента или диск), количеством возможных настроек и так далее.

Камера состоит из объектива, фото преобразователя на приборах с зарядовой связью (ПЗС), непосредственно самой камеры, магнитофона и видеоискателя. В студии или ПТС вместо видеомэгнитофона к камере присоединяется специальный адаптер для взаимодействия со студийным оборудованием. Иногда для оперативности передачи информации на камере устанавливается еще и маломощный передатчик. Структурный вид видеокамеры представлен на рис.11.9.



Рис.11.9. Схематичный вид видеокамеры.

**Объектив** собирает попадающий в него свет и проецирует его на фоточувствительную поверхность фотопреобразователя, так, чтобы оно было в фокусе и не имело искажений. От типа и качества объектива зависит качество и размер результирующего изображения.

**ПЗС матрица** преобразует собранный объективом свет в электрический сигнал. Блок ПЗС имеет цветоделительную призму и три матрицы светочувствительных элементов —

красную, зеленую и синюю. В результате формируются электрические сигналы красного, зеленого и синего цвета.

**Камера** обрабатывает подающиеся на нее R,G и B сигналы, генерирует сигналы коррекции по сигналам управления от блоков управления, генерирует некоторые тестовые сигналы (Цветные Полосы, “Пила”, 3-х ступенчатый) и в результате выдает целый ряд аналоговых и цифровых видео сигналов. Далее, они попадают либо на магнитофон, либо на камерный адаптер.

**Адаптер** позволяет камере подключаться к студийному оборудованию, например, по триаксиальному кабелю (рис.11.10), а также формирует необходимые питающие напряжения.



Рис.11.10. Внешний вид триаксиального кабеля.

**Видоискатель**, черно-белый или цветной, необходим оператору для визуального выбора и контроля снимаемых сцен. Также на видоискатель выводится информация меню камеры для настроек.

**Видеомагнитофон** записывает передаваемые камерой сигналы.

### **Камерный тракт**

Для профессиональной многокамерной съемки, кроме собственно камер, применяются специализированные устройства, которые обслуживают камеры. Комплект, состоящий из камеры, специального соединительного кабеля и комплексного блока обслуживания студийной камеры, (базовой станции), называют камерным каналом.

Телеоператор студийной камеры сконцентрирован исключительно на творческой составляющей и формирует

съемочный кадр. А все техническое управление камерой, включая регулировку диафрагмы, скорости срабатывания электронного затвора, коррекцию уровней черного и белого, цветокоррекцию и т.д., осуществляет видеоинженер, в распоряжении которого находится пульт дистанционного управления настройками (Remote Control Unit), подключенный к базовой станции.

Пульты всех камер, которые работают в комплексе, обычно монтируют на столе видео инженера. Инженер регулирует цветовые и яркостные параметры всех видеокамер, приводит их к единому виду (сводит камеры) и в процессе телетрансляции следит за настройками и качеством изображений. В комплексах с большим количеством камер применяют так называемую главную панель управления, или мастер-пульт (Master Control Unit), который может управлять каждой базовой станцией как по отдельности, так и всеми вместе.

Учитывая то, что современные камеры являются цифровыми, то есть их настройки можно представить в виде файлов, стало возможно производить копирование настроек с одной камеры на другие. Тем самым можно в считанные секунды «свести» все камеры.

Студийная камера формирует видео и аудио сигнал и передает их для дальнейшего использования студийной аппаратурой. Специфика многокамерной съемки привела к тому, что в камерных каналах реализован ряд специфических особенностей:

- **питание** - так как камера должна работать в любом месте, она должна получать надежное питание. Потому обычно камера получает питание со своей базовой станции достаточное для самой камеры, монитора, объектива и других устройств;
- **эфирная видеопрограмма** – при формировании видеопродукции в оператор съемочной группы, должен иметь возможность видеть эфирную программу;
- **двухсторонняя голосовая служебная связь** необходима для общения режиссера с операторами;

- **телесуфлер** - если на камере расположен телесуфлер, то необходимо подвести к камере видеосигнал с текстом для телесуфлера;
- для обеспечения синхронной работы разных камер необходимо на камеры подавать опорный синхросигнал;
- **сигнализация** - оператор и все участники съемки должны понимать, в какой момент камера включена в эфир. Для этого на камеру передается информационный сигнал активности камеры Tally, который зажигает сигнальный светодиод в видеоискателе и сигнальную лампу, направленную в сторону съемки;
- **настройка параметров камеры** - настройка камеры обеспечивается видеоинженером, который, имея в своем арсенале мониторы всех камер и измерительную аппаратуру, обеспечивает требуемое качество изображений и сводит камеры друг с другом.

Все эти сигналы передаются между камерой и базовой станцией, причем для удобства работы и оперативности для этого используется единый кабель. Кроме того, кабель должен быть достаточно длинным, чтобы оператор мог отойти от базовой станции на необходимое расстояние. Чаще всего в студиях эта дистанция составляет 15...60 м, а в ПТС расстояния достигают могут достигать до километра.

Таким образом, базовая станция фактически работает над обработкой этих сигналов, принимая или ли передавая их, компенсируя потери в кабеле. В зависимости от типа используемого кабеля базовая станция производит адаптацию сигналов и формирование надежного транспортного потока.

**Камерные каналы** классифицируются по способу передачи данных между базовой станцией и видеокамерой, и, как следствие, по типу применяемого для соединения кабеля.

В настоящее время для соединения телевизионных камер с базовыми станциями используются триаксиальные или оптоволоконные кабели. Многожильные (мультикоровые) кабели в вещательных камерных каналах практически уже не используются. При этом наиболее часто используются 3-

аксиальное соединение, очень удобное для эксплуатации, где все данные мультиплексируются в широкополосный поток данных. Триаксиальный кабель (рис.11.10) очень прост, легок, дешев и надежен и состоит из внутренней медной жилы и двух оплеток. При этом длина соединения кабелем Triax может достигать нескольких сотен метров. Стоимость кабеля невелика. Многие спортивные сооружения, театры, из которых часто производится телетрансляция или видеозапись, имеют стационарно проложенные соединения кабелем Triax от места расположения ПТС до точек установки камер. Сегодня ведущие производители студийных камер начинают применять Triax для телевидения высокой четкости.

Таким образом, любая базовая станция выполняет следующие функции:

- подачу питания для телевизионной камеры, за исключением использования кабеля длиной более 600—1200 метров;
- преобразование сигнала, поступающего от телевизионной камеры, в телевизионный сигнал заданного формата. Это может быть цифровой сигнал (SDI) стандартной и/или высокой четкости, аналоговый компонентный (Y/R-Y/B-Y) и/или композитный, сигнал мониторинга состояния камеры и камерного канала;
- подачу обратных сигналов программы (return video) на видеискатель или разъем телевизионной камеры, а также сигнала для телесуфлера (prompter);
- передачу на камеру команд, сигнализирующих о включении камеры в тракт (tally), и прием-передачу сигналов инженерной и режиссерской служебной связи (intrecom);
- возможность синхронизировать камеры с любыми другими источниками ТВ-сигнала, входящими в состав телевизионного комплекса (во всех базовых станциях имеется встроенный кадровый синхронизатор);
- дистанционно осуществлять предустановку, оперативную регулировку и настройку параметров телевизионных камер

и регулировать диафрагму (iris) используемого совместно с камерой объектива.

Варианты исполнения камерных каналов представлены на рис. 11.11.



*Блок камерного канала RM-HP790E*

Рис.11.11. Варианты исполнения камерных каналов.

Так например, в базовый состав Samplex CP-301C входят накамерный адаптер и блок базовый блок (CCU). При работе с камерным каналом максимальная удаленность камеры составляет примерно 900 м. Универсальный интерфейс этой системы позволяет работать с камерами различных производителей: Panasonic, Sony, Canon, JVC и т.д.. Управление системой осуществляется по интерфейсу RS-232. В базовом варианте Samplex CP-301C может использоваться с камерами стандартной четкости, а опция HD-SDI-31 позволяет работать с любыми видеокамерами высокой четкости, оснащенными выходом HD-SDL и передавать высококачественный сигнал HD при помощи оптоволоконного кабеля. Широкий набор дополнительных опций позволяет скомпоновать систему нужной конфигурации в зависимости от производственных задач и смонтировать ее в

стойку. Управление функциями камер осуществляется посредством подключенной к базовому блоку панели управления OCP или RCP различных производителей.

С камерного адаптера на блок управления можно передавать сигналы:

- композитный;
- аудио;
- служебной связи (двух- или четырехпроводная);
- SDI (в модификации CP-301C-HD).

**С базового блока (рис.11.12) передаются следующие сигналы:**

- синхронизации (негативный или позитивный)
- служебной связи (двух- или четырехпроводная);
- оповещения (Tally) или звукового вызова;
- питание идет от камеры.



передняя панель



задняя панель

Рис.11.12. Внешний вид базового блока управления камерами CCU-890

### Система Tally

Для контроля, какой именно источник в данный момент идет в эфир или на запись, используется система Tally. Для этого всё профессиональное современное телевизионное оборудование оснащается специальными индикаторами, которые светятся красным светом, если с устройства сигнал передает в эфир или на запись.. Например, при записи сигнала с камеры индикаторы Tally будут светиться не только на этой камере, но и на ее камерном канале, мониторе и блоке управления.

Такая система позволяет ведущему и персоналу, занятому в подготовке передачи, оперативно ориентироваться в ситуации.

## Синхрогенератор

Синхрогенератор - это устройство, которое вырабатывает синхроимпульсы определенной частоты с очень стабильными параметрами - частотой, фазой, амплитудой.

Синхронизация необходима для того, чтобы все оборудование, работающее в телецентре и связанное между собой, работало синхронно и синфазно.

В Ташкентском телецентре используются синхрогенераторы SPG 422 фирмы Tektronix, которые рассмотрим более подробно. На рис.11.13 представлен вид задней панели синхрогенератора SPG 422.

Этот синхрогенератор вырабатывает следующие виды сигналов:

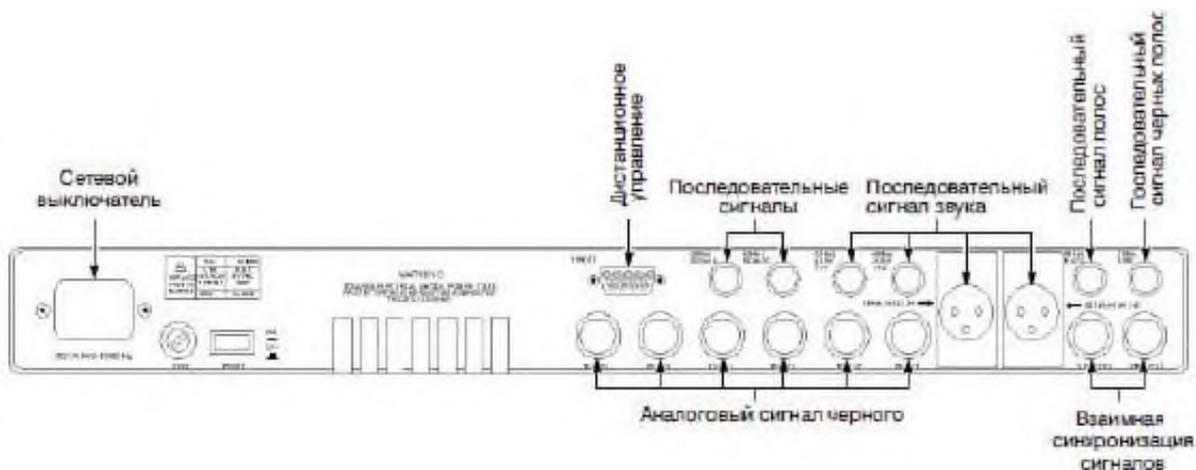


Рис.11.13. Внешний вид задней панели синхрогенератора SPG 422

1. Аналоговый сигнал Черного Поля (СЧП). Английский вариант этого названия BlackBurst - Черный-Вспышка. Генератор формирует импульсы строчной и кадровой синхронизации, уравнивающие импульсы и врезки, а также сигналы цветовой синхронизации. Причем тип импульсов и временные смещения можно настраивать

отдельно для каждого выхода (в стандартной конфигурации это выходы Black1 и Black2).

2. Последовательные сигналы цифровых компонентных сигналов цветных полос - цветных и черно-белых.
3. Цифровые звуковые сигналы (тон). Может использоваться до четырех каналов. Уровни и частоты (800 Гц или 1 кГц) могут изменяться независимо.
4. Последовательные сигналы (Тестовые сигналы, используемые для проверки параметров оборудования):
  - 75% Color Bars – Цветные полосы 75%
  - 100% Color Bars – Цветные полосы 100%
  - Full-Field PLUGE – Полнорастровый сигнал PLUGE
  - Convergence – Сигнал сведения
  - Bow Tie Matrix – Матрица Bow Tie
  - Active Picture Mark – Маркеры активного изображения
  - Muliburst – Множественная вспышка
  - Pulse & Bar – Импульс и полоса
  - Limit Ramp – Нарастание яркости
  - SDI Check Field – Проверочное поле SDI
  - Serial Black – Последовательный черный
  - White Bar – Белая полоса
  - 40% Gray – 40% Серое поле

Сменный блок ECO422D SD/HD предназначен для автоматического выбора источников синхроимпульсов. При обнаружении сбоя любого активного источника синхронизации переключение может выполняться автоматически. Такое автоматическое переключение обеспечивает бесперебойность сигналов в случаях ответственного применения. Переключение производится с помощью электромеханического реле.

В блоке имеется 11 каналов, каждый из которых состоит из первичного входа, резервного входа и выхода. При обнаружении сбоя сигнала в любом активном канале по команде с передней панели или удаленной команде все каналы переключаются одновременно.

## 11.4. Оборудование аппаратно-студийных блоков

Аппаратно-студийный блок состоит из следующих модулей: **аппаратная видеорежиссера и видеоинженера, аппаратная звуорежиссера и студия.**

Рабочее место видеорежиссера включает в себя современный мультимедийный видеомикшер, например Ross Video Vision 3 (рис.11.14), имеющий 32 входа, телесуфлер и титровальную станцию.



Рис.11.14. Внешний вид видеомикшера Ross Video Vision 3.

Видеомикшеры предназначены для коммутации или смешения нескольких видеосигналов, создания переходов между изображениями при формировании телевизионной продукции. Обычно видеомикшеры применяются в многокамерных студийных блоках, передвижных телестудиях, монтажных аппаратных и аппаратных выпуска.

В целом любой видеомикшер позволяет модифицировать видеосигнал посредством регулировок его параметров и назначения спецэффектов.

В зависимости от фирмы производителя и модели микшера в них могут использоваться и обрабатываться различные сигналы (SDI, компонентный, композитный и др.).

Пульт может содержать в себе следующие функции:

1. Инкрустация (рир-проекция)
2. Создание переходов

### 3. Наложение титров

Принцип рир-проекции показан на рис.11.15.

В телевидении все изображения принято подразделять на изображения переднего (foreground) и заднего плана (background) плана. Инкрустация позволяет заменить задний фон (например, за подвижным объектом) на любое другое изображение (динамическое или статичное).



Передний план

Задний план

Результат смешения  
(инкрустация)

Рис.10.15. Принцип инкрустации или рир-проекции.

Вторая основная функция любого видеомикшера это создание переходы между изображениями различных видеосюжетов. Существует большое разнообразие переходов, к которым относятся «вытеснением шторками», с помощью различных видеоэффектов, жесткий и микшерный (рис.10.16). Причем, переходы можно осуществлять вручную или же автоматически, задавая их длительность.



вытеснения шторкой

переход эффектом

микшерный переход

Рис.11.16. Варианты переходов изображений разных видеосюжетов.

Кроме того, режиссерские пульта дают возможность наложения титров на изображение. При этом часть видеомикшера, занимающаяся созданием и обработкой сигнала титра называется **DSK** (Down Stream Keyer).

DSK работает с так называемым силуэтным сигналом. То есть созданным на чёрном фоне белым силуэтом области, в которой и будет располагаться титр. Далее область, в которой находится чёрный фон, вытесняется изображением заднего плана, а белый силуэт области титра заполняется изображением титра и автоматически помещается на передний план, как показано на рис.11.17.

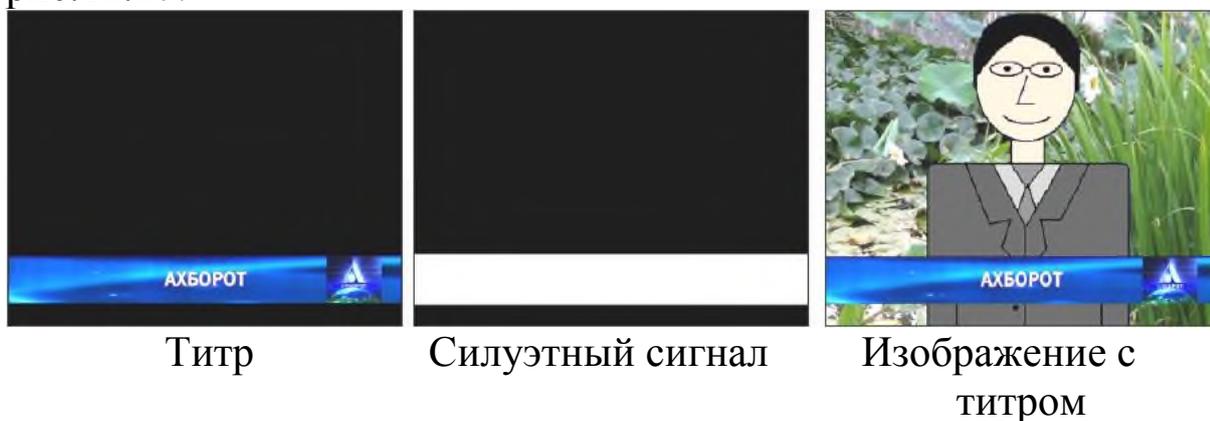


Рис.11.17. Принцип создания титров на изображении.

При работе с микшерным пультом необходимо, чтобы все видеосигналы, приходящие на него от различных источников были синхронизированы, иначе смешиваемые изображения будут двигаться относительно друг друга по вертикали и горизонтали и переходы с одного на другое будут происходить рывками.

Аппаратная видеоинженера может включать в себя следующее студийное оборудование:

- 3 двухканальных видеосервера Softlab Forward TA для подачи сигнала в студию,
- 3 дисковых рекордера PDW-1500P,
- 5 видеоманитов MPEG IMX,
- 1 видеоплеер MPEG IMX,
- 6 камерных каналов,

- 9 коммутационных панелей, а также технологическую связь,
- генератор временного кода (с привязкой к GPS),
- панель индикации времени и др.

Всё технологическое оборудование аппаратной установлено в эргономичную технологическую мебель и стойки Winsted.

Программный режиссер может управлять всеми важными параметрами (Pain, Tilt, Zoom, Focus, Iris, White/Black Balance, Gamut) с помощью джойстика на панели управления. Благодаря тому, что система содержит полиэкранный процессор, для визуального контроля всех внешних и внутренних сигналов достаточно одного монитора.

В состав системы входит знакогенератор Inscribe TitleMotion или Chyron Lyric Pro 8, обеспечивающий два канала формирования титров, с возможностью их редактирования непосредственно во время эфира, что важно при трансляциях спортивных и других событий. Также студия может содержать до 8 каналов рирпроекции, то есть можно подключить 8 ТВ-камер, для каждой из которых будет использоваться собственный канал рирпроекции, индивидуально настраиваемый для каждой камеры.

А наличие большого объема записанного контента (два канала видео, два канала заставок и два канала анимации), позволяет легко работать в режиме виртуальной студии, причем привязка выбранной камеры и фона заносится в память системы.

### **Звуковой микшерный пульт**

Звуковой микшерный пульт входит в состав аппаратной звукорежиссера и является устройством первичной обработки звуковых сигналов и предназначен для смешивания (сведения) звуковых сигналов и их обработки.

Термин микширование предполагает не только смешивание большого количества сигналов, но и их обработку в процессе такого смешивания. В первую очередь это касается уровней

сигналов, их частотной характеристики, пространственной и динамической обработки.

Везде, где производятся операции со звуком, особенно с его первичными источниками, существует необходимость объединять в единое целое звуковые сигналы от разных источников в соответствующих пропорциях и с соответствующей тембральной окраской. Эти и множество других функций выполняет звукорежиссер с помощью микшерного пульта, внешний вид одного из вариантов которого представлен на рис.11.18.



Рис.11.18. Внешний вид варианта исполнения звукового микшера.

В зависимости от специализации и области применения микшерные пульта характеризуется определенными техническими параметрами и функциональными возможностями.

Проведем классификацию аудио микшеров по выполняемым функциям.

Микшерный пульт обеспечивает следующие основные функциональные возможности:

- усиление звуковых сигналов различных уровней, поступающих от всевозможных источников этих сигналов;

- согласование чувствительности входных каналов пульта с уровнями источников сигналов;
- изменение частотной характеристики сигналов с помощью регуляторов тембра;
- компенсацию частотных искажений сигналов;
- независимую регулировку уровня сигнала каждого источника звука при микшировании;
- панорамирование сигналов, т.е. расположение их в стереофонической звуковой картине;
- смешивание звуковых сигналов с требуемыми уровнями;
- регулирование уровня смешанного выходного сигнала;
- контроль входных звуковых сигналов и выходного смикшированного сигнала.

Кроме перечисленных функций, современные микшерные пульта обладают дополнительными возможностями, расширяющими области их применения.

Микшерные пульта, независимо от назначения, могут использоваться для записи, перезаписи, монтажа, звукоусиления, контроля, коммутации и распределения звуковых сигналов.

Следует отметить, что современные звуковые микшеры помимо классических аналоговых симметричных микрофонных и линейных интерфейсов имеют широкий спектр различно типа цифровых интерфейсов от AES/ EBU, ADAT, TDIF, MADI (AES 10) до видео с внедренным звуком 3G/HD/SD SDI.

В чисто звуковой студии, как для аналоговых, так и для цифровых (AES/ EBU) сигналов используется симметричная схема передачи сигналов по витой паре (110 Ом) и стандартные разъемы подключения источников типа Cannon, унифицированная со схемой подсоединения аналоговых источников

В телевизионных студиях подавляющее количество источников цифрового звука (за исключением чисто звукового оборудования), как то: видеомагнитофоны и видеосерверы, графические станции и модули обработки видео- и звуковых сигналов — используют в основном несимметричную схему подключения (75 Ом). Это позволяет использовать стандартный

коаксиальный кабель и разъемы, такие же, которые применяются для подключения и видеоисточников в студии.

Еще одним преимуществом использования коаксиального кабеля для подключения цифровых источников звука помимо унификации является его более высокая помехозащищенность и, как следствие, возможность передачи сигнала на большие расстояния.

Следует отметить, что в студиях ташкентского телецентра используется звуковой пульт STUDER 928.

## **Микрофоны**

Поскольку качество звукового сопровождения ТВ программ в первую очередь зависит от работы акустико-электрических преобразователей (микрофонов), то выбор типов используемых микрофонов имеет важное значение.

Микрофоны производятся в трёх сериях: модульная система Colette, компактная система ССМ и микрофоны специального назначения

- Модульная система Colette состоит из микрофонного капсюля серии МК присоединяемого к микрофонному усилителю непосредственно или с помощью активных дополнительных аксессуаров. Эти аксессуары позволяют выполнить незаметное размещение микрофонов и предоставляют другие специальные функции, например, наклон капсюля и настраиваемые обрезные фильтры НЧ и др.
- Компактная система ССМ это миниатюрные профессиональные микрофоны. В таких системах капсюль и микрофонный усилитель являются неразъёмным элементом.
- Серия микрофонов специального назначения включает в себя: микрофон-пушку, специальные речевые капсюли/микрофоны, стерео микрофоны/комплекты.

Запись и обработка звуковой информации – это интеллектуальная работа инженеров и звукорежиссёров, поэтому выбор зависит от условий подготовки программы:

1. Моно или стерео система записи/вещания материала радио или ТВ эфирной студии;
2. Моно или стерео система записи/подготовки материала радио или ТВ журналистом;
3. Многоканальная система записи/подготовки/вещания внестудийной ТВ программы.

**Первый вариант** – это студийная запись или вещание диктора в разнообразных программах, начиная от «новостных» и заканчивая «круглыми столами». При использовании моно формата применяется один (или два микрофона – для резервирования), установленный на столе. Метод установки микрофона может быть разнообразный: с использованием низкой микрофонной стойки, гибкой шейки или врезкой в поверхность стола с использованием подходящих аксессуаров. Для таких передач наиболее часто используют микрофоны с кардиоидной диаграммой направленности, например, кардиоидный капсюль МК 4 (рис.11.19, а). В отличие от больших двухдиафрагменных микрофонов, его направленность сохраняется на низких и высоких частотах (кроме среднего диапазона).

Для режима «круглого стола» лучше подходит микрофон с полусферической характеристикой направленности (рис.11.19, б). Полусферическая диаграмма направленности независима от частоты полусферическая характеристика направленности независима от частоты, поэтому направлять/нацеливать микрофон необязательно, и если меняется угол съёма звука, то качество звучания остаётся неизменным. Технология основывается на физическом эффекте, при котором звуковое давление удваивается вдоль отражающей поверхности и, таким образом, чувствительность приёмника, размещённого на поверхности или же встроенного в неё, к прямому звуку будет в два раза больше, чем у эквивалентного приёмника, находящегося

в свободном звуковом поле. Низкий профиль и круглую форму капсуля BCL 03 можно проще замаскировать или скрыть даже под лёгкой тканью стола.



а)

б)

в)

г)

Рис.11.19. Варианты микрофонов для судийного вещания

При использовании стерео формата большое предпочтение отдаётся капсулю МК 4V, благодаря имеющимся у него характеристикам, с использованием точечного стерео микрофона СМХУ 4V, имеющего расстояние между центральными точками капсулей всего 21мм.

При организации внестудийной записи или вещания возникает необходимость работы в различных акустических условиях и, как следствие, предпочтительней бывает использовать и другие диаграммы направленности микрофонов, а не только кардиоиду. При этом главным вопросом при проведении внестудийных работ является правильный подбор ветрозащиты для микрофонов. При этом для моно формата часто применяются суперкардиоидные капсули, например МК 41, МК

41V (рис.11.19,в), которые фокусируются на одном источнике прямого звука, сокращая при этом съём звука других источников и помех помещения. При необходимости более равномерного съёма звука от широкого звукового источника, рекомендуется применять капсуль МК 21 с диаграммой направленности в виде широкой кардиоидой (рис.11.19, г).

### 11.5. Видеомагнитофон

Видеомагнитофон - это устройство для записи и воспроизведения видео информации, причем видеомагнитофон без функции записи называется видео плеером.

В Ташкентском телецентре используются видеомагнитофоны следующих форматов:

- Betacam SP;
- Betacam SX;
- Digital Betacam
- DVCAM

Во всех перечисленных видеомагнитофонах запись производится на магнитную ленту. Причем, в гибридных магнитофонах **Betacam SX DNW-A100P** имеется также и жесткий диск.

Основные части и функции видеомагнитофонов рассмотрим на примере DNW-A75P (рис.11.20).

Этот видеомагнитофон работает в формате Betacam SX, но благодаря наличию аналоговых воспроизводящих головок он может воспроизводить и записи формата Betacam SP. Все видео головки записи и воспроизведения установлены на вращающемся барабане. Причем, несколько головок установлены стационарно:

- головка полного стирания;
- головка хронометража (CTL);
- головка воспроизведения продольных дорожек 1-го, 2-го каналов звука формата Betacam SP
- головка продольного временного кода (LTC)

- головка стирания информации с продольных дорожек.

**На вращающемся барабане установлены:**

- 8 головок Опережающего Воспроизведения (A1, A2, A5, A6, B1, B2, B5, B6);
- 2 головки Контрольного Воспроизведения (confidence) (A и B);
- 2 головки Записи A и B для формата Betacam SX;
- 1 головка Стирания;
- 4 воспроизводящие головки для формата Betacam SP.

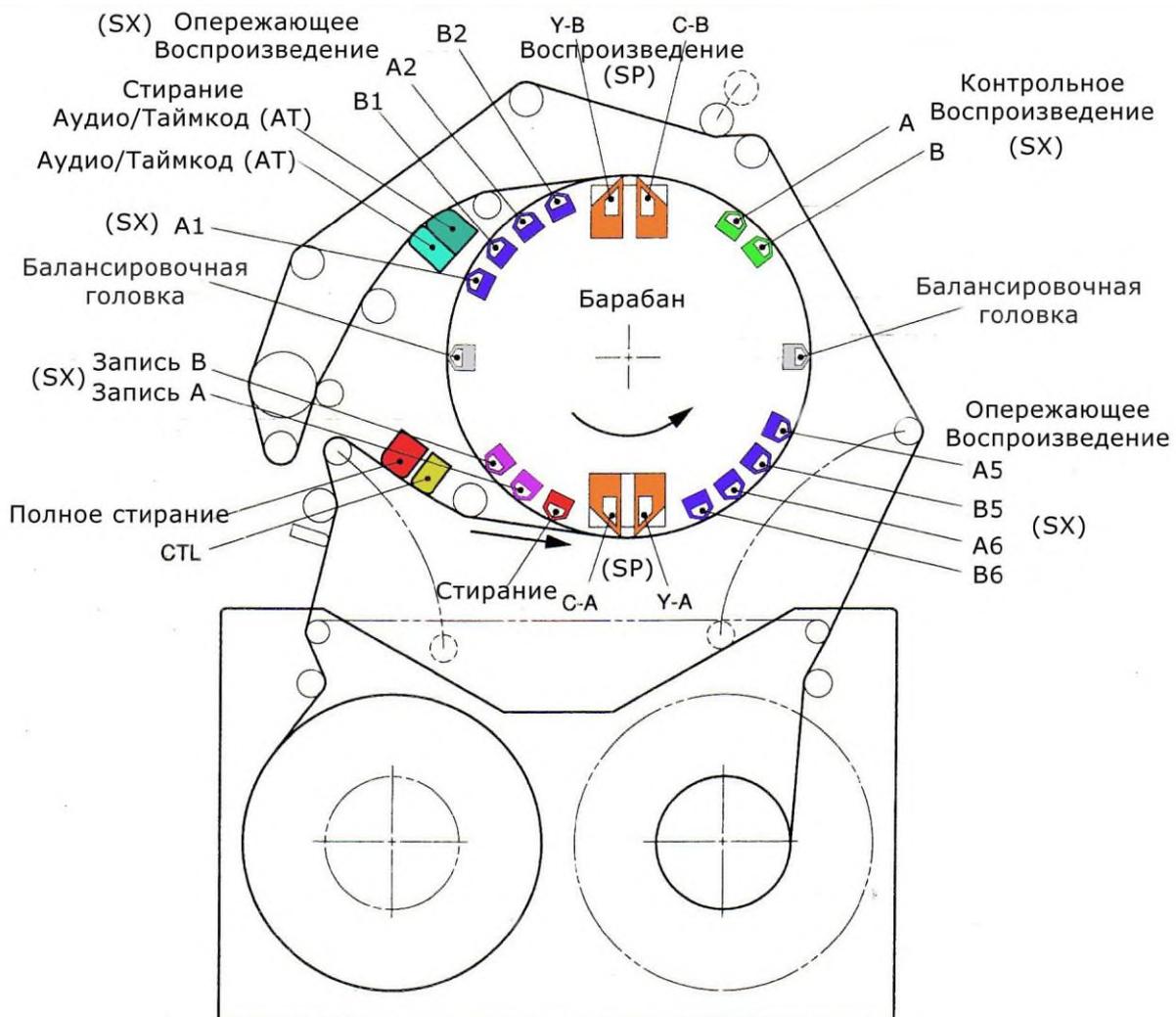


Рис.11.20. Кинематическая схема видеомэгнитофона DNW-A75P формата Betacam SX.

Балансировочные головки, показанные на рисунке 11.20, ни к записи ни к воспроизведению отношения не имеют, но они нужны только для того, чтобы при высоких скоростях вращения барабана не возникала вибрация и как следствие нарушения трекинга, то есть прохождения головки по магнитной дорожке.

Головки Опережающего и Контрольного Воспроизведения используются для воспроизведения записей Betacam SX. В обычном режиме воспроизведения (PB) головки Опережающего считывания используются непосредственно для воспроизведения. В режимах Записи (REC) и Вставки (INSERT) эти головки воспроизводят сигнал перед стиранием для предпросмотра, а Контрольные головки воспроизводят уже записанный сигнал, для подтверждения что он был записан. Поэтому головки Опережающего и Контрольного воспроизведения установлены таким образом, чтобы они могли следовать по дорожке перед головкой Записи (REC) и после нее.

При зарядке кассеты в ВМ лента специальным образом пропускается через лентопротяжный механизм и располагается вокруг барабана.

Управление видеомagneитофоном осуществляется с помощью ручек и кнопок, расположенных на трех панелях управления: верхней, вспомогательной и нижней.

На задней панели магнитофона (рис.11.21) расположены разъемы для подключаемых к нему устройств.

Видеомagneитофон позволяет вести монтаж в режимах вставки и продолжения.

Режим вставки (Insert)- позволяет записывать новые видео и аудио сигналы в середину уже записанного видео/аудио.

Режим продолжения (Assemble) позволяет записывать новые видео и аудио сигналы как продолжение уже записанного материала.

Все ВМ оснащены специальным джойстиком (Jog-Shuttle) для изменения скорости перемотки от покадрового просмотра до скорости, в 78 раз превышающей скорость воспроизведения при SX кассете и в 35 раз при использовании кассет SP.

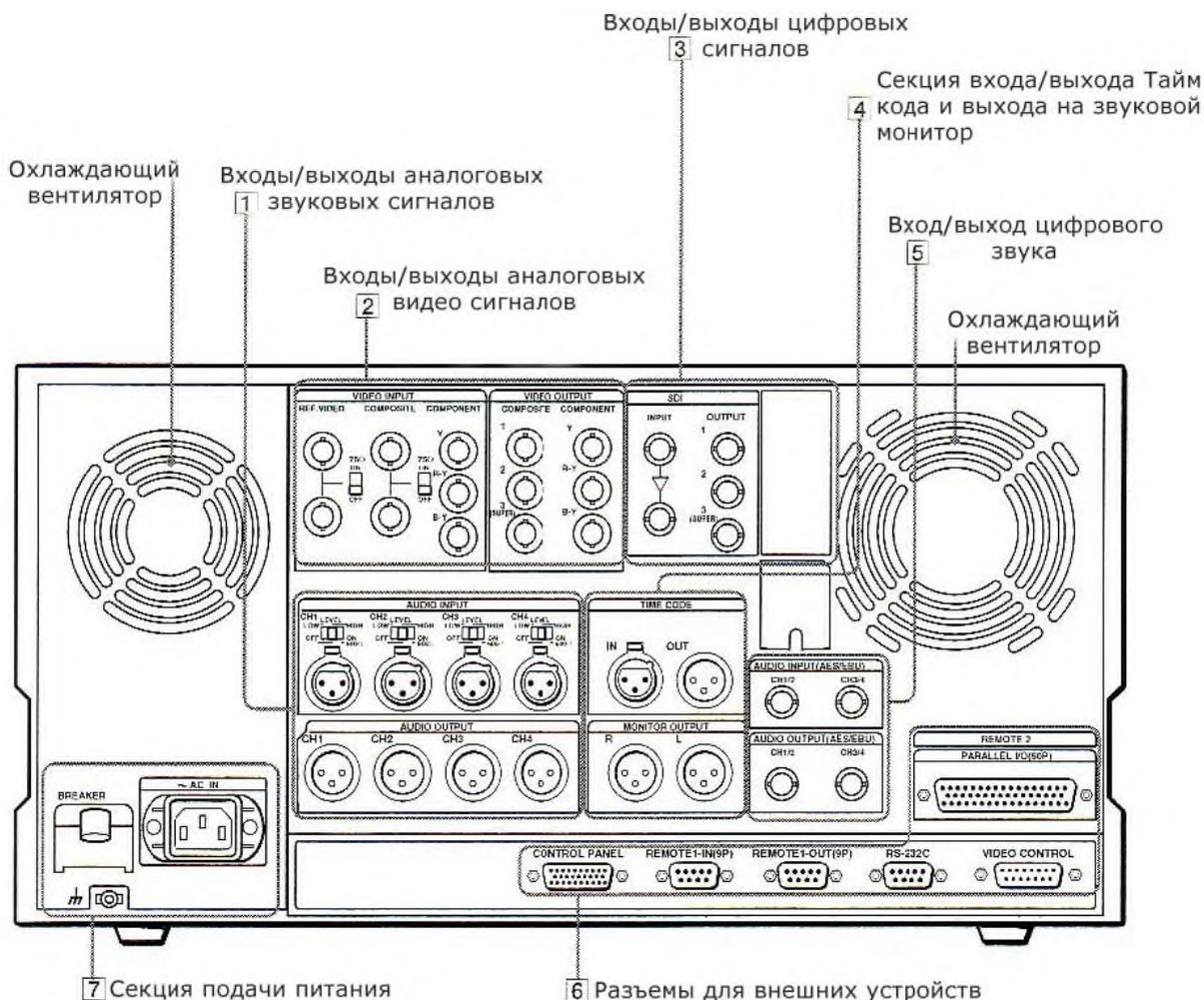


Рис.11.21. Внешний вид задней панели видеомэгнитофона формата Betacam SX DNW-A75P

## 11.6. Контрольно-измерительное оборудование

### Осциллографы и вектроскопы

Для объективного контроля параметров сигналов в трактах телевизионного оборудования используются специальные измерительные приборы к которым относятся: **осциллограф, вектроскоп и растерайзер.**

**Осциллограф** (от лат. *oscillo* - качаюсь и греч. *Grapho* - пишу) представляет собой электроннолучевой прибор для наблюдения за формой электрических сигналов. Чаще всего осциллограмма изображает форму электрического сигнала во времени. По ней можно определить полярность, амплитуду и длительность сигнала. На экранах осциллографов имеются специальные сетки и шкалы, облегчающие измерения (рис.11. 22)

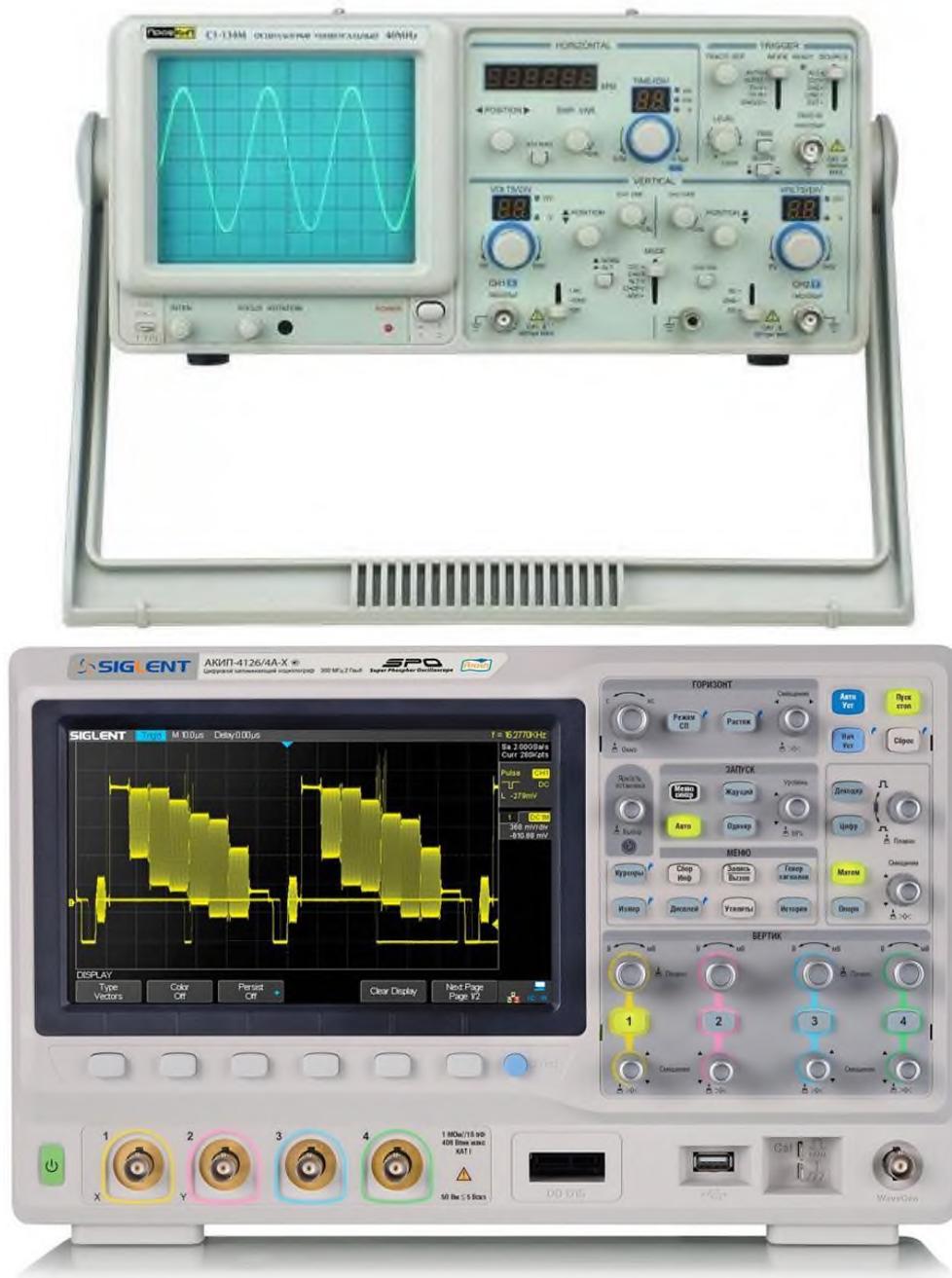


Рис.11.22. Внешний вид некоторых типов аналоговых и цифровых осциллографов.

В телевизионном производстве такие измерительные приборы необходимы, например, для контроля размахов и формы полного телевизионного сигнала и специальных тестовых сигналов.

Существуют цифровые и аналоговые осциллографы. В Ташкентском телецентре в основном используются осциллографы WFM-1741(аналоговый) и WFM-601A (цифровой) (рис.11.23).



Рис.11.23. Внешний вид осциллографов WFM-1741 и WFM-601A

На аналоговом осциллографе можно контролировать композитные сигналы – их яркость, цветность, а также сигналы синхронизации. На цифровом осциллографе наблюдают последовательный цифровой сигнал. (SDI). Так как сигнал SDI имеет свою цифровую синхронизацию, то увидеть синхроимпульсы на таком осциллографе нельзя. Отображаемый на нем сигнал преобразуется в аналоговый компонентный - Y, Pb, Pr.

Для контроля за возникающими в тракте передачи видеосигнала цифровыми ошибками в WFM-601A имеется система обнаружения и обработки ошибок EDH.

**Вектроскоп** это электронный контрольно-измерительный прибор, по внешнему виду схожий с осциллографом. В видеотехнике используется для поиска и устранения проблем цветопередачи. Показывает цветовые векторы и компоненты. Угол и величина отображаемых векторов соответственно отображают цветовой тон и насыщенность.

В обоих осциллографах WFM 1741 и WFM 601A имеется функция вектроскопа.

Во всех современных нелинейных монтажных программах имеются встроенные программные осциллографы и вектроскопы. Они позволяют контролировать основные параметры, однако не заменяют специализированных высокоточных измерительных устройств.

Кроме привычных электронно-лучевых осциллографов и вектроскопов существуют приборы, называемые **Растерайзерами**.

**Растерайзер** может одновременно отображать и анализировать видео, аудио и различные данные (например, служебные (ANC)).

Для контроля параметров файлового видео/аудио используются специализированные программы (например, Tektronix Cerify).

## 12. НАЗЕМНОЕ ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ

Наземное (эфирное) телевизионное вещание использует передачу телевизионных сигналов с помощью радиоволн УКВ диапазона. Для этой цели создаются специальные телевизионные радиопередающие станции (Телебашня), где с помощью телевизионных передатчиков радиоволны излучаются передающими антеннами, а затем принимаются приемными антеннами телевизоров.

Следует отметить, что в телевидении передача изображений и звука осуществляется разными передатчиками. При этом радиосигнал изображения формируется с помощью **амплитудной модуляции (АМ)** несущей изображения полным цветным ТВ сигналом с частичным подавлением нижней боковой полосы частот, а радиосигнал звукового сопровождения – с помощью **частотной модуляции (ЧМ)** несущей звука сигналом звукового сопровождения. При этом номинальная полоса частот радиоканала изображения составляет **7,625 МГц**, а звукового сопровождения - **0,25 МГц**. Разнос несущих изображения и звука составляет 6.5 МГц (несущая изображения располагается ниже несущей звука), при этом номинальная ширина радиоканала ТВ вещания составляет **8 МГц**, как показано на рис.12.1.

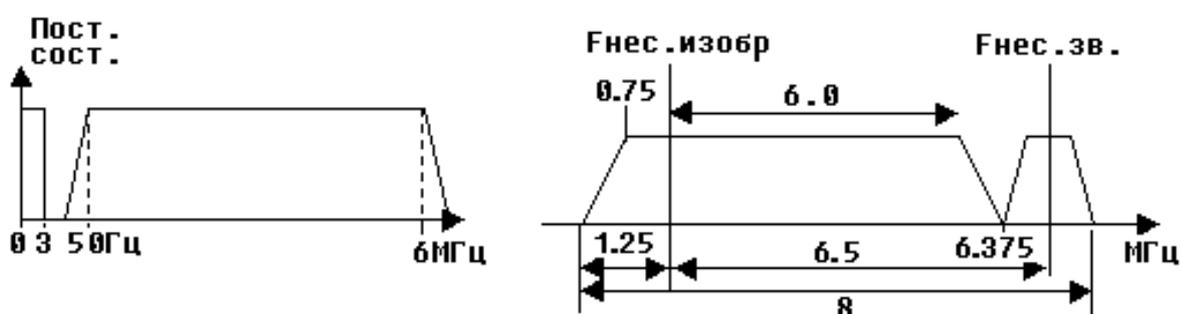


Рис.12.1. Номинальные АЧХ НЧ ТВ сигнала и боковых полос радиопередатчика

Разные виды модуляции облегчают разделение сигналов звука и изображения в телевизорах. Составляющие спектра каждой боковой полосы (нижней -НБП и верхней -ВБП) содержат

одинаковую информацию о передаваемом сигнале, поэтому за счет сокращения НБП сокращается избыточность ТВ сигнала и это дает возможность сократить полосу частот, занимаемую ТВ каналом. В результате в одном и том же диапазоне удастся разместить большее число каналов. Однако, для уменьшения квадратурных искажения ТВ сигнала, возникающих в амплитудном детекторе (АД) приемника при подавлении одной боковой полосы, оставляют небольшую часть НБП на уровне 0,75 МГц. В этом случае крупные детали передаются без градационных искажений, а в мелких деталях глаз не воспринимает.

В связи с большой помехоустойчивостью сигнала звукового сопровождения, передаваемого методом широкополосной ЧМ и для уменьшения помехи от него в канале изображения мощность излучения несущей звука уменьшена в 10 раз по сравнению с несущей изображения.

При передачи сигналов изображения в большинстве странах мира принята негативная полярность модуляции, при которой максимум мощности несущей соответствует уровню сигнала синхронизации, а минимум – уровню белого.(рис.12.2.а)

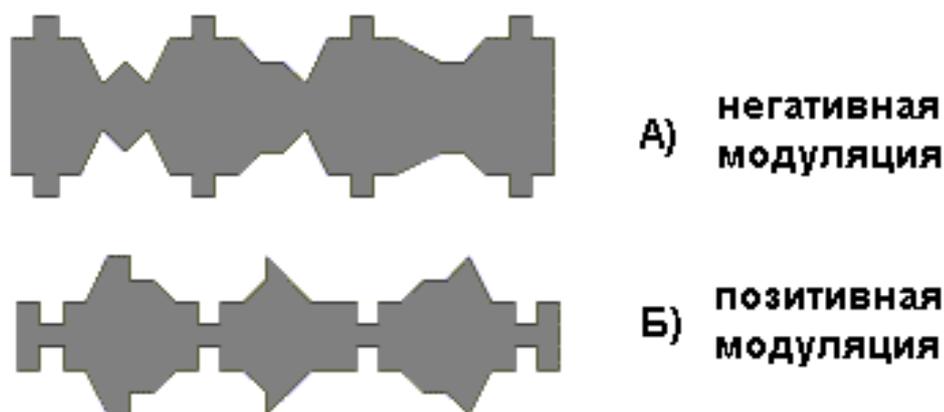


Рис.12.2. Вид амплитудно-модулированных сигналов изображения

В этом случае:

- передатчик излучает меньшую мощность, т.к. по статистике в ТВ преобладают светлые сцены;

- импульсные помехи чаще проявляются в виде темных точек и визуально менее заметны;
- повышается помехоустойчивость систем синхронизации, т.к. во время передачи синхроимпульсов передатчик излучает максимальная мощность;
- облегчается построение АРУ приемников при этом за опорный сигнал принимается сигнал синхронизации, соответствующий максимуму размаху несущей и для его выделения можно использовать простые устройства.

Для устранения искажений звукового сопровождения в телевидении не допускается **100 %** модуляция при этом для черно-белого ТВ остаточный уровень несущей составляет **15 %**, а для цветного вещания – **7 %**.

**В наземном телевизионном вещании используются метровые и дециметровые радиоволны. Для этой цели выделено 5 частотных диапазонов, где размещено 60 радиоканалов:**

**I диапазон – 48,5...66 МГц (1 и 2 радиоканал);**

**II диапазон – 76...100 МГц (3 -5 радиоканал);**

**III диапазон – 174...230 МГц (6 -12 радиоканал);**

**IV диапазон – 470...582 МГц (21 -34 радиоканал);**

**V диапазон — 582...790 МГц (35 -60 радиоканал);**

Выбор нижней границы 1 диапазона определяется тем, что для выделения в приемнике полного цветного телевизионного сигнала (ПЦТВС) из радиосигнала изображения необходимо, чтобы несущая в несколько раз превышала максимальную частоту спектра **6 МГц**. Кроме того, диапазон до **40 МГц** занят для **радиовещания, радиосвязи и др. целей**. А верхняя граница V диапазона ограничена длинами волн, на которых начинают сказываться значительное поглощение излучения в атмосфере и влияние ее неоднородностей – дождя, тумана и т.д. Поэтому диапазон УКВ 30...3 см (1...10 ГГц) используется для передачи ТВ сигналов только по радиорелейным и космическим линиям связи, а также в линиях связи передвижных телевизионных станций (ПТС).

### Зона покрытия телевизионным вещанием

В наземном ТВ вещании зона покрытия вещанием определяется границами зоны уверенного приема радиосигналов, в пределах которых сигнал не зависит от времени суток, года и других факторов. Эти границы фиксируются по медианному (среднестатистическому по времени и месту) значению напряженности поля излучения радиосигнала изображения.

Для того, чтобы зоны уверенного приема радиосигналов изображения и звука были примерно одинаковы, необходимо иметь мощность передатчика изображения в 10 раз больше, чем звука, так как частотная модуляция имеет помехоустойчивость в 10 раз лучшую, чем амплитудная.

В УКВ диапазоне, в котором ведется ТВ вещание, радиоволны плохо дифрагируют и поэтому в основном распространяются по законам геометрической оптики. А поскольку земля круглая то за горизонт волны этого диапазона обычно не попадают. Таким образом зона покрытия лежит в пределах прямой видимости и зависит от высоты подвеса антенн и мощности излучения передатчиков.

Эффективное значение напряженности поля, мкВ/м, в зоне уверенного приема можно оценить по формуле Б.А. Введенского

$$E = \frac{2,18h_1 h_2 \sqrt{PD}}{\lambda r^2}, \quad (12.1)$$

где:  $h_1, h_2$ ,- высоты передающей и приемной антенн, м;

$r$  – расстояние между антеннами, км;

$P$ - мощность радиопередатчика, кВт;

$\lambda$  – длина волны излучения, м;

$D$  – коэффициент усиления передающей антенны (для турникетной примерно равен числу ее этажей);

Из-за того, что УКВ при распространении испытывают малую рефракцию в атмосфере, то радиус действия ТВ передатчика примерно ограничен расстоянием прямой видимости в км;

$$r \approx 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (12.2)$$

Поэтому увеличение мощности излучения передатчика позволяет увеличить напряженность поля в зоне прямой видимости, но почти не расширяет зону обслуживания ТВ вещанием. Эта зона может быть увеличена с помощью радиорелейных, кабельных и космических линий связи (с ретрансляцией радиосигналов передающими станциями).

### 13 СПУТНИКОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ (СТВ)

Из-за того, что радиоволны УКВ диапазона при распространении испытывают малую рефракцию в атмосфере, то радиус действия ТВ передатчика примерно ограничен расстоянием прямой видимости в км;

$$r \approx 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

где ,  $h_1$  и  $h_2$  высоты подвеса передающей и приемной антенн.

Поэтому для увеличения дальности приема необходимо увеличивать высоты передающей и приемных антенн, однако постройка антенно-мачтовых сооружений высотой более 200-300 метров сопряжено с большими техническими трудностями и требует очень больших финансовых затрат. Поэтому зона охвата вещанием редко превышает 50 км.

Другим вариантом увеличения зоны вещания является размещение передающих ТВ антенн в космосе на искусственных спутниках Земли. В связи с этим идея вещания через спутники появилась еще до первого запуска спутника "Молния" на космическую орбиту (1957).

Таким образом, спутниковое телевидение – это область техники связи, занимающаяся вопросами передачи телевизионных программ от передающих земных станций к приёмным устройствам с использованием искусственных спутников земли (ИСЗ) в качестве активных ретрансляторов. Система телевизионного вещания через спутники - это глобальная система передачи информации. В системах спутникового телевидения информация может передаваться, как в аналоговой форме, так и в цифрой, которая в настоящее время вытесняет аналоговые системы. Спутниковое вещание на сегодняшний день является самым экономичным, быстрым и надёжным способом передачи ТВ сигнала высокого качества в любую точку мира. К преимуществам СТВ относятся также возможность приёма сигнала неограниченным числом приемных установок, высокая надежность ИСЗ, небольшие затраты и их независимость от расстояния между источником и потребителем.

### 13.1. Принципы построения спутниковых систем

Как отмечалось выше, спутниковое ТВ вещание основано на использовании ретрансляторов телевизионных сигналов (транспондеров), расположенных на борту ИСЗ. При этом, чтобы ИСЗ не падал на Землю он должен двигаться с первой космической скоростью по определенным орбитам, создавая центробежную силу, которая компенсирует силу притяжения Земли. Поэтому орбиты классифицирую по следующим признакам:

- форма орбиты;
- периодичность прохождения над точками земной поверхности;
- наклонение орбиты.

**По форме орбиты подразделяются на следующие типы рис (13.1):**

- круговые, которые трудно реализуются на практике и требуют периодичной коррекции бортовыми двигателями;
- близкие к круговым, которые наиболее широко используются в связных космических аппаратах (КА), высота апогея и перигея у таких орбит отличаются на несколько десятков километров;
- эллиптические, высота **На** (апогея) и **Нп** (перигея) значительно различаются (например:  $N_a = 38000 - 40000$  км, а  $N_p = 400 - 500$  км).

По наклонению орбиты, над которой понимается угол между плоскостями экватора Земли и орбиты КА (рис.13.1). Угол отсчитывается от плоскости экватора к плоскости орбиты против часовой стрелки и может меняться от  $0^0$  до  $180^0$ . По этому признаку различают следующие типы орбит:

- прямые орбиты (наклонение  $a < 90^0$ );
- обратные орбиты (наклонение  $a > 90^0$ );
- полярные орбиты (наклонение  $a = 90^0$ );
- экваториальные орбиты.

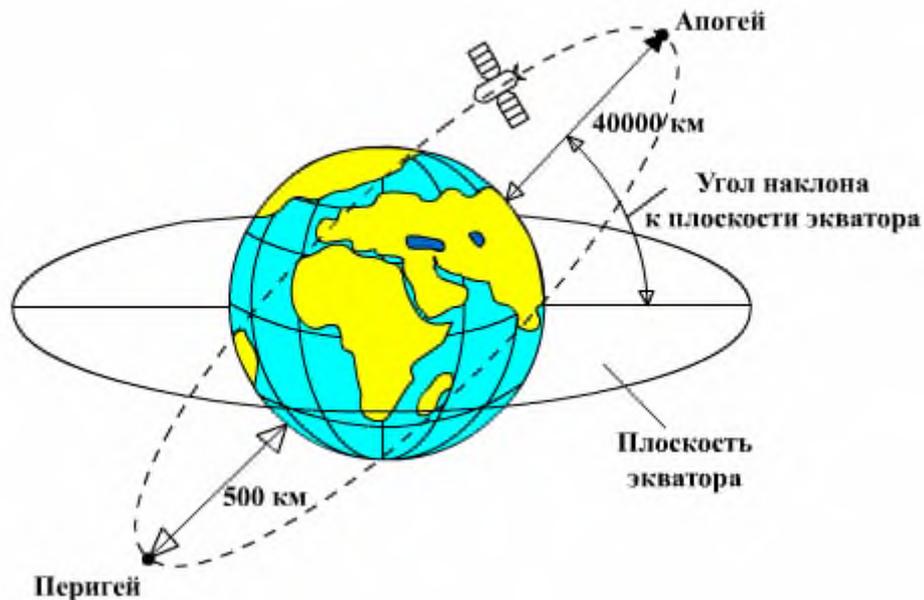


Рис.13.1. Виды орбит, используемые в спутниковых системах связи.

При  $a = 0^\circ$ , КА движется по направлению вращения Земли с запада на восток, а при  $a = 180^\circ$ , КА движется против направления вращения Земли с востока на запад.

Согласно закону Кеплера чтобы ИСЗ, находился неподвижно относительно земли, он должен двигаться по орбите высотой 42180 км от центра земли или над поверхностью  $42180 - 6380 \text{ км} = 35800 \text{ км}$ , как синхронный, привязанный к одной географической точке неба относительно вращения земли. Данная орбита получила основное название – **геостационарная** (рис.13.2). Следует отметить, что писателем-фантастом Артуром Кларком еще в 1946 году были просчитаны параметры геостационарной орбиты и с тех пор данная орбита спутников имеет еще и название "Clarke Belt".

В настоящее время в спутниковом телевидении большинство спутников-ретрансляторов движется по геостационарной орбите (рис.13.2). Эта орбита характеризуется тем, что находящиеся на ней спутники движутся с угловыми скоростями, равными угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси. Поэтому с поверхности Земли они кажутся неподвижными, "висящими" на одном месте, в одной точке. С геостационарного спутника Земля «видна» под телесным углом  $\approx$

18° в виде окружности, ограниченной пределами  $\pm 80^\circ$  по широте и 160° по долготе с центром на экваторе, что представляет максимальную зону обслуживания одним ИСЗ. В зоне  $\pm 80^\circ$  по широте проживает практически всё население Земли. Так как расстояние от движущегося по геостационарной орбите спутника до Земли почти в три раза больше диаметра Земли, то спутник "видит" сразу около 40% земной поверхности. Однако, число мест на геостационарной орбите, где обитают спутники ТВ вещания, ограничено. Сегодня таких мест около четырёхсот и в каждом месте могут находиться от одного до нескольких десятков спутников.

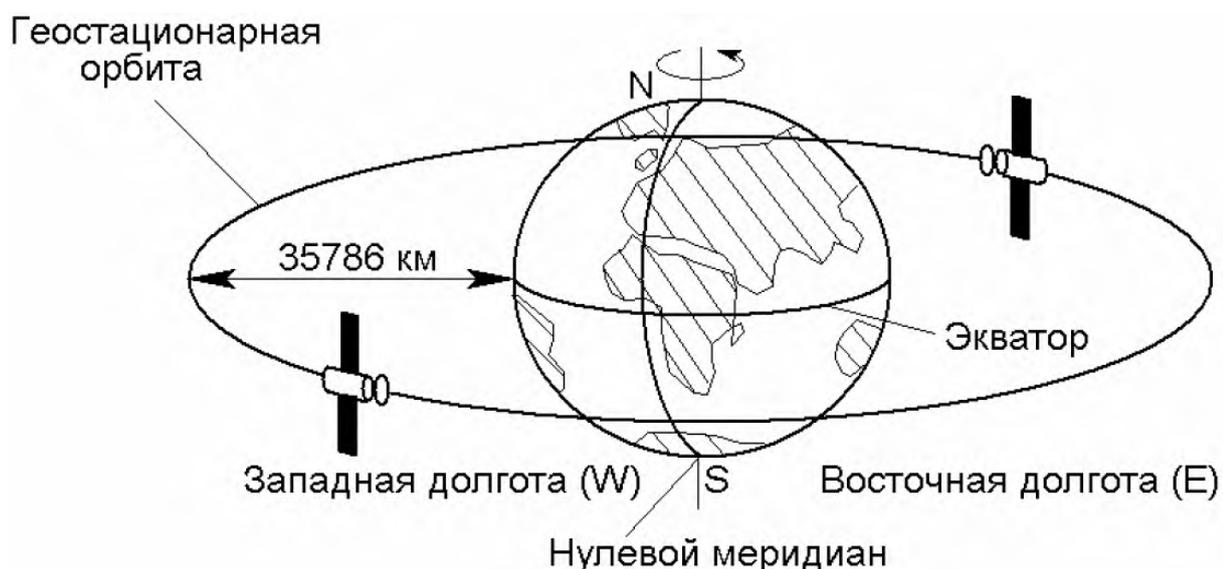


Рис.13.2. Расположение спутников на геостационарной орбите.

В состав спутниковой системы передачи ТВ-вещания (ССТВ) входят: наземная передающая телевизионная станция (ПТС), приёмо-передатчик (ретранслятор) на ИСЗ и приёмная станция.

Для ТВ-вещания предусмотрены два вида спутниковой связи: фиксированная спутниковая служба (ФСС) и радиовещательная спутниковая служба (РВСС).

**Фиксированная спутниковая служба** – служба радиосвязи между наземными станциями, расположенными в определённых фиксированных точках земной поверхности. Примером такой

службы является сеть станций «Орбита». Наземные станции этой сети принимают через ИСЗ программы из Москвы и по ТВ-каналам передают их на ближайший телецентр, который в метровом или дециметровом диапазоне волн доводит эти программы до местных телезрителей. При такой системе мощность передатчиков на спутнике-ретрансляторе может быть небольшой, но наземная приёмная аппаратура – довольно сложной и оснащенной поворотной антенной системой, обеспечивающей слежение за движением КА. Такие системы применяют как для передачи национальных программ с большими территориями, так и для международного обмена программами.

При большом числе приёмных станций на сравнительно небольшой территории экономически оправданно усложнить ретранслятор ИСЗ и одновременно упростить наземные приёмные станции. Такие системы экономически выгодно использовать для работы на кабельную сеть или радиорелейную линию (РРЛ).

**Радиовещательная спутниковая служба (РВСС)** – служба радиосвязи, в которой сигналы, передаваемые космическими станциями, предназначены для непосредственного приёма населением на упрощённые, достаточно дешёвые устройства, с выхода которых сигнал поступает на обычные телевизоры. При этом возможны два вида приёма в РВСС: индивидуальный и коллективный.

**Индивидуальный приём в РВСС** – приём излучений ИСЗ с помощью простой бытовой аппаратуры с небольшими антеннами.

**Коллективный приём в РВСС** – приём излучений ИСЗ с помощью приёмных устройств, предназначенных для использования группой населения в одном месте.

При использовании РВСС определено, что к ней относятся радиосигналы (передаваемые или ретранслируемые космическими станциями), предназначенные для

непосредственного приёма населением – **непосредственное телевизионное вещание (НТВ).**

Для осуществления НТВ необходимо, чтобы излучаемый с ИСЗ сигнал соответствовал параметрам сигнала, на который рассчитаны телевизоры: диапазону волн, виду модуляции, уровню сигнала в месте приёма и т.д. В метровом и дециметровом диапазонах это технически неосуществимо. Так, например, на 3-м частотном канале (несущая частота изображения  $f_0$  из = 93,25 МГц) для нормальной передачи сигнала на спутнике-ретрансляторе необходимо было бы развернуть параболическую антенну диаметром  $D = 500$  метров и иметь источник питания мощностью не менее 1000 Вт. При трансляции сигнала на 37 частотном канале ( $f_0$  из = 599,25 МГц) диаметр антенны должен быть  $D = 60$  метров. Поэтому для целей спутникового телевидения используются сантиметровый (10 см ... 1 см) и миллиметровый (10 мм ... 1 мм) диапазоны волн. Эти диапазоны волн соответствуют частотам (3...30) ГГц и (30...300) ГГц.

Вследствие значительной общности схемных и конструктивных решений, а также элементной базы в отечественной и зарубежной литературе принято объединять эти два диапазона, а также дециметровый диапазон (100 см ... 10 см), которому соответствуют частоты (300 ... 3000) МГц, под термином СВЧ, или «микроволновый» диапазон.

Диапазон частот в спутниковой связи записывают дробью, где в числителе указывается частота сигнала, излучаемая с ИСЗ, а в знаменателе – наземной станции в радиолинии Земля – ИСЗ. При этом частота излучения со спутника выбирается ниже частоты, излучаемой с Земли на ИСЗ. Это объясняется тем, что при излучении с Земли в сторону ИСЗ сигнал имеет большее затухание, чем при передаче сигнала в обратном направлении (чем выше частота, тем больше затухание сигнала в атмосфере). Большее затухание на трассе Земля – ИСЗ легко компенсируется увеличением мощности радиопередающего устройства наземной станции.

Спутниковые системы РВСС работают в диапазоне 11,7 – 12,5 ГГц. Ширина полосы частот, отводимая для каждого канала, составляет 27 МГц. Для повышения помехозащищённости каналов ТВ-вещания предусмотрено использование прямой и обратной круговой поляризации, обеспечивающей снижение взаимных помех на 10 – 20 дБ. При этом, нечётные каналы имеют прямую (правостороннюю) поляризацию, а чётные – обратную (левостороннюю) поляризацию. Прямая поляризация соответствует вращению вектора  $E$  по часовой стрелке, если смотреть с ИСЗ на Землю. Обратная поляризация – против часовой стрелки. Однако в целях ослабления помех соседние каналы на одном спутнике обычно не задействуют.

### **13.2. Основные функции спутников-ретрансляторов телевизионного вещания**

Спутник - ретранслятор состоит из следующих основных элементов:

- центральный процессор;
- радиоэлектронное оборудование бортового ретрансляционного комплекса (БРТК);
- антенные системы;
- системы ориентации и стабилизации;
- двигательная установка;
- система электропитания (аккумуляторы, солнечные батареи, изотопные генераторы).

Общая структурная схема спутника-ретранслятора приведена на рис.13.3. Где, Центральный процессор (бортовой компьютер) осуществляет непрерывный контроль всех систем КА и осуществляет управление режимами работы, ориентации в пространстве и коррекции орбиты. Двигательная установка позволяет удерживать ИСЗ в заданной точке своей орбиты под действием дестабилизирующих факторов гравитации Луны и солнечного ветра.



Рис.13.3. Общая структурная схема спутника-ретранслятора.

Радиозлектронное оборудование совместно с приемными и передающими антеннами принимает сигналы от земных станций, усиливает их, обеспечивает коррекцию искажений и ошибок и с помощью передатчика переизлучает сигнал в сторону Земли на наземные приемники.

Система электропитания обеспечивает электроэнергией все радиозлектронное оборудование КА и содержит аккумуляторы, солнечные батареи или изотопные генераторы.

Таким образом, спутники на геостационарной орбите обеспечивают приём информации со станций, находящихся на Земле, и передачу ее абонентам – приёмным устройствам. В этой системе они играют роль станции повторения (ретранслятора). Такие спутники выполняют следующие основные функции:

- принимают сигналы (в отведённом диапазоне частот), передаваемые со станции на Земле в направлении спутника;
- усиливают принятые сигналы;
- преобразовывают частоту принятых сигналов в частоту

сигналов, предназначенных для передачи в направлении “Спутник – Земля”;

- ретранслируют преобразованные и усиленные сигналы многочисленным наземным приемным устройствам только на отведённую территорию.

### **Антенны спутника-ретранслятора**

В отличие от наземных станций, имеющих в своем составе одну антенну, на борту современных спутников устанавливают несколько приёмных и передающих антенн. Антенны спутника-ретранслятора должны иметь:

- высокий коэффициент усиления, что позволяет создавать на обслуживаемой земной территории необходимую для качественного приёма плотность потока мощности;
- острую диаграмму направленности и низкий уровень боковых лепестков, в результате чего уменьшаются взаимные помехи между соседними спутниками и другими системами связи;

Для реализации требуемых свойств на спутнике устанавливается несколько параболических антенн больших размеров. Данные дистанционных измерений параметров ретранслятора, а также данные контроля и управления передаются либо через специальные рупорные, либо через большие параболические антенны.

Во время запуска и вывода спутника на орбиту для передачи команд управления и контроля применяется штыревая всенаправленная антенна, так как другие антенны в этот момент находятся в нераскрытом состоянии.

Антенны современных спутников устанавливаются на индивидуальные поворотные устройства, что дает возможность по команде с Земли поворачивать каждую антенну независимо друг от друга на заданный угол. Так, в спутнике «ГАЛС - 16Р» каждая из трёх антенн может индивидуально поворачиваться на угол в пределах  $\pm 8^\circ$ . Кроме этого, имеются две антенны, установленные на общую платформу, которые вместе можно

повернуть на такой же угол. Такая конструкция позволяет обслуживать поочерёдно большие территории, расположенные в разных временных поясах.

### **Приёмно-передающий блок спутника-ретранслятора**

Приёмно-передающий блок спутника вместе с антеннами представляет собой спутниковый ретранслятор (транспондер). Это главная часть передающей системы. Для того чтобы создать зону обслуживания, которая наилучшим образом соответствовала бы конфигурации обслуживаемой территории, большинство спутников имеют несколько ретрансляторов и антенн с узкими диаграммами направленности.

Ретрансляторы в спутниковых системах связи обычно выполняются в виде отдельных частотных «стволов». Каждый «ствол» содержит тракт обработки сигнала и усилитель с ограниченной пиковой мощностью. Упрощённая структурная схема одного ствола (луча) типового ретранслятора приведена на рис. 13.4. Здесь показаны самые важные, имеющие принципиальное значение, узлы.

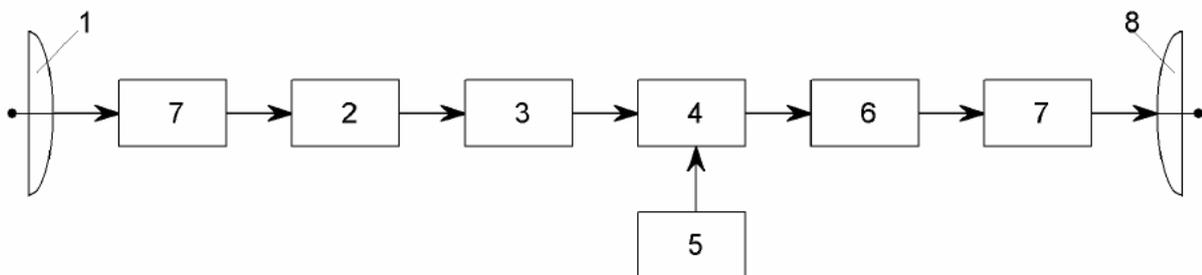


Рис. 13.4. Упрощённая структурная схема одноствольного ретранслятора: 1-приёмная антенна; 2-входное малошумящее устройство; 3-усилитель; 4-смеситель; 5-гетеродин; 6-усилитель мощности; 7-волноводный тракт; 8-передающая антенна.

В рассматриваемой схеме осуществляется только одно преобразование частоты сигналов приёма в частоту сигналов передачи. В некоторых ретрансляторах используется двойное преобразование частоты. Принимаемые СВЧ-сигналы преобразуются в сигналы промежуточной частоты и

обрабатываются: усиливаются, ограничиваются, фильтруются, а затем передаются на Землю абонентам (приёмным устройствам). Но в современных спутниках, например, «ГАЛС - 16Р», используется только одно преобразование.

### 13.3. Приёмные спутниковые антенны

Из оптики известно, что расходящиеся световые лучи от точечного источника света, помещённого в фокусе вогнутого параболического зеркала, собираются таким зеркалом в пучок параллельных лучей. На этом основано действие прожектора. На основании принципа взаимности известно также, что проходящие параллельные световые лучи на поверхность вогнутого параболического зеркала после отражения от поверхности собираются в точке фокуса.

Аналогично работают и параболические зеркала для радиоволн. Эти зеркала делаются либо из листового металла, либо из металлической сетки. Однако они не могут создать столь высокую направленность, какая получается для световых лучей. Геометрические размеры отражающих зеркал для световых лучей в огромное число раз больше длины волны световых волн, составляющих сотни микрометров. Явление дифракции у краёв зеркала, т.е. огибание границ зеркала световыми волнами практически не наблюдается. Создать параболическое зеркало для радиоволн (пусть даже миллиметровых) с таким же соотношением линейных размеров зеркала к длине радиоволны практически невозможно. На практике размеры параболоида лишь в несколько сотен раз больше длины радиоволны. Поэтому у краёв зеркала наблюдается довольно сильное явление дифракции (т.н. «затекание» радиоволн). Лучи радиоволн огибают края зеркала и расходятся в стороны; поэтому получить достаточно узкую диаграмму направленности (ДН) без боковых и задних лепестков не удаётся. Чем больше соотношение между линейными размерами зеркала и длиной волны, тем меньше

влияние дифракции и тем лучше направленность параболической антенны.

Ухудшение направленности на радиочастотах происходит ещё и потому, что фокусом зеркала может быть только одна точка, а излучатель радиоволн, помещённый в фокусе, обычно имеет определённые размеры.

Применяются два основных типа параболических зеркал: параболоид и параболический цилиндр. Зеркало в виде параболоида позволяет создать луч, узкий как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Однако оно очень сложно в изготовлении, т.к. поверхность зеркала не должна отклоняться от поверхности правильного параболоида вращения более чем на 5 % от длины волны.

Гораздо проще по устройству зеркало в виде параболического цилиндра (вернее, в виде вырезки из параболического цилиндра). Такое зеркало создаёт узкую ДН в одной плоскости и широкую – в другой. Разработано достаточно большое количество конструкций параболических цилиндров, применяемых в радиолокации, спутниковом телевидении и радиорелейной связи.

Разработаны также отражатели, выполненные в виде зеркал двойной кривизны: верхняя часть зеркала является параболоидом, а нижняя часть представляет собой плавно сопряжённую с этим параболоидом вырезку из обычного цилиндра. Такие отражатели иногда называются «параболоид-бочка» (рис. 13.5).

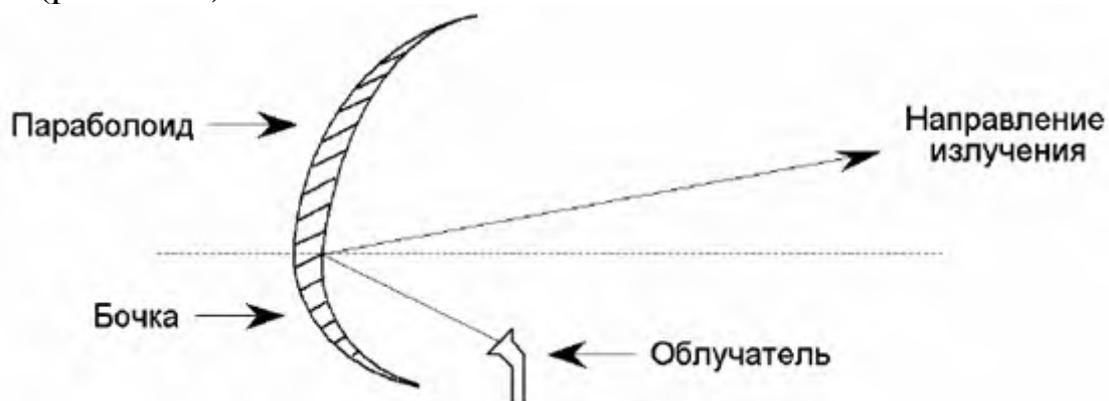


Рис. 13.5. Профиль параболического отражателя двойной кривизны

Такая конфигурация позволяет сместить облучатель из фокуса вниз по фокальной плоскости, что исключает эффект «тени» от облучателя, а это особенно важно при работе в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн.

Зеркала двойной кривизны широко применяются в спутниковых приёмных антеннах и в радиолокации.

Существуют также конструкции сферических и сферопараболических зеркал, которые действуют почти так же, как и параболические отражатели, но при определённом расположении облучателя относительно зеркала.

Электромагнитные волны, распространяясь в свободном пространстве, наводят в антенне токи, которые подаются во входные каскады радиоприёмных устройств. Антенны, предназначенные для приёма телевизионных сигналов от спутников-ретрансляторов, принимают электромагнитные волны СВЧ-диапазона (длина волны 1...3 см) весьма малой мощности, которая практически соизмерима с уровнем мощности естественных шумов и помех. Поэтому такие антенны должны иметь:

- большой коэффициент усиления;
- низкую шумовую температуру;
- остронаправленную («игольчатую») диаграмму направленности;
- малый уровень боковых лепестков;
- большую эффективную отражающую поверхность.

Приведенным условиям в полной мере удовлетворяют параболические (зеркальные) антенны, получившие наиболее широкое распространение в спутниковых ТВ-системах.

В соответствии с принципом взаимности такие антенны могут быть как передающими, так и приёмными. В качестве собирающей или отражающей поверхности используется внутренняя поверхность параболоида вращения.

К наиболее распространенным типам антенн для приема спутникового телевизионного вещания относятся:

- антенна с передним питанием (осесимметричная) – прямофокусная (рис. 13.6, а);
- антенна, с передним питанием (неосесимметричная) – офсетная (рис. 13.6, б);
- двузеркальная осесимметричная антенна – антенна Кассегрена (рис. 13.6, в);
- двузеркальная офсетная (неосесимметричная) – антенна Грегори (рис. 13.6, г).

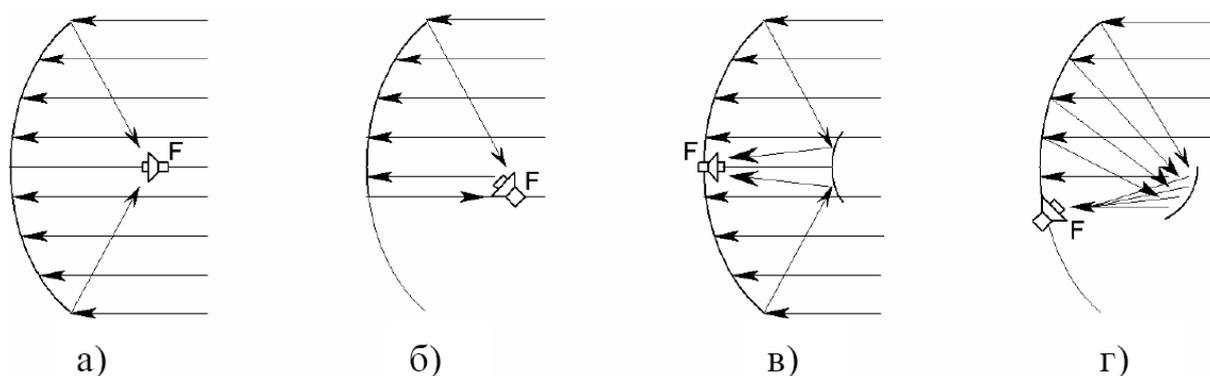


Рис. 13.6. Наиболее распространенные типы параболических антенн.

Как видно из приведенного рисунка, наиболее существенная часть, отличающая один тип антенны от другого, – это положение облучателя по отношению к основному зеркалу.

Основное зеркало представляет собой параболоид. Для работы в диапазоне СВЧ очень важно качество отражающей поверхности, которая для принимаемых электромагнитных волн должна быть зеркальной. Любая поверхность, способная отражать электромагнитные волны, будет зеркальной для длин волн много больших, чем размер неоднородностей отражающей поверхности.

Однако для параболоидной поверхности, принимающей и отражающей электромагнитные волны диапазона 10,5..12,5 ГГц, необходимо более высокое качество поверхности, так как влияние неоднородностей здесь сказывается дважды - при падении волн на поверхность и при отражении их от поверхности. Поэтому размеры неоднородностей не должны

превышать  $\lambda / 15 \dots \lambda / 20$ . Для высококачественных антенн требования к поверхности еще более строгие и размер неоднородностей у них не превышает  $\lambda / 25$ . От качества поверхности параболоида, точности его формы зависят ширина диаграммы направленности антенны, её коэффициент усиления, уровень боковых лепестков и шумовые параметры.

### 13.4. Принципы построения индивидуальных радиоприёмных устройств спутникового телевидения

Все радиоприёмные устройства (РПрУ) спутникового телевидения построены по супергетеродинной схеме. Индивидуальное радиоприёмное устройство состоит из двух частей: наружного блока, который располагается непосредственно на антенне, и внутреннего блока – спутникового телевизионного приёмника (ресивера), устанавливаемого возле телевизора. На рис. 12.7. приведена структурная схема РПрУ для приёма телевизионного вещания через спутники-ретрансляторы.

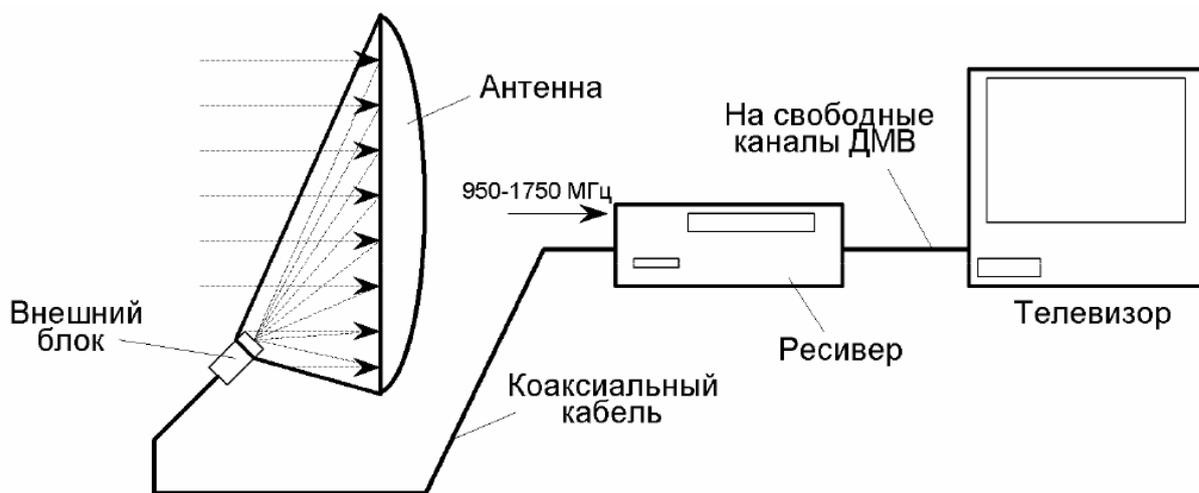


Рис. 13.7. Структурная схема наземного радиоприёмного устройства.

Функциональная схема индивидуального приёмного устройства РВСС показана на рис. 13.8.

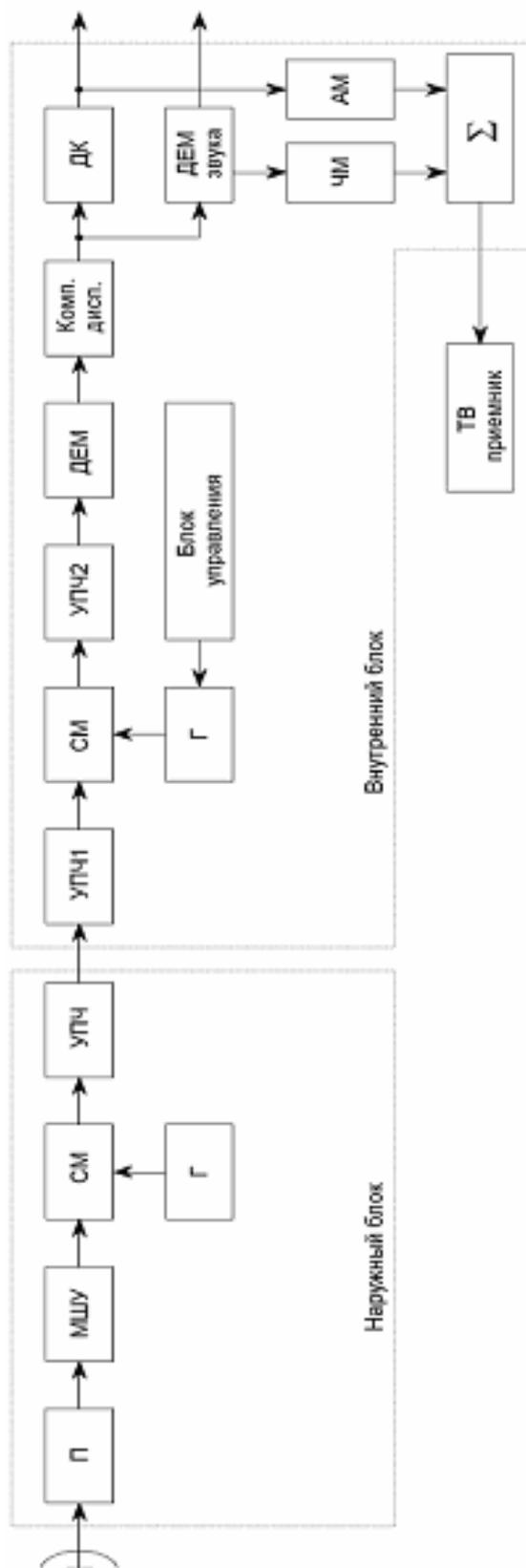


Рис. 12.8. Функциональная схема индивидуального приёмного устройства

Такое конструктивное и схемное построение спутниковых РПрУ обусловлено диапазоном частот, в котором работают спутниковые системы. Объясняется это следующими соображениями:

1. Диапазон частот 11,7 – 12,5 ГГц соответствует диапазону волн 2,5 – 2,56 см в котором создать директорные антенны технически невозможно. Наиболее эффективной антенной в этом диапазоне волн является зеркальная антенна (параболоид), имеющая большой коэффициент усиления и очень узкую («игольчатую») диаграмму направленности (ДН). Чем больше отношение диаметра раскрытия парабооида к длине волны, тем более остронаправленной формируется ДН и тем больше коэффициент усиления антенны. Зеркальные антенны достаточно просты в производстве и относительно дешёвы.

2. В качестве линий передачи электромагнитной энергии в этом диапазоне могут использоваться только волноводы. Применение других видов линий передачи, в том числе и коаксиального фидера, невозможно, так как электро-магнитные колебания в диапазоне СВЧ в коаксиальных фидерах быстро затухают. Однако волноводы в изготовлении достаточно дороги и использование их в бытовых системах спутникового телевидения весьма сложно.

3. Из курса «Радиоприёмных устройств» известно, что на входе приёмника всегда имеется некоторое соотношение сигнал/шум, определяемое отношением мощности полезного сигнала к мощности шумов:

$$\gamma = (P_C / P_{\text{ш}})_{\text{вх}} \quad (13.1)$$

Это соотношение не остаётся постоянным от входа до выхода приёмника. При распространении полезного сигнала по линии передачи полезный сигнал затухает в силу естественных потерь мощности. В то же время к входным шумам добавляются флуктуационные и тепловые шумы линии передачи. В результате на выходе линии передачи, т.е. уже на входе собственно приёмника соотношение сигнал/шум ухудшается. Тем более это соотношение ухудшается на выходе линейной части приёмника.

В результате увеличивается коэффициент шума и уменьшается чувствительность РПрУ.

### **Конвертор спутникового радиоприёмного устройства.**

Одним из способов уменьшения коэффициента шума, и, следовательно, повышения чувствительности РПрУ, является усиление принятого сигнала сразу же после антенны. Устройства, выполняющие эту функцию, называются «**антенными усилителями**». Конструктивно антенные усилители размещаются как можно ближе к антенне. В спутниковых РПрУ антенные усилители располагаются в облучателе параболоида и носят название «**малозумящих усилителей**» (МШУ). Малозумящий усилитель конструктивно объединяется с поляризатором и первым преобразователем частоты. Такой усилительно-преобразовательный блок называется «**конвертором**» (рис. 13.9).

Конвертор решает следующие задачи:

- осуществляет поляризационную селекцию принимаемых от спутника-ретранслятора сигналов;
- осуществляет защиту радиоприёмного устройства по зеркальному каналу;
- производит усиление по мощности сигналов, принятых на высокой частоте;
- производит первое преобразование частоты принятых сигналов;
- производит предварительное усиление преобразованных сигналов на первой промежуточной частоте.

Сигнал, принятый от ИСЗ параболической антенной, поступает на поляризатор (П), который пропускает на вход конвертора сигнал только определённого вида поляризации. В состав конвертора входит малозумящий усилитель (МШУ), смеситель (СМ) с гетеродином (Г) и усилитель первой промежуточной частоты (УПЧ). В типовом конверторе принятый антенной сигнал усиливается в двух- или трёхкаскадном транзисторном МШУ, затем его частота понижается в первом преобразователе частоты до промежуточной частоты в диапазоне

950 – 1750 МГц.

РПРУ для приёма сигналов ТВ-вещания через спутники-ретрансляторы выполняется по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты. Это обеспечивает хорошую избирательность по соседнему спутниковому каналу, практически полное подавление сигналов зеркального канала и сигналов обратного излучения гетеродина. Первое преобразование частоты, как уже было сказано, выполняется во внешнем блоке (конвертере). Первая промежуточная частота преобразованных сигналов (точнее, полоса частот) выбирается здесь достаточно высокой (950...1750 МГц), чтобы частота первого гетеродина и частоты зеркальных сигналов не попадали в полосу частот сигналов со спутника. Первый гетеродин не перестраивается. Он генерирует сигнал одной фиксированной частоты, и преобразование осуществляется в полосе частот  $\Delta f = 800$  МГц. Для преобразования в более широкой ( $\Delta f = 1200$  МГц) полосе частот используются два гетеродина.

Первое преобразование частоты принятых сигналов может осуществляться как при линейной поляризации (вертикальной или горизонтальной), так и круговой поляризации. Электромагнитные волны круговой поляризации предварительно преобразуются в волны линейной поляризации. Можно одновременно вести обработку сигналов вертикальной и горизонтальной поляризации при наличии во внешнем блоке двух конвертеров на входе демодулятора (рис. 13.10). Где:

- 1-приёмная антенна;
- 2-облучатель;
- 3-блок наведения на спутник;
- 4-поляризатор;
- 5-блок управления поляризатором;
- 6-полосовой фильтр СВЧ;
- 7-волноводно-полосковый переход;
- 8-малошумящий усилитель сигналов СВЧ;
- 9-первый смеситель;
- 10-первый гетеродин;
- 11,12-усилители сигналов первой промежуточной частоты

(ПЧ);

13-усилитель сигналов первой ПЧ по мощности;

14-коаксиальный кабель, соединяющий внешний блок с внутренним.

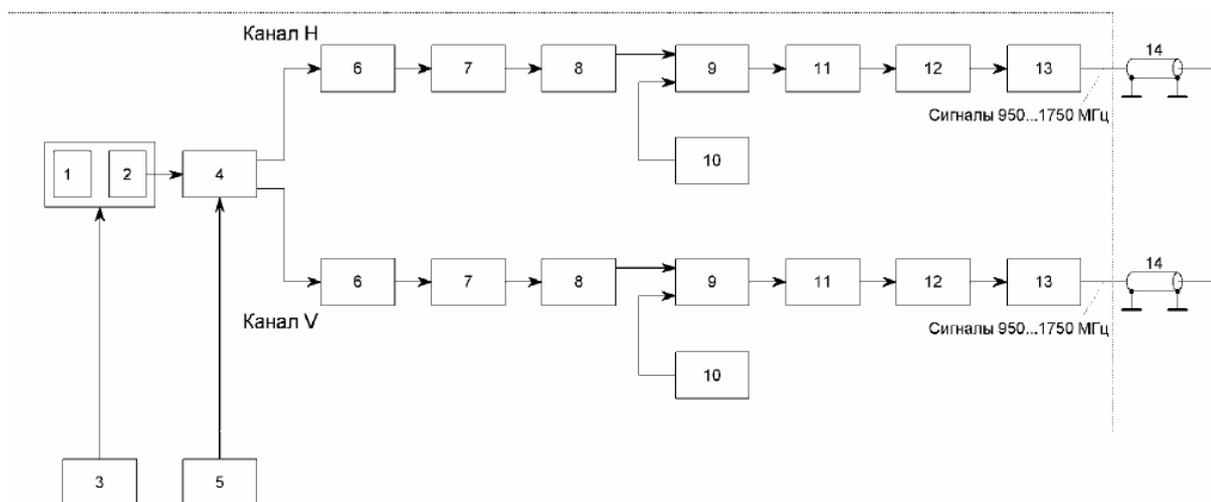


Рис. 13.10. Структурная схема конвертера для одновременного приёма сигналов горизонтальной и вертикальной поляризации.

**Антенна.** Приёмные антенны СВЧ-диапазона для спутникового телевизионного вещания применяются в основном двух видов: фазированные антенные решетки (ФАР) и параболические антенны. Наиболее широкое применение нашли параболические антенны. Внутренняя поверхность параболоида вращения металлическая или металлизированная, предназначенная для приема и отражения (переизлучения) падающих на неё электромагнитных волн и направления их в точку фокуса, где размещается облучатель.

**Облучатель** служит для приёма отражённых от зеркала электромагнитных волн, преобразования их в электрические сигналы и направления их в волновод. При спутниковом телевизионном вещании приём электромагнитных волн, имеет как линейную, так и круговую поляризацию. Поэтому к облучателю присоединяется волновод круглого сечения, в котором могут распространяться электромагнитные волны любой поляризации.

**Поляризацией** называется физическая характеристика излучения, описывающая направленность векторов-моментов электрического поля, распространяющейся электромагнитной волны.

**Поляризатор** служит для выбора электромагнитных волн только одной (вертикальной или горизонтальной) поляризации и направления их в волновод. Важнейшей характеристикой переключателя является величина поляризационного затухания, т.е. показатель того, в какой мере проникают электромагнитные волны нежелательной поляризации на выход. Типовое значение затухания составляет 30...50 дБ. В системе индивидуального приёма выбор электромагнитных волн одной или другой поляризации осуществляется:

- механическим способом - поворотом на  $90^\circ$  магнитной петли или электрического зонда;
- электромагнитным способом - подачей определённого напряжения на обмотку феррита, вдоль которого распространяется электромагнитная волна. Этим управляет электронная схема, которая находится в ресивере, и выбор электромагнитной волны соответствующей поляризации происходит одновременно с выбором частотного канала (телевизионной программы).

Антенно-фидерная система, кроме указанных элементов, может содержать систему дистанционного наведения на ИСЗ, называемую **позиционером**.

**Полосовой фильтр СВЧ**. Его назначение – защита входа МШУ конвертора от внешних помех и защита облучателя от проникновения сигналов комбинационных частот первого гетеродина в эфир, что может стать причиной появления помех для других РПрУ.

**Волноводно-полосковый переход** служит для подачи на вход первого каскада малошумящего усилителя наведенной в нём ЭДС. Для этого в широкую плоскость волновода прямоугольного сечения на определённом расстоянии от края вставляется

электрический штырь, в котором наводится ЭДС сигнала, который затем подаётся на вход малошумящего усилителя.

**Малошумящий предварительный усилитель.** Основное требование к этому усилителю – обеспечить максимальное усиление сигнала по мощности, что обеспечивает уменьшение коэффициента шума. МШУ обычно выполняется двух- или трёхкаскадным. Коэффициент шума типового МШУ не превышает 1,2 дБ, но есть и такие, у которых он составляет не более 0,6 дБ. Однако конверторы с очень низким коэффициентом шума относительно дороги.

**Первый преобразователь частоты.** Имеет в своём составе смеситель, первый гетеродин и предварительный усилитель сигналов промежуточных частот (ПУПЧ). Функциональная схема первого преобразователя частоты (ПрЧ) показана на рис. 13.11.

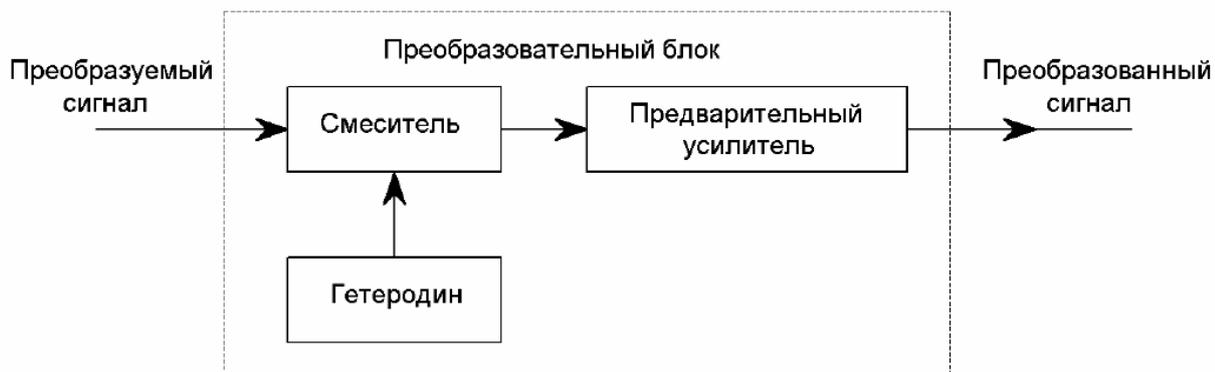


Рис. 13.11. Функциональная схема первого преобразователя частоты.

Принимаемые со спутников электромагнитные волны СВЧ - диапазона наводят в зонде, находящемся в прямоугольном волноводе, электрические сигналы этих же частот, которые затем усиливаются и в первом смесителе преобразовываются в сигналы диапазона частот 950...1750 (2150) МГц. Ширина полосы частот после первого преобразования, как видно, составляет 800 (1200) МГц и поэтому все 40 выделенных частотных телевизионных каналов в нём помещаются. Выбор телевизионного канала осуществляется из этого диапазона частот. Расстояние по частоте

между несущими частотами соседних каналов составляет 19,18 МГц.

Первый гетеродин генерирует сигнал одной фиксированной частоты. Основное требование к нему – обеспечение высокой стабильности частоты генерируемого сигнала. Однако его нестабильность не лучше  $\pm 1,0$  МГц. Для приёма цифровых многопрограммных передач нестабильность частоты гетеродина внешнего устройства должна быть не хуже  $\pm 0,35$  МГц. На практике приём цифровых передач ведётся с обычными конверторами, у которых нестабильность частоты гетеродина достигает  $\pm 1,0$  МГц. Учитывая, что первый гетеродин находится на открытом воздухе (размещён на антенне) и подвержен влиянию больших колебаний температуры, применяются конструктивные меры для уменьшения нестабильности: термостабилизация, герметизация, применение диэлектрических резонаторов и т.п.

Приём сигналов СВЧ диапазона 10,7... 11,7 ГГц или 11,7... 12,75 ГГц осуществляется переключением гетеродинов.

Усилитель сигналов промежуточных частот обеспечивает усиление по напряжению (а последний его каскад – и по мощности) преобразованного сигнала. Для качественного телевизионного изображения необходимое усиление порядка (50 ÷ 60) дБ в такой широкой полосе частот с одним каскадом получить трудно, поэтому предварительный УПЧ (ПУПЧ) выполняется обычно трёхкаскадным. Это последний функциональный узел конвертора. К нему высокочастотным коаксиальным кабелем подключается внутренний блок – спутниковый телевизионный приёмник (ресивер).

При наличии двух конверторов наружный блок с ресивером соединяется двумя коаксиальными кабелями. Удельное затухание сигнала в кабеле не должно превышать 0,3 дБ/м. Однако затухание сигнала в нём неравномерно по всему диапазону: наибольшее затухание сигнала происходит в верхней части частотного диапазона 950...2150 МГц. Поэтому при большой длине кабеля для компенсации затухания могут применяться специальные усилители-корректоры, у которых усиление растёт с

увеличением частоты. Таким образом, производится выравнивание передаточной характеристики конвертора.

**Блок управления наведением антенны на спутник (позиционер)** даёт возможность ориентировать антенну на различные спутники. Исполнительным узлом поворота зеркала является **актуатор**. Датчиком положения (позиции) антенны служит электронная оптопара или герконовое реле. Импульсы с него подаются на сравнивающее устройство, на которое также подаются импульсы управления от запоминающего устройства, расположенного в ресивере. В случае несовпадения количества импульсов появляется сигнал рассогласования и подаётся команда на поворот антенны. В запоминающее устройство могут быть предварительно занесены позиции спутников, ретранслирующие телевизионные и радиовещательные программы. Иногда для ориентирования антенны используется **супермоут**. В отличие от актуатора, он не имеет ограничений при повороте антенны вокруг своей оси. Он рассчитан на небольшие ветровые нагрузки и используется в конструкциях с небольшими антеннами (до 130 см в диаметре).

**Питание конвертора.** Постоянное напряжение +12 В подаётся по центральному проводу коаксиального кабеля из ресивера. В конверторе это напряжение преобразуется в двуполярное. Основное требование к питающему напряжению – его высокая стабильность.

### **Ресивер спутникового радиоприёмного устройства.**

Структурная схема ресивера показана на рис.13.12, где:

- 1 – устройство переключения (выбора) сигналов поляризации;
- 2 – полосовой фильтр перестраиваемый (или неперестраиваемый);
- 3 – предварительный усилитель первой промежуточной частоты 950... 1750 (2150) МГц;
- 4 – второй гетеродин;
- 5 – второй смеситель;
- 6 – полосовой фильтр сигналов второй ПЧ;
- 7 – усилитель сигналов второй ПЧ;

- 8 – полосовой фильтр, переключаемый на полосу 27 или 36 МГц, или регулируемый;
- 9 – амплитудный ограничитель;
- 10 – широкополосный частотный демодулятор;
- 11 – каскад АПЧГ;
- 12 – каскад АРУ;
- 13 – узел управления выбором поляризации;
- 14 – блок выбора частотного канала (программы);
- 15 – блок управления полосой фильтра;
- 16 – индикатор грубой настройки на выбранный канал;
- 17 – блок включения АПЧГ;
- 18 – индикатор точной настройки на выбранный канал.

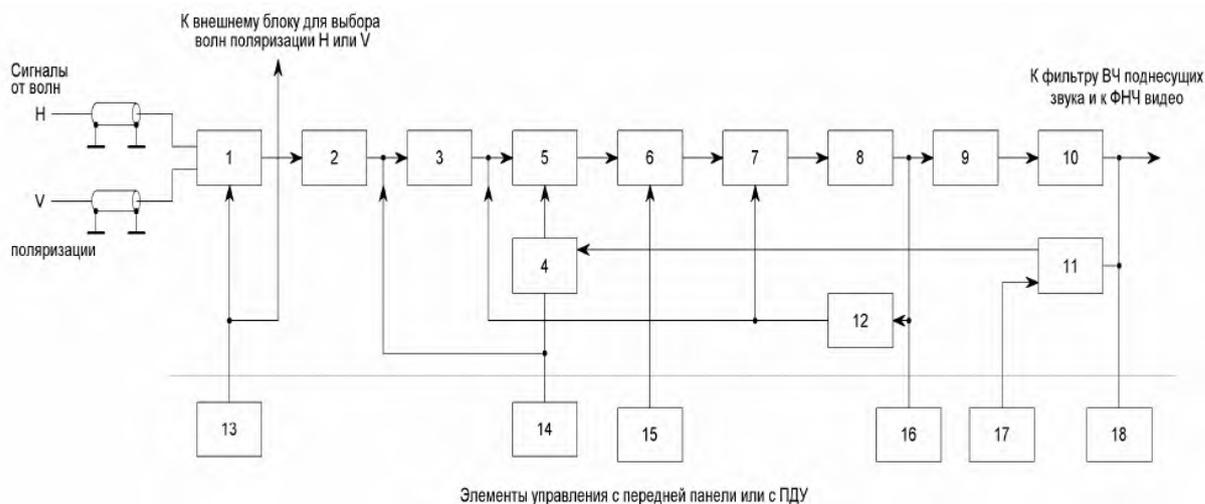


Рис. 13.12. Структурная схема спутникового телевизионного ресивера.

После усиления в предварительном УПЧ на первой промежуточной частоте сигнал из конвертора поступает на вход внутреннего блока, называемого «ресивером». В ресивере сигнал усиливается на первой промежуточной частоте (в УПЧ-1), после чего производится второе преобразование частоты.

Значение второй ПЧ выбирается, исходя из требований защиты от помех по зеркальному каналу второго гетеродина. Выбор частотного канала (телевизионной программы) осуществляется с блока управления перестройкой частоты второго гетеродина и одновременной перестройкой включённого

на его входе полосового фильтра, который отфильтровывает сигналы других частотных каналов, также поступающих на вход, но являющиеся уже помехой. Перестраиваемый полосовой фильтр на входе ресивера определяет избирательность по соседнему каналу.

В качестве второй промежуточной частоты выбирается либо  $f_{\text{ПР2}} = 479,5$  МГц (Европейский стандарт), либо  $f_{\text{ПР2}} = 612$  МГц (стандарт США). После второго преобразования производится основное усиление сигнала на второй промежуточной частоте (в УПЧ-2). С выхода УПЧ-2 усиленный на второй промежуточной частоте сигнал подаётся на демодулятор (ДЕМ). В качестве демодулятора обычно используют частотные детекторы с обратной связью по частоте. Такие демодуляторы позволяют продетектировать малые по уровню ЧМ-сигналы.

В современных системах спутникового ТВ-вещания предусмотрена частотная модуляция комплексным ТВ-сигналом. Комплексный модулирующий ТВ-сигнал состоит из видеосигнала с сигналом дисперсии и частотномодулированной поднесущей звукового сопровождения. Необходимость введения в комплексный модулирующий сигнал сигнала дисперсии объясняется следующим.

Для осуществления электромагнитной совместимости спутниковых систем связи с наземными радиосистемами важна не только полная мощность сигнала, принимаемого от ИСЗ, но и распределение спектральной мощности этого сигнала по частоте. При передаче ТВ-сигналов методом частотной модуляции имеются явно выраженные максимумы в спектре сигнала. Они обусловлены наличием в ТВ-сигнале длительное время не изменяющихся сигналов. Это уровни синхроимпульсов, гасящих импульсов, а также сигналов изображения с постоянной яркостью. С целью ослабления таких участков спектра применяют искусственное рассеяние мощности сигнала по спектру, называемое *дисперсией* сигнала. Для этого несущая дополнительно модулируется по частоте сигналами треугольной формы с частотой 25 Гц.

На приёмной стороне возникает обратная задача – убрать сигнал дисперсии, так как при его наличии возможно нарушение синхронизации кадровой развертки. Кроме того, сигнал дисперсии проявляется на изображении в виде штрихов, для подавления которых применяются схемы фиксации уровня чёрного.

После демодулятора видеосигнал поступает на компенсатор дисперсии (КОМП. ДИСП.). Сигнал дисперсии исключается из видеосигнала с помощью схем фиксации уровня.

На выходе демодулятора получается сигнал изображения в стандарте PAL или SECAM совместно с сигналами звукового сопровождения на несущей звука. Из сигналов цветности выделяются видеосигналы основных цветов  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  или ЦРС  $E_{R-Y}$ ,  $E_{G-Y}$ ,  $E_{B-Y}$  в декодирующем устройстве (ДК). Эти сигналы через универсальный разъём «SCART» подаются на вход ТВ-приёмника. Для телевизоров ранних поколений, не имевших такого разъёма, ресивер снабжают *«ремодулятором»* – устройством, которое формирует стандартный ТВ-сигнал в метровом или дециметровом диапазоне.

### ***Второй преобразователь частоты.***

Второй преобразователь частоты имеет в своём составе второй смеситель, второй гетеродин и усилитель сигналов второй промежуточной частоты.

Функциональное и конструктивное построение преобразователя зависит от функций, выполняемых ресивером. Он должен:

- выбирать частотные каналы из полосы частот  $\Delta f = 800$  МГц;
- иметь высокую избирательность по соседнему спутниковому частотному каналу;
- обеспечить усиление сигналов второй промежуточной частоты не менее 80 дБ.

Структура ресивера во многом определяется величиной промежуточной частоты (ПЧ). В общем случае сигналы из диапазона 950... 1750 МГц второй преобразователь конвертирует

в сигналы второй ПЧ, величина которой может быть любой: 70; 134,2; 479,5; 612 МГц или регулируемой. В более поздних моделях из-за применения демодуляторов с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) значение второй ПЧ в странах Европы выбрано 479,5 МГц, что равно 25-кратному значению несущей ( $25 \cdot 19,18$  МГц) спутникового частотного канала. В странах американского континента значение второй ПЧ выбрано 612 МГц.

Усилитель сигналов второй ПЧ представляет собой широкополосный резистивный усилитель с автоматической регулировкой усиления (АРУ). Чаще всего его выполняют двух-трёхкаскадным, с глубокой отрицательной обратной связью, обеспечивающей равномерное усиление во всей полосе частот.

Гетеродин второго преобразователя охвачен цепью автоматической подстройки частоты (АПЧ). Применение АПЧ здесь необходимо, так как для эффективной работы демодулятора стабильность частоты первого гетеродина, расположенного во внешнем блоке, как уже говорилось, недостаточна ( $\pm 1,0$  МГц). АПЧ используется для обеспечения более высокой стабильности второй промежуточной частоты, на которую настраивается "нулевая" частота дискриминатора. Сигнал рассогласования с частотного демодулятора подаётся на варикап, включённый в высокочастотный контур гетеродина, и изменяет ёмкость контура в сторону уменьшения ошибки при отклонении частоты.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ) выравнивает уровень сигнала внутри диапазона частот 950... 1750 (2150) МГц при приёме сигналов с различными уровнями от различных спутников. Для этого сигнал с выхода частотного демодулятора дополнительно детектируется, усиливается и с некоторой постоянной времени (задержкой) подаётся на входы усилительных каскадов второй ПЧ. Выравнивание уровня сигнала регулируется изменением коэффициентов усиления этих каскадов.

Полосовой фильтр перед демодулятором предназначен для подавления сигналов комбинационных частот, возникающих при ограничении сигнала, и определяет ширину частотной полосы

канала приёма. При приёме со спутников частотная полоса фильтра выбирается переключателем: 27 МГц, 36 МГц или может быть регулируемой плавно или ступенчато.

### **Широкополосный частотный демодулятор.**

Он предназначен для преобразования принимаемого широкополосного частотно-модулированного сигнала, несущего информацию, в амплитудный сигнал с более узкой частотной полосой, без изменения его первоначального спектра.

Частотные демодуляторы характеризуются демодуляционным порогом, т.е. порогом помехоустойчивости, который является важным параметром ресивера. От демодуляционного порога зависит чувствительность ресивера, т.е. то минимальное значение отношения сигнал/шум на входе демодулятора, при котором принимается изображение удовлетворительного качества.

Частотные демодуляторы определяют также ширину частотной полосы и амплитуду выходного сигнала. Для демодуляции принятого со спутника и многократно преобразованного частотно-модулированного сигнала можно применять различные типы демодуляторов. Демодулятор должен иметь:

- высокую линейность амплитудно-частотной характеристики, при которой сохраняется спектр демодулированного полезного сигнала и исключается появление искажений;
- необходимую ширину полосы частот;
- низкий демодуляционный порог, от которого зависит величина отношения сигнал/шум на выходе (при заданной частотной полосе на входе), что определяет качество принимаемого видеоизображения и звука в аналоговой системе.

Частотный демодулятор (рис. 13.13) состоит из:

- амплитудного ограничителя и полосового фильтра с полосой пропускания 27 или 36 МГц (или регулируемой).

Он включается на входе дискриминатора для подавления сигналов комбинационных частот, образующихся при ограничении амплитуды частотно-модулированной несущей до требуемого уровня;

- дискриминатора с амплитудно-частотной характеристикой высокой линейности;
- ФНЧ для подавления высокочастотных составляющих, лежащих выше выбранной его частоты среза.

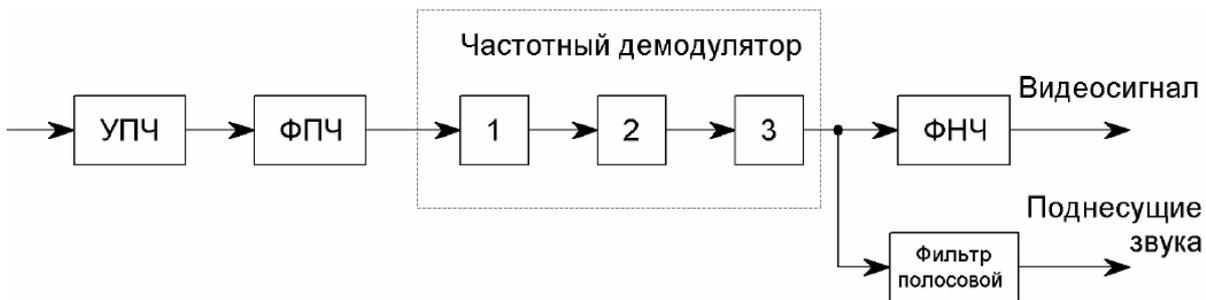


Рис. 13.13. Структурная схема частотного демодулятора: 1 - амплитудный ограничитель; 2 - полосовой фильтр; 3 – частотный дискриминатор; ФНЧ - фильтр низких частот видеосигнала; УПЧ – усилитель второй промежуточной частоты; ФПЧ – фильтр промежуточной частоты.

В типовых демодуляторах средняя частота полосового фильтра ПЧ и "нулевая" частота дискриминатора всегда совпадают. Они настраиваются точно на немодулированную несущую, частота которой при приёме в аналоговой системе в ранних моделях может быть равной 70 МГц или 134,26 МГц, а в более поздних – 479,5 или 612 МГц.

При появлении на входе дискриминатора немодулированной несущей напряжение на его выходе равно нулю. Если на вход дискриминатора подаётся частотно-модулированная несущая, то при отклонении её частоты в любую сторону от "нулевой" на его выходе появляется напряжение, пропорциональное отклонению (девиации) частоты, соответствующей полярности и амплитуды.

Максимально возможная амплитуда на выходе зависит от ширины и крутизны выходной амплитудно-частотной характеристики дискриминатора. Ширина полосы частот дискриминатора определяется расстоянием на частотной оси между горбами характеристики. Для работы выбирается только её линейный участок. В общем случае полоса частот дискриминатора должна быть равна или немного превышать удвоенную девиацию частоты несущей.

Выходное напряжение дискриминатора не должно зависеть от амплитуды ЧМ-несущей, подаваемой на его вход, так как это увеличивает нелинейные искажения выходного сигнала и снижает помехоустойчивость демодулятора. Однако в частотных дискриминаторах такая зависимость реально существует и проявляется весьма заметно, чего нельзя допускать. Поэтому типовые демодуляторы имеют высокоэффективный амплитудный ограничитель для ограничения амплитуды модулированной несущей, если она превышает установленный уровень. Это обеспечивает подачу на вход дискриминатора несущей только определённого уровня.

## 14. КАБЕЛЬНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Системой кабельного телевидения (СКТ) называется система, включающая в себя технические средства и кабельные линии связи, обеспечивающая услуги связи телевидения, радиовещания и другие сообщения электросвязи. На рисунке 14.1. представлена обобщенная структурная схема системы кабельного телевидения.

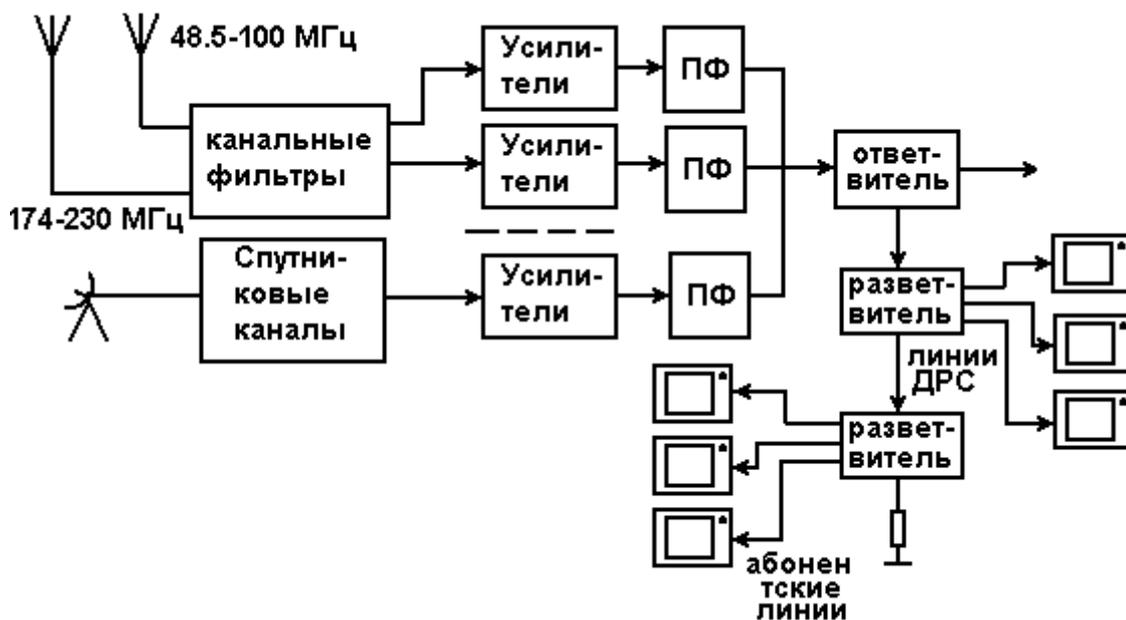


Рис.14.1. Обобщенная структурная схема СКТ.

СКТ по сравнению с эфирным телевидением имеет следующие преимущества:

- сигналы в коаксиальных кабелях не подвержены влиянию от мешающих радиостанций и других мешающих излучений, что позволяет смотреть передачи с высоким качеством;
- более широкий частотный ресурс (48,5- 840 МГц) позволяет передавать до 120 телевизионных программ;
- простота создания обратного канала для создания систем интерактивного телевидения;
- возможность передачи дополнительной информации и Интернета и цифровой телефонии.

Таким образом, помимо чисто технических решений, обеспечивающих широкополосную дуплексную транспортную магистраль, в кабельной сети одновременно работают биллинговая система, система мониторинга сети, служба ремонта, абонентский отдел, персонал центра управления, видеосерверы, серверы информационных ресурсов и пр. Соответственно, более правильно говорить не о сетях, а о системах кабельного телевидения (СКТ).

#### **14.1. Этапы развития систем кабельного телевидения**

СКТ включают в себя следующие подразделения:

- технические телевизионные средства (антенные терминалы, видеосерверы, телестудию, головные станции, оптические и радиочастотные передатчики и приемники, усилители, преобразователи, разветвители, кабели, абонентские розетки и т. д.);
- технические средства жизнеобеспечения (электрогенераторы, установки кондиционирования, системы автоматического пожаротушения и пр.);
- программное обеспечение головных станций, серверов и кабельных маршрутизаторов, программы адресного кодирования, программы мониторинга и управления сетью, биллинговые программы;
- персонал (администрацию, абонентский отдел, диспетчеров, системных администраторов, отдел технической поддержки и ремонта и пр.).

**В системах кабельного ТВ принята следующая терминология:**

**Распределительная сеть** (кабельная распределительная сеть) это совокупность технических средств и устройств головной станции и линейной сети, обеспечивающих передачу радиосигналов в системе кабельного телевидения. Входом распределительной сети является вход головной станции,

выходом распределительной сети - выход абонентской розетки.

**Головная станция** - совокупность технических средств и устройств, обеспечивающих усиление, преобразование и формирование радиосигналов телевидения, радиовещания, обработку других радиосигналов, - часть кабельной распределительной сети.

**В соответствии с классом системы** кабельного телевидения головные станции подразделяют на **центральную, узловую и местную**. Головная станция включена между выходами источников сигналов и входом линейной сети.

**Центральная головная станция:** станция региональной кабельной распределительной сети, включенная между выходами источников сигналов и входом волоконно-оптической транспортной сети.

**Узловая головная станция:** станция городской кабельной распределительной сети, включенная между выходом транспортной сети (выходами источников сигналов) и входом волоконно-оптической или коаксиальной магистральной сети.

**Местная головная станция:** станция местной (районной) кабельной распределительной сети, включенная между фидерами снижения приемных антенн (выходами источников сигналов) и входом магистральной (домовой) сети.

**Линейная сеть:** Совокупность технических средств и устройств, волоконно-оптических и коаксиальных кабельных линий, обеспечивающих однонаправленную передачу радиосигналов телевидения и радиовещания между выходом головной станции и выходом абонентской розетки и двунаправленную передачу других радиосигналов в кабельной распределительной сети.

**Транспортная сеть:** Совокупность технических средств, устройств и кабельных линий линейной сети между выходом центральной головной станции и входами узловых головных станций.

**Магистральная сеть:** Совокупность технических средств, устройств и кабельных линий линейной сети между выходом узловой головной станции (местной головной станции) и

домовыми вводами.

**Домовая сеть:** Совокупность технических средств, устройств и кабельных линий линейной сети между домовым вводом и выходом абонентской розетки.

**Абонентская сеть:** Совокупность технических средств, устройств и кабельных линий, обслуживающих одного абонента в пределах занимаемой им площади жилого или общественного здания.

В кабельных сетях для передачи сигналов аналогового телевидения в диапазоне УВЧ выделены каналы с 21 по 69 включительно, которым соответствует частотный интервал 470 ... 862 МГц. Кроме того, во многих системах кабельного телевидения в диапазоне УВЧ используется также частотный интервал 302 ... 470 МГц, в котором при полосе пропускания радиоканала 8 МГц можно разместить  $(470 - 302) \text{ МГц} / 8 \text{ МГц} = 21$  специальный ТВ-канал С18,..., С39 с частотной структурой радиовещательного телевидения.

Нумерация ТВ-каналов в диапазонах ОВЧ и УВЧ приведена в таблице 14.1.

Таблица 14.1.

**Нумерация ТВ-каналов в диапазонах ОВЧ и УВЧ**

Диапазоны	Полоса частот, МГц	Номера ТВ-каналов
<b>ОВЧ</b>		
I диапазон	48 ... 68	1-й и 2-й
II диапазон	76 ... 100	3,4 и 5
1-й специальный поддиапазон	110 ... 174	Специальные каналы: С1, ... С8
III диапазон	174 ... 230	6, ..., 12
2-й специальный поддиапазон	230 ... 302	Специальные каналы: С9, ..., С17

<b>УВЧ</b>		
3-й специальный поддиапазон	302 ... 470	Специальные каналы: С18, ..., С39
IV диапазон	470 ... 582	21, ..., 34
V диапазон	582 ... 790	35, ..., 60
	790 ... 862	61, ..., 69
	862 ... 958	70, ..., 81

Исторически, первыми СКТ были кабельные сети, называемые «антенна на подъезд». Рассмотрим возможные варианты построения СКТ для подъезда 5-этажного дома. Первый вариант задачи распределения сигналов от коллективной антенны можно решить следующим образом: с помощью 5-отводного распределителя («делитель» и «сплиттер») разделить сигнал на пять частей, провести индивидуальные кабели на каждый этаж и затем на каждом этаже использовать 4-отводные распределители. Такой вариант разводки приведен на рис. 14.2, а. Очевидно, что в данном случае 5-отводный распределитель лучше установить не у антенны, а на третьем этаже, так как это позволит экономнее расходовать кабель и провести равномерное деление сигналов с высоким КПД для всех абонентов. Разводка, приведенная на рис. 14.2, а, требует использования делителей сигнала с высокой развязкой между выходами. К ее достоинствам можно отнести возможность установки режекторных фильтров для закрытия некоторых групп каналов в одном месте, защищенном от несанкционированного доступа.

Более распространенной является СКТ с использованием направленных ответвителей (НО). В этом случае с крыши до первого этажа проложен один коаксиальный кабель, на каждом этаже он проходит через блок направленных ответвителей, через которые ответвляются сигналы в квартиры каждого этажа. С точки зрения получения высокого КПД ответвители на разных

этажах должны иметь различные коэффициенты переходного затухания (ответвления). На пятом этаже должны использоваться ответвители с более слабой связью, а по мере уменьшения номера этажа (вплоть до второго) — с более сильной связью.

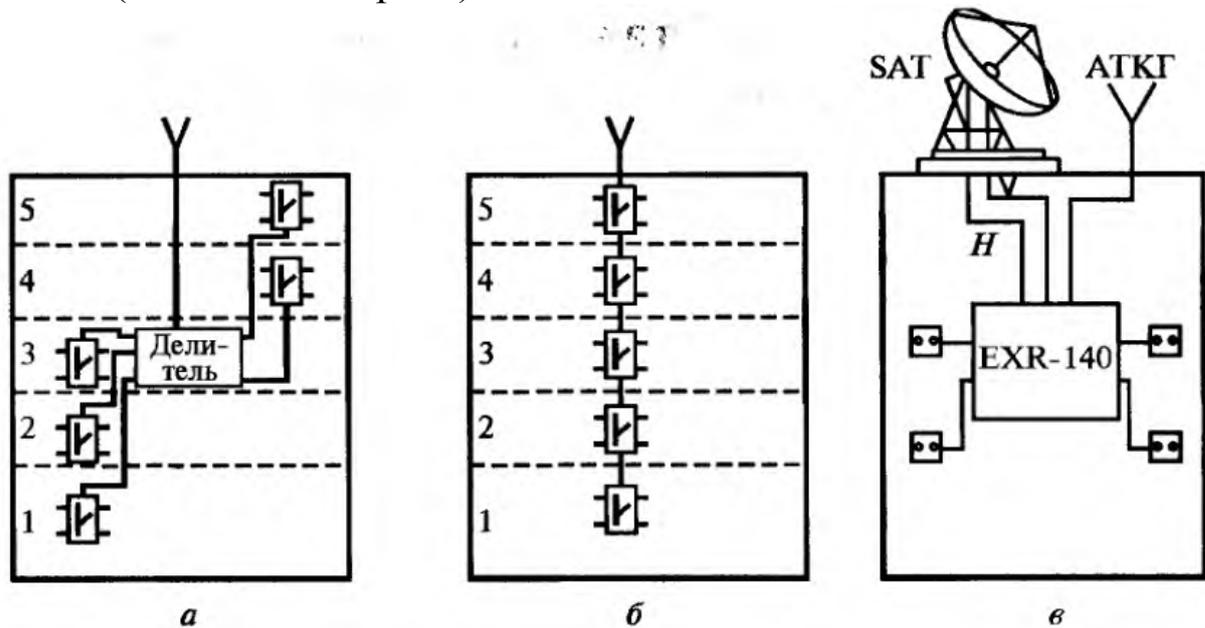


Рис. 14.2. Системы коллективного приема телепрограмм:  
*а* — антенна на подъезд с использованием делителей; *б* — антенна на подъезд с использованием ответвителей; *в* — SMATV-система

Наконец, на первом этаже необходимо применить 4-х отводный распределитель с минимальными потерями на отводах. Такая схема разводки изображена на рис. 14.2,б. Так как при использовании этой схемы требуется коаксиальный кабель примерно вдвое меньшей длины, чем для предыдущей, она получила более широкое применение. На практике обычно применяют ответвители с переходным затуханием порядка 10% (10 дБ по мощности). Использование ответвителей данного типа возможно только в условиях низко- и среднеэтажной застройки (до девяти этажей) и совершенно недопустимо при строительстве телевизионных сетей в домах с большей этажностью.

Следующим этапом развития СКТ явился ее вариант «одна антенна на дом». Например, на жилом 18-этажном доме установлена одна коллективная антенная система, от которой сигнал поступает в 50-150 квартир. По подобным СКТ до

абонентов транслируются как метровые, так и дециметровые каналы. Могут добавляться каналы от собственной видеостудии либо ремодулированные спутниковые каналы. В таких СКТ необходимо использовать широкополосные усилители, распределители и ответвители, коаксиальные кабели с низкими потерями и высоким коэффициентом экранирования.

Высокие требования по экранированию для СКТ с прямым усилением необходимы для того, чтобы внутри кабельной разводки распределялись лишь сигналы, подаваемые от антенного усилителя. Слабое экранирование может привести к следующему. Допустим, что от усилителя (или от головной станции прямого усиления) к абоненту поступает сигнал по кабелю длиной 30...60 м (т. е. сигнал доходит с задержкой), одновременно на фрагмент кабеля вблизи телевизора из эфира на тех же частотах наводятся паразитные сигналы. Вследствие этого из-за разности фаз сигналов изображение на экране телевизора будет повторяться (такой эффект называют «повтором слева»). Даже при тщательном экранировании элементов СКТ, если абонентская разводка выполнена с использованием некачественного кабеля, паразитные наводки испортят ТВ изображение не только этому абоненту, но и соседним. Таким образом, СКТ для домов теоретически можно реализовать путем усиления эфирных сигналов, распределяя их по хорошо экранированной кабельной сети. СКТ прямого усиления используют для коттеджей, офисных зданий, небольших гостиниц и пр. Помимо приема эфирного телевидения можно одновременно осуществлять прием спутниковых телепрограмм от одной-двух параболических антенн (в зарубежной литературе для описания таких систем коллективного приема используется термин *Satellite Master Antenna TV — SMATV*). В SMATV сигналы спутниковых телепрограмм, поступающие от двух конверторов или от сдвоенного конвертора (сигналы горизонтальной и вертикальной поляризации), поступают в кабельную сеть в частотном интервале 0,9...2 ГГц, т. е. в диапазоне первой промежуточной частоты, как это принято в стандартной системе индивидуального спутникового телевизион-

ного приема. В этой же кабельной сети присутствуют сигналы телеканалов эфирного телевидения. Для каждого абонента используется отдельный индивидуальный ресивер, в котором на центральную жилу кабеля подается постоянное напряжение 14 или 18 В. Такое напряжение является управляющим для специального коммутатора (мультисвича), дистанционно подключающего конкретного абонента к сигналам нужного конвертора. При распределении по SMATV сигналов от четырех конверторов (двух сдвоенных конверторов или одного счетверенного) в качестве дополнительного информационного сигнала от ресиверов абонентов по центральной жиле коаксиала должен подаваться дополнительный сигнал 22 кГц. Этот сигнал дает информацию мультисвичу о номере выхода конвертора. Опубликованы данные о сетях SMATV с 64 абонентами. Вариант разводки такой сети для 4-квартирного коттеджа приведен на рис. 14.2, в.

Дальнейшим логическим развитием СКТ явились сети, охватывающие районы и целые города. При построении крупных СКТ целесообразно передавать по оптоволокну телепрограммы от центральной головной станции (ЦГС) к узловым головным станциям (УГС). Каждая УГС обслуживает одну или несколько групп (кластер, кабельный куст) из 500-1000 абонентов (число абонентов в кластере не является заранее заданным и определяется на стадии проектирования). СКТ, использующие и оптоволоконные, и коаксиальные тракты, принято называть **гибридными** - оптокоаксиальными (в зарубежной литературе их называют HFC — Hybrid Fiber Coaxial). Далее будем пользоваться термином гибридные СКТ. В настоящее время это самая распространённая кабельная сеть, применяющаяся для передачи и распределения телевизионных сигналов от приёмного узла до абонентов, включая одиночных потребителей и группы различного масштаба. Данная сеть широко распространена в Европе, США и других развитых странах. На рисунке 14.3. представлена структура современной гибридной сети.

В данной сети одна центральная головная станция соединяется волоконно-оптическими линиями связи с

несколькими местными головными станциями, которые через собственные оптические узлы обслуживают локальные оптокоаксиальные сети, охватывающие от десятков до нескольких тысяч абонентов каждая.

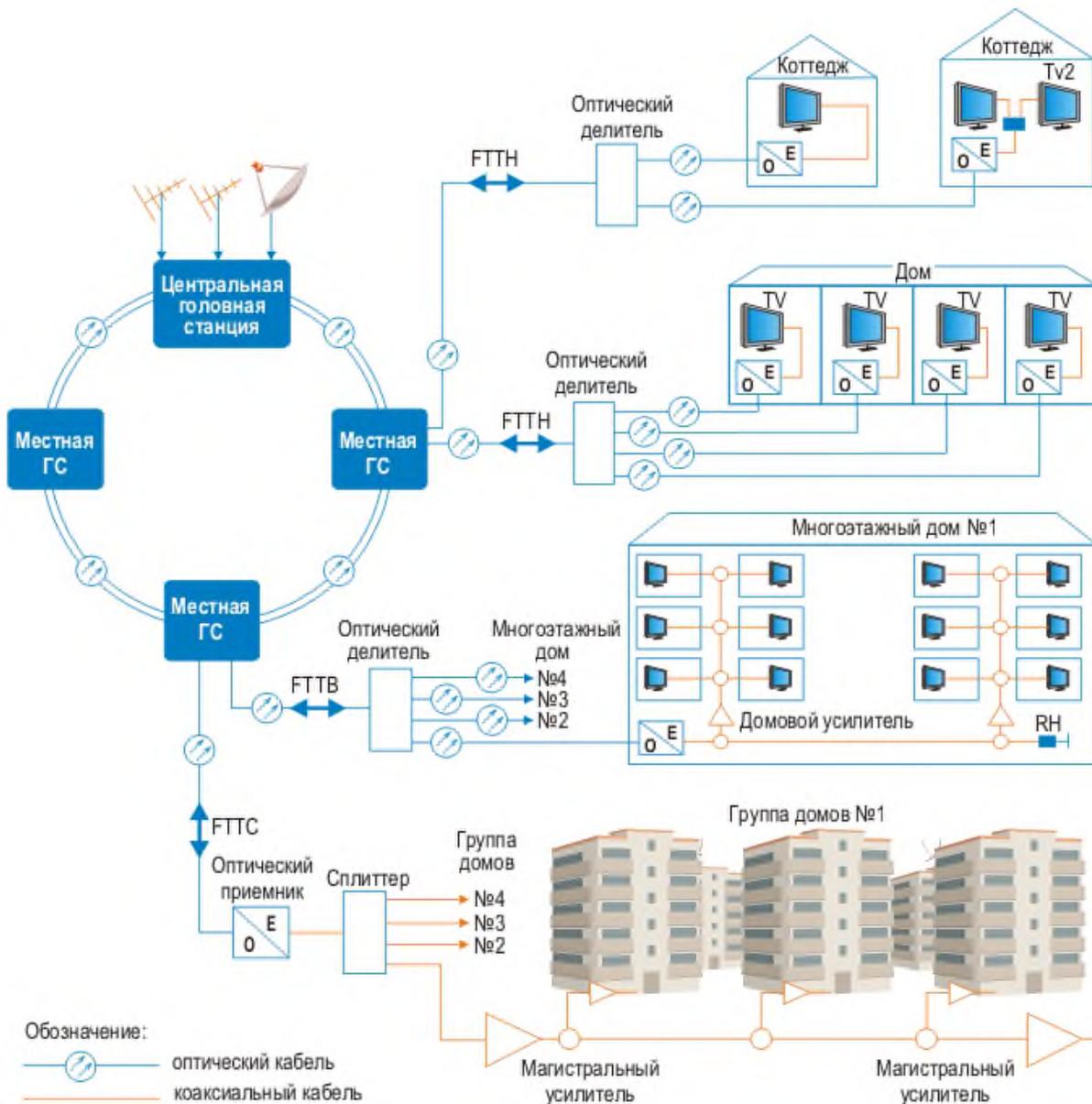


Рис. 14.3. Структура современной гибридной сети (HFC)

Принцип построения подобных магистралей основывается на том, что самые широкополосные и протяжённые магистрали строятся на волоконно-оптических кабелях, а сети, приближенные к домам, как и в самих домах — на коаксиальных. Гибридные оптокоаксиальные сети позволяют довести до

абонентов телевизионные программы метровых (МВ) и дециметровых (ДМВ) диапазонов (в полосе 47...862 МГц), радиовещательные программы (в полосе 76...108 МГц), а при необходимости предоставят расширенный сервис — платное аналоговое и цифровое телевидение. Сеть может быть уплотнена сигналами передачи данных высокоскоростного Интернета и телефонией. Суммарные цифровые потоки могут достигать скоростей 2,5...10 Гбит/с, что гарантирует передачу сотен цифровых телевизионных и радиовещательных программ. Важной особенностью гибридных сетей является возможность их превращения в интерактивные гибридные сети, позволяющие реализовывать комплекс интерактивных услуг. Такая трансформация возможна благодаря организации обратных каналов, для которых должна отводиться полоса 5...30 МГц.

Как видно из рис.14.3, самая широкополосная транспортная магистраль сети НФС соединяет местные головные станции с центральной головной станцией по кольцу, построенному на волоконно-оптических кабелях. Центральная головная станция обычно включает в свой состав пост из приёмных эфирных антенн и пост антенн спутникового приёма, сигналы которых вводятся с помощью головной станции в общую магистраль. Здесь же может располагаться оборудование операторов, предоставляющих различные платные услуги. Центральная головная станция может иметь транспортное оптоволоконное кольцо более высокого уровня, соединяющее головные станции подобного ранга.

Местные головные станции распределяют информационные потоки транспортной магистрали среди групп абонентов, объединённых в различные древовидные структуры. В подобных структурах применяется встречная передача независимых сигналов по одному оптическому кабелю. При этом с помощью оптических делителей и ответвителей из общего потока выводится часть мощности и/или вводится другой оптический сигнал. Для построения такой сети на разных участках применяются волоконно-оптический и , коаксиальный кабели, а также витая пара.

Существенный качественный скачок в развитии СКТ произошел после создания технологии передачи через сети информации от абонентов в сторону головной станции, т. е. когда СКТ стали интерактивными.

Рассмотрим укрупненную схему гибридной СКТ в масштабе района, т. е. построенную как на коаксиальных кабелях, так и с использованием волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Она представлена на рис 14.4.



Рис 14.4. Общая структура гибридной СКТ.

В данном случае сеть выполнена на волоконно-оптическом и коаксиальном кабелях. В магистральной и субмагистральных коаксиальных частях СКТ используют кабель большого диаметра, имеющий малые потери (не хуже 0,07 дБ/100 м). Общая протяженность такого кабеля может составлять 2...3 км. Поскольку при изменении окружающей температуры затухание сигналов в коаксиальном кабеле может сильно измениться, что СКТ окажется неработоспособной, часто магистральные усилители снабжают системами автоматической регулировки усиления (АРУ) и автоматической регулировки наклона усиления (АРНУ). Для работы АРУ и АРНУ с головной станции на двух

разнесенных частотах передают эталонные узкополосные пилот-сигналы, которые используются для регулировки работы усилителей.

При построении гибридной сети соединения между ЦГС и УГС выполняется с помощью оптического кабеля. Эти участки называют **транспортной сетью**. От УГС строят либо **гибридные, либо коаксиальные** распределительные сети. По оптическим субмагистралям сигнал подается от УГС до оптических узлов (ОУ). Далее от ОУ строится коаксиальная распределительная сеть. Коаксиальную разводку от ввода в дом до абонентов можно производить с использованием обычных коаксиальных кабелей, соответствующих усилителей, распределителей, ответвителей и пр. Эту часть СКТ называют **домовой распределительной сетью (ДРС)**.

**Коаксиальные кусты (кластеры)** представляют собой небольшие телевизионные распределительные сети на ряд зданий. Количество абонентов в кластере зависит от необходимости предоставления интерактивных услуг какой-то части абонентов (обычно не более 25 % абонентов подписываются на интерактивные услуги) и обеспечения информационного потока как в прямом, так и в обратном направлениях.

*При этом **Информационным потоком в прямом направлении** называют поток информации, поступающий от ГС к абонентам, а **информационным потоком в обратном направлении** — поток информации от абонентов к ГС. Диапазон частот, который применяют для передачи информационного потока в прямом направлении, называют **прямым каналом**, а диапазон частот для передачи информационного потока от абонента — **обратным**.*

ВУ цифровых системах кабельного ТВ стандартные MPEG-телесигналы преобразуются для передачи в IP-сети (IP — Internet Protocol). Основная система включает формирователь потоков головной станции и энкодеры, преобразующие MPEG-4 в цифровой поток для IP-передачи. На ГС установлено программное обеспечение (ПО) для обслуживания абонентов.

Система обслуживания абонентов контролирует каждую абонентскую приставку (STB), обеспечивает подписку на каналы, открывает/закрывает каналы для каждого абонента, поддерживает электронные платежи, отправку сообщений. Изначально в STB не загружено никакого ПО. Когда новый абонент включает STB и получает сигнал, с головной станции загружается последняя версия ПО. Это очень удобно для обновления ПО. Кроме того **Биллинг**овая система рассылает счета абонентам. Если абонент не платит по счету, доступ к услуге закрывается из центра управления сетью (ЦУС).

Следует отметить, что основным недостатком кабельного телевидения является дороговизна прокладки и обслуживания кабельной инфраструктуры, которая должна подводиться к каждому абоненту целого района или города. Поэтому существуют альтернативные системам кабельного телевидения технологии доступа через эфирные СВЧ-сети. Это сети многопрограммного телевидения следующих типов: MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service – многоканальные многоточечные распределительные системы (частоты 2,2...2,7 ГГц)), LMDS (Local Multipoint Distribution Service – локальная многоточечная распределительная система (27 ГГц)) и MVDS (Multipoint Video Distribution Systems – многоточечная видео распределительная система (39...41 ГГц)). Среди них наиболее развито MMDS-вещание. Только в США им охвачено 20 млн абонентов. Системы MMDS наиболее подходят для городов с населением более 500 тыс. человек. Обычно они транслируют до 25 телепрограмм (или соответствующее число цифровых потоков). Зона охвата для MMDS обычно составляет 25 км, но в принципе хороший прием обеспечивается на расстоянии до 40 км.

В интерактивных эфирных СВЧ-системах телевидения передатчики могут находиться и у абонентов. Так, интерактивные системы MMDS обеспечивают телевидение и высокоскоростной доступ в Интернет. При этом в полосе частот одного телеканала гарантируется скорость передачи данных в прямом канале до 50 Мбит/с и в обратном — до 20 Мбит/с.

Причем, к каждому абонентскому комплексу может подключается большое количество клиентов, что позволяет окупить затраты и обеспечить более полную и комплексную загрузку комплектов. Суть подходов к построению интерактивных систем СВЧ-доступа представлена на рис. 14.5, 14.6, где на рис. 14.5 представлена система с обратным доступом по телефону, а на рис.14.6 система и обратным доступом по эфиру.

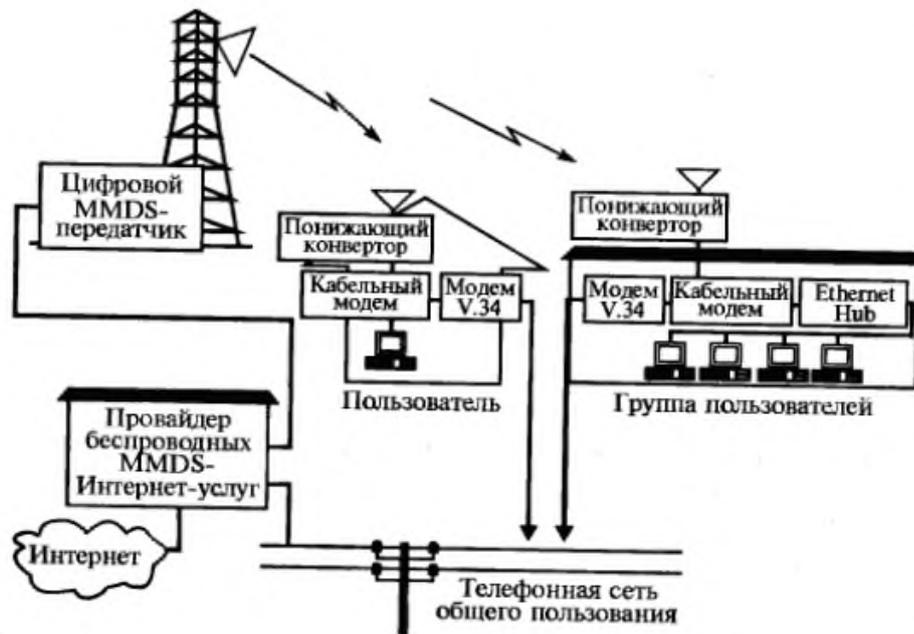


Рис. 14.5. MMDS-система с доступ в Интернет по телефону.



Рис. 14.6. MMDS-система с доступ в Интернет по эфиру.

**К достоинствам MMDS-систем** можно отнести следующее:

1. Они могут быть развернуты за 2-3 недели, и пользователи, купившие абонентские комплекты, сразу получают доступ к многопрограммному телевидению.
2. Первоначальные капитальные затраты на строительство системы MMDS при 20 базовых станциях в радиусе 20 км вокруг телецентра в 3-4 раза меньше, чем для СКТ такого же размера.
3. Не требуется обслуживать линейную распределительную сеть.

**Недостатки систем MMDS:**

1. Зависимость качества двухсторонней связи для удаленных абонентов от метеоусловий.
2. Более высокая, чем для СКТ, совокупная стоимость владения.
3. Абонентская плата для пользователей MMDS обычно выше абонентской платы клиентов СКТ.

Примером отработанной и оптимизированной продукции может сложить интерактивная MMDS-система Axity. В ней одна базовая станция может поддерживать двухстороннюю связь с 8000 абонентов. Программное обеспечение этой системы включает механизмы регулирования полос пропускания всех пользователей с целью поддержания **качества сервиса Quality of Service (QoS)**.

В заключение рассмотрим альтернативный способ построения СКТ, называемый **«волокно до дома»** (FTTB — Fiber To The Building). Учитывая то, что стоимость волоконно-оптических кабелей, оптических передатчиков и оптических приемников постоянно снижается, можно прогнозировать, что идея **«волокно до дома»** в ближайшем будущем будет экономически оправдана.

В волоконно-оптическом кабеле, проходящем до оптического узла здания, используют, как минимум, три

активных волокна. Стоимость кабеля с числом волокон менее восьми меньше, чем стоимость магистрального коаксиального кабеля. По паре волокон обеспечивается канал связи сети с иерархией Ethernet 10/100/1000. К абоненту прокладывается витая пара длиной до 100 м на интерфейсы ЮVasc-T или 100Base-TX. При подключении индивидуальных абонентов рекомендуется полностью отказаться от мультиплексоров и на всех оптических узлах установить исключительно коммутаторы, а все каналы связи делать дуплексными. При этом использование коммутаторов позволяет организовать иерархию по скоростям, вести тарификацию абонентов при их подключении по ЮVasc-T и 100Base-TX, а также использовать более скоростные каналы на магистральных участках сети.

По одному волокну можно передавать широковещательный телевизионный сигнал на домовой оптический приемник-усилитель, обеспечивающий линейный прием этого сигнала с волокна, преобразование оптического сигнала в электрический и передачу его в коаксиальный кабель в полосе частот порядка 1 ГГц. При замене обычной СКТ на FTTB домовой усилитель удаляется, а пассивный фрагмент коаксиального кабеля полосой 300 МГц с цифровым трафиком в стандарте MPEG-2 выше 240 МГц сохраняется. Обратного канала в такой сети нет. В отличие от традиционного построения гибридных сетей, где после оптического узла устанавливаются несколько последовательных коаксиальных усилителей, в FTTB-сети интермодуляционные искажения создают только оптические приемо-передающие устройства. Для системы управления используется интерактивный канал сети Ethernet.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**АЦП** - Аналого-цифровой преобразователь.

**БИХ-фильтр** - Фильтр с бесконечной импульсной характеристикой. То же, что рекурсивный цифровой фильтр.

**БПФ** - Быстрое преобразование Фурье. Так называются алгоритмы ускоренного выполнения ДПФ.

**Буферное ЗУ** - Запоминающее устройство для временного хранения данных. В частности, в кодерах и декодерах MPEG используется для согласования этих устройств с каналом передачи кодированных видеоданных с постоянной скоростью.

**Вектор движения (Вектор смещения)** - Пара чисел, выражающих найденные в результате оценки движения смещения блока изображения по двум пространственным координатам.

**Векторное квантование** - Замена группы отсчетов сигнала или группы элементов изображения на наиболее близкую по заданному критерию группу отсчетов (элементов), называемую эталонным вектором. Все эталонные векторы предварительно занесены в кодовую книгу.

**Видеоконференцсвязь** - Система видеосвязи, обеспечивающая обмен в реальном времени видеоинформацией и звуком между несколькими абонентами.

**Вейвлет-преобразование** - Ортогональное одномерное или двумерное преобразование, в результате которого исходный сигнал разделяется на составляющую с низкой разрешающей способностью и составляющую с высокой разрешающей способностью.

**Гамма-коррекция** - Нелинейное преобразование телевизионных сигналов, выполняемое с целью коррекции нелинейностей передаточных характеристик различных узлов телевизионной системы, например, кинескопа. Одновременно гамма-коррекция способствует уменьшению влияния квантования на качество изображения.

**Деквантование** - Операция, обратная квантованию. В результате деквантования увеличивается число уровней квантования,

которыми представляются значения отсчетов цифрового сигнала или другой информации.

**Декомпрессия** - Операция, обратная компрессии.

**Дематрицирование** - Операция, обратная матрицированию. Исходные сигналы вычисляются как суммы взятых с определенными коэффициентами сигналов, полученных при матрицировании.

**Демодуляция** - Операция, обратная модуляции. В результате демодуляции (часто называемой детектированием) восстанавливается модулирующий сигнал.

**Депережежение** - Операция, обратная пережежению. Восстановление исходного порядка следования элементов информации.

**Дискретная частота** - Частота дискретного сигнала, измеряемая в долях частоты дискретизации.

**ДКП** - Дискретное косинусное преобразование.

**ДПФ** - Дискретное преобразование Фурье.

**ИКМ** - Импульсно-кодовая модуляция (англ. PCM). Способ передачи информации в цифровой форме. Цифровой код каждого отсчета сигнала передается по каналу связи в виде последовательности импульсов.

**Интерполяция** - 1. Преобразование дискретного сигнала в непрерывный, путем заполнения по определенному правилу промежутков времени (или в случае изображений - пространства) между отсчетами дискретного сигнала. 2. Увеличение количества отсчетов дискретного сигнала путем введения между отсчетами исходного дискретного сигнала дополнительных отсчетов, значения которых определяются по заданным правилам.

**Кадр 1.** В телевидении кадрами называются передаваемые и воспроизводимые одно за другим неподвижные изображения. Если частота передачи кадров достаточно велика, зритель воспринимает наблюдаемое изображение как непрерывно движущееся. При передаче кадры раскладываются на строки.

2. во многих случаях кадрами называют структурные единицы потока данных, например, звуковые кадры.

**Кадровое кодирование** - Один из режимов кодирования видеоинформации с чересстрочной разверткой в стандартах MPEG-1 и MPEG-2. В этом режиме в каждый макроблок входят элементы изображения из обоих полей кадра.

**Канальное кодирование** - Кодирование, выполняемое непосредственно перед передачей информации по каналу связи, часто совмещаемое с модуляцией. Обычно имеет целью согласование с параметрами канала связи, повышение помехоустойчивости и т.д.

**КИХ-фильтр** - Фильтр с конечной импульсной характеристикой. То же, что нерекурсивный цифровой фильтр.

**Кодирование 1.** Представление результата квантования каждого отсчета дискретизированного сигнала двоичным числом по определенному правилу.

2. Преобразование информации с какой-либо целью путем замены групп символов на другие группы символов по определенным правилам. Целями кодирования могут быть сокращение избыточности или сжатие информации, повышение помехоустойчивости, защита информации от доступа нежелательных лиц и т.д.

**Кодирование по Хаффману** - Вариант кодирования с переменной длиной кодовых слов, обеспечивающий наименьшую избыточность передаваемой информации.

**Кодирование с переменной длиной кодовых слов** - Один из вариантов энтропийного кодирования. Уменьшение объема передаваемой информации достигается за счет того, что часто встречающиеся символы представляются более короткими кодовыми словами, а редко встречающиеся - длинными.

**Компенсация движения** - Сложный механизм уменьшения межкадровых различий за счет поиска местоположения блоков пикселей видеообъектов первого кадра в зонах их предполагаемого смещения в следующих кадрах. Если такие блоки найдены, то вместо их пикселей передаются 1-2 байта новых координат (вектор движения) в которых нужно вставить блок пикселей из предыдущего кадра. Такой механизм

обеспечивает основное сжатие видеопотока в видеокодеках стандартов MPEG и им подобным.

**Композитное кодирование** - Преобразование Полного Цветного Телевизионного Сигнала (ПЦТС) в цифровую форму.

**Компонентное кодирование** - Раздельное преобразование яркостного и цветоразностных сигналов в цифровую форму.

**Масштабируемость** (англ. Scalability) - Свойство методов кодирования и синтаксиса потока данных MPEG-2, позволяющее получать изображение с неполным качеством из части потока видеоданных. В MPEG-4 свойство масштабируемости распространено и на звуковое сопровождение.

**Матрицирование** - Формирование нескольких выходных сигналов в виде сумм нескольких входных сигналов, взятых с заданными коэффициентами.

**Медианная фильтрация** - Отсчет выходного сигнала определяется как медиана распределения значений нескольких отсчетов входного сигнала. Медианная фильтрация может быть как одномерная, так и двумерная, т.е. пространственная.

**МККР** - Международный консультативный комитет по радиосвязи. Ныне называется ITU-R.

**МККТТ** - Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии. Ныне называется ITU-T.

**Модуляция** - Изменение одного или нескольких параметров электрического сигнала, называемого несущим колебанием или просто несущей, в соответствии со значениями модулирующего сигнала.

**Опорное изображение** (Reference Picture) - Кадр или поле, по которому выполняется предсказание с компенсацией движения макроблоков кодируемого изображения.

**Пиксел** (или пиксель) - от англ. Pixel (элемент картинки). Мельчайший элемент дискретного изображения, яркость и цветность в пределах которого постоянны.

**ПК** - Персональный компьютер.

**Поле** - Полукадр при чересстрочной развертке, содержащий нечетные строки кадра (первое поле) или четные строки кадра

(второе поле). Поле передается и воспроизводится за один период вертикальной развертки телевизора.

**Преобразование Хаара** - Один из видов вейвлет-преобразования.

**Прогрессивная развертка** - Вариант развертки, при котором все строки кадра передаются последовательно одна за другой.

**Прореживание** - Уменьшение количества отсчетов цифрового сигнала. В результате прореживания оставляют, например, каждый 2-й, или каждый 3-й, каждый 4-й и т.д. отсчет, а остальные отбрасывают.

**Пространственная фильтрация** - Преобразование изображения, при котором яркость и цвет каждого элемента формируемого изображения определяются как заданная функция от яркостей и цветов элементов исходного изображения.

**Пространственная частота** (для непрерывных изображений) - Величина, обратная пространственному периоду. Показывает, сколько периодов изменения какого-либо параметра, например, яркости, укладывается на единицу длины. Размерность  $m^{-1}$ .

**Пространственный (двумерный) фильтр** - Устройство, с помощью которого выполняется пространственная фильтрация.

**Психоакустическая модель (ПАМ)** - Алгоритм, учитывающий свойства слуха, по которому в MPEG-1 и MPEG-2 Audio для каждого частотного поддиапазона оценивается маскирование звуками из других поддиапазонов и рассчитывается распределение битов для квантования.

**ПЦТС** - Полный Цветной Телевизионный Сигнал. Так называется сигнал аналогового цветного телевидения, содержащий сигнал яркости, цветоразностные сигналы на цветовой поднесущей, синхроимпульсы, гасящие импульсы, сигналы цветовой синхронизации и др. необходимые компоненты.

**Рекомендация 601** - Полное название Рекомендация ITU-R BT 601. Старое название Рекомендация 601 МККР или CCIR-601.

Определяет параметры цифрового представления ТВ сигналов телевидения обычной четкости.

**Рекомендация ITU-R BT-709-3** - Документ, определяющий параметры цифрового представления сигналов ТВЧ, общие для Европы, США и Японии.

**Синхроимпульсы** - Импульсы, входящие в состав полного телевизионного сигнала для синхронизации частоты и фазы разверток ТВ-приемника с соответствующими развертками передающей телевизионной камеры. Кадровые синхроимпульсы предназначены для синхронизации вертикальной (кадровой) развертки, а строчные синхроимпульсы - для синхронизации горизонтальной (строчной) развертки в телевизионном приемнике.

**Строка** - Часть кадра, обычно представляющая собой горизонтальную или слегка наклонную узкую полосу передаваемого изображения. В процессе передачи кадра строки передаются одна за другой.

**Сцена** - Одно из понятий MPEG-4. Совокупность аудиовизуальных объектов, наблюдаемых и слышимых зрителем.

**ТВЧ** - Телевидение высокой четкости.

**Текстура** - Мелкая структура изображения. Заполнение контуров объектов.

**ЦАП** - Цифроаналоговый преобразователь.

**Цветовая поднесущая** - Частота, на которую с помощью модуляции переносятся цветоразностные сигналы при формировании ПЦТС в системах аналогового цветного телевидения.

**Цветоразностные сигналы** - Сигналы в цветном ТВ, несущие информацию о цвете и не влияющие на яркость изображения. Определяются формулами:

$E'_{R-Y} = E'_R - E'_Y$  (красный);  $E'_{G-Y} = E'_G - E'_Y$  (зеленый);  $E'_{B-Y} = E'_B - E'_Y$  (синий); где  $E'_R$ ,  $E'_G$ ,  $E'_B$  - сигналы красного, зеленого и синего цветов, соответственно,  $E'_Y$  - яркостный сигнал. В системах цветного телевидения, как правило, передаются только сигналы  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$ , или их линейные комбинации, так

как третий цветоразностный сигнал  $E'_{G-Y}$  может быть найден из соотношения:  $0.30 E'_{B-Y} + 0.59 E'_{G-Y} + 0.11 E'_{R-Y} = 0$ .

**Частота дискретизации** - Величина, обратная периоду следования отсчетов дискретного сигнала. В соответствии с теоремой Котельникова частота дискретизации должна по меньшей мере в 2 раза превышать верхнюю граничную частоту дискретизируемого сигнала.

**Чересстрочная развертка** - Вариант развертки, при котором сначала передаются все нечетные строки кадра, составляющие первое поле, а потом - все четные строки кадра, составляющие второе поле. Чересстрочная развертка применяется во всех вещательных системах ТВ-вещания, так как позволяет уменьшить в 2 раза полосу частот занимаемую ТВ сигналом.

**Шум квантования** - Ошибка, возникающая в результате квантования сигнала или вообще всякой информации.

**Яркостный сигнал** (сигнал яркости) - Сигнал, несущий информацию о яркости всех элементов изображения и соответствующий видеосигналу черно-белого телевидения. В цветном ТВ яркостный сигнал формируется из прошедших гамма-коррекцию сигналов основных цветов  $E'_R$  (красный),  $E'_G$  (зеленый),  $E'_B$  (синий) в соответствии с формулой:

$$E'_Y = 0,30 E'_R + 0,59 E'_G + 0,11 E'_B$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида. Ўзбекистон Республикаси Перзидентининг ПФ-4947-сон фармони. Тошкент, 2017 йил 7 феврал.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизине мард ва олижаноб
3. халқимиз билан бирга қурамиз. 2017.
4. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. 2017.
5. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон двалатини биргаликда барпо этамиз. 2017.
6. В.Е. Джакониа. Телевидение. М.Горячая линия – Телеком 2007. 618 с.
7. В.П.Симонов. Высокоскоростные электронно-оптические камеры, комплекующие электронно-оптические преобразователи и передающие телевизионные трубки типа видикон и суперкремникон. М., 2011. 28 с.
8. Пескин А. Е., Труфанов В. Ф. Мировое вещательное телевидение. Стандарты и системы: Справочник. – 2004.
9. А.А. Зайцев, Э.И. Исакович, П.П. Мухлынин, Н.Н. Теодорович. Электронные средства информационных систем. Часть 3. «Устройства отображения информации». Елецкий Государственный Университет имени И.А. Бунина. 2008 г. 237 с.
10. Внешние интерфейсы TFT панелей. Часть I. Параллельный интерфейс и TMDS.  
<http://www.mirpu.ru/lcd/75-shtmatronics/118-interftftp1.html>
11. Александр Самарин. Архитектура TFT ЖК-панелей для мониторов и ноутбуков. Компоненты и технологии. № 1 2005.
12. Технологии ЖК мониторов  
<https://megaobuchalka.ru/5/35378.html>
13. Виталий Шундрин Технологии создания дисплеев: виды матриц и их особенности

<https://mediapure.ru/matchast/tehnologii-sozdaniya-displeev-vidy-matric-i-ix-osobennosti/>

14. Что купить: ЖК-телевизор или OLED-телевизор? Подробное сравнение <http://stereo.ru/to/k4fpf-что-kupit-zhk-televizor-ili-oled-televizor-podrobnoe-sravnenie-perevod>
15. Бриллиантов Д.П. Конструирование любительских цветных телевизоров. Москва «Радио и связь» 1984 г. 66 с  
Устройство и принцип работы плазменной панели  
<https://rem-tv.net/publ/3-1-0-39>
16. Преимущества и недостатки плазменных дисплеев  
[http://studbooks.net/2409999/prochie\\_distsipliny/preimuschestva\\_nedostatki\\_plazmennyh\\_displeev](http://studbooks.net/2409999/prochie_distsipliny/preimuschestva_nedostatki_plazmennyh_displeev)
17. FED телевизоры  
<http://www.hifinews.ru/article/details/7986.htm>
18. Что такое OLED телевизор и как это работает  
<https://prosmarttv.ru/tehnologii/что-такое-oled-televizor.html>.
19. Видеоформаты и видеостандарт. Телевизионный стандарт NTSC <http://bourabai.ru/mmt/ntsc.htm>
20. А.А. Зайцев, Э.И. Исакович, П.П. Мухлынин, Н.Н. Теодорович. Электронные средства информационных систем. Часть 3. Устройства отображения информации. Елец – 2008. с.237.
21. Гладкова Т., Свиридова И. Теоретическое пособие по телевидению для сотрудников телерадиоцентра. Ташкент, 2011. с.160.
22. Гибридные оптико-коаксиальные сети (HFC)  
[http://www.arstel.com/details/proektirovanie/tv/statya-po-tv-priyemu\\_04.php](http://www.arstel.com/details/proektirovanie/tv/statya-po-tv-priyemu_04.php)

**ТЕЛЕВИДЕНИЕ**  
**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

- Рассмотрено на заседании кафедры СТРВ
  - 24.04.2018 г. (протокол № 30)
  - и рекомендовано к печати.
  -
- Рассмотрено на Научно-методическом Совете ФТТ
  - 01.05.2018 г. (протокол №9)
  - и рекомендовано к печати.
  -
- Рассмотрено на Научно-методическом Совете ТУИТ
  - 23.05.2018 г. (протокол №10)
  - и рекомендовано к печати.

Составитель: И.А. Гаврилов

Рецензенты: Х. Асатуллаев  
Б.Н. Рахимов

Отв. редактор: Р.И.Исаев

Корректор: С.Х.Абдуллаева

Заказ №	Печать
Тираж	Количество